

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de polímeros termoplásticos en las
propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de
concreto, Huancayo-2023**

Jean Paul Guzman Loayza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Manuel Ismael Laurencio Luna
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 4 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Influencia de Polímeros Termoplásticos en las Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillo de Concreto, Huancayo – 2023

Autores:

1. Jean Paul Guzman Loayza – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**):
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Continental por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes y maestros, quienes me impartieron sabios conocimientos día a día y con ello aprendí a valorar cada vez más mi carrera profesional.

A mi familia que siempre me apoyó incondicionalmente.

DEDICATORIA

A mi familia, mi fuente de fuerza y esperanza para
afrontar las adversidades.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Problema General.....	5
1.1.2 Problemas específicos	5
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Justificación e importancia.....	5
1.3.1 Teórica.....	5
1.3.2 Práctica	6
1.3.3 Metodológica.....	6
1.3.4 De Viabilidad	7
1.3.5 Económica	7
1.3.6 Importancia.....	7
1.4 Limitaciones	7
1.5 Delimitación del proyecto	8
1.6 Hipótesis y descripción de variables.....	8
1.6.1 Hipótesis General.....	8

1.6.2	Hipótesis Específicos.	8
1.6.3	Descripción de variables.	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO		11
2.1	Antecedentes de la investigación	11
2.1.1.	Antecedentes Internacionales	11
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	13
2.1.3.	Antecedentes Locales	16
2.2	Bases teóricas	18
2.2.1.	Polímeros termoplásticos	18
2.2.2.	Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo	28
2.2.3.	Unidades de albañilería	39
2.2.4.	Componentes en la elaboración del concreto	50
2.3	Definición de términos básicos	62
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		65
3.1.	Método y alcance de la investigación	65
3.2.	Diseño de la investigación.....	65
3.3.	Población y muestra	67
3.3.1.	Población	67
3.3.2.	Muestra.....	68
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	69
3.4.1.	Técnica de recolección de datos	69
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	69
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		70
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	70
4.1.1.	Variación Dimensional según el porcentaje del material usado	
	70	
4.1.2.	Absorción – Succión - Compresión axial.....	77

4.1.3. Compresión diagonal	80
4.2. Prueba de hipótesis.....	82
4.2.1. Hipótesis específica 1	83
4.2.2. Hipótesis específica 2	87
4.2.3. Hipótesis específica 3	88
4.2.4. Hipótesis General	90
4.3. Discusión de resultados	92
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1. Conclusiones	95
5.2. Recomendaciones.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	101
Anexo 1 Matriz de Consistencia	102
Anexo 2 Matriz de Operación de Variables.....	104
Anexo 3 Instrumento de investigación.....	105
Anexo 4 Pruebas	115
Anexo 5 Resultados de Laboratorio	124
Anexo 6 Diseño de mezcla recalculado	134
Anexo 7 Fotos	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de la variable dependiente</i>	9
Tabla 2. <i>Operacionalización de la variable Independiente</i>	10
Tabla 3. <i>Propiedades de tereftalato de polietileno (PET)</i>	21
Tabla 4. <i>Propiedades del poliestireno expandido (PS)</i>	23
Tabla 5. <i>Propiedades del polietileno de baja densidad (LDPE O PEBD)</i>	26
Tabla 6. <i>Símbolos de reciclaje para plásticos comunes</i>	28
Tabla 7. <i>Características de bloque de concreto-Pacasmayo</i>	41
Tabla 8. <i>Clase de unidad de albañilería para fines estructurales</i>	42
Tabla 9. <i>Características de ladrillo de concreto-UNICON</i>	45
Tabla 10. <i>Características de ladrillo pandereta LARK</i>	48
Tabla 11. <i>Granulometría de la arena gruesa</i>	49
Tabla 12. <i>Tipos de mortero</i>	50
Tabla 13. <i>Tipos de cemento Pórtland</i>	52
Tabla 14. <i>Valores máximos admisibles de sustancias en el agua</i>	53
Tabla 15. <i>Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico</i>	54
Tabla 16. <i>Clasificación de los agregados por su densidad</i>	55
Tabla 17. <i>Clasificación de la forma de las partículas de los agregados</i>	56
Tabla 18. <i>Clasificación de la textura superficial de los agregados</i>	56
Tabla 19. <i>Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global</i>	58
Tabla 20. <i>Tamaño de muestra mínimo de agregado para contenido de humedad</i>	59
Tabla 21. <i>Tamaño de muestra</i>	69
Tabla 22. <i>Resultados de la variación dimensional</i>	70
Tabla 23. <i>Alabeo</i>	74
Tabla 24. <i>Resultados de Absorción – Succión - Compresión axial</i>	77
Tabla 25. <i>Resultados de Compresión diagonal</i>	81
Tabla 26. <i>ANOVA para la hipótesis general</i>	83
Tabla 27. <i>ANOVA para resistencia a la compresión Axial según la muestra</i>	87
Tabla 28. <i>ANOVA para resistencia a la compresión diagonal según % de PVC añadido</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Unidad de estructural del PET</i>	21
Figura 2. <i>Unidad estructural del PS</i>	23
Figura 3. <i>Unidad estructural del Polietileno</i>	24
Figura 4. <i>Cuña para medir el alabeo</i>	33
Figura 5. <i>Bloque de concreto</i>	41
Figura 6. <i>Ladrillo sólido de concreto</i>	45
Figura 7. <i>Ladrillo tubular-pandereta</i>	47
Figura 8. <i>Variación del largo</i>	71
Figura 9. <i>Variación ancho</i>	72
Figura 10. <i>Variación alto</i>	73
Figura 11. <i>Alabeo Cara A Cóncava</i>	75
Figura 12. <i>Alabeo Cara A Convexo</i>	75
Figura 13. <i>Alebeo Cara B Cóncavo</i>	76
Figura 14. <i>Alebeo Cara B Convexo</i>	76
Figura 15. <i>Resultados de la absorción</i>	78
Figura 16. <i>Resultados de succión</i>	79
Figura 17. <i>Resultados de resistencia</i>	80
Figura 18. <i>Resultados de la resistencia a la compresión</i>	82

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en Huancayo, 2023. La metodología aplicada incluyó un diseño cuasi-experimental, la población fue constituida por ladrillos estampados y ladrillos que incorporen polímeros termoplásticos como sustitutos del agregado fino, aplicados en proporciones de 5%, 10% y 15%, y la muestra estuvo compuesta por 550 ladrillos a base de concreto, se aplicaron pruebas ANOVA para evaluar la variación dimensional, el alabeo, la absorción de agua, la succión, la resistencia a la compresión axial y diagonal de ladrillos modificados con diferentes dosis de polímeros como Tereftalato de Polietileno, Polietileno y Poliestireno Expandido. Los resultados mostraron diferencias significativas en la variación dimensional en altura ($F=54,391$; $p\text{-valor}=0,000$) y en la absorción de agua ($F=4,294$; $p\text{-valor}=0,001$). Además, se observó que bajas dosis de Polietileno mejoran significativamente la resistencia a la compresión axial ($F=1158,425$; $p\text{-valor}=0,000$) en comparación con ladrillos convencionales. Sin embargo, dosis más altas de Poliestireno Expandido reducen la resistencia debido a la mayor elasticidad del material. En cuanto a la resistencia de muretes, se hallaron diferencias significativas en la resistencia a la compresión diagonal ($F=217,280$; $p\text{-valor}=0,000$). Las conclusiones indican que la incorporación de polímeros termoplásticos, especialmente en bajas dosis, mejora ciertas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto, ofreciendo una solución viable para aplicaciones que requieren mayor durabilidad y resistencia estructural.

Palabras clave: polímeros termoplásticos, propiedades físicas, propiedades químicas, ladrillos de concreto.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of thermoplastic polymers on the physical and mechanical properties of concrete bricks in Huancayo, 2023. The applied methodology included a quasi-experimental design the population was consist of stamped bricks and bricks that incorporate thermoplastic polymers as substitutes for fine aggregate, applied in proportions of 5%, 10% and 15%, and sample was composed of 550 concrete-based bricks, utilizing ANOVA tests to evaluate dimensional variation, warping, water absorption, suction, axial and diagonal compressive strength of bricks modified with different doses of polymers such as Polyethylene Terephthalate, Polyethylene, and Expanded Polystyrene. The results showed significant differences in height dimensional variation ($F=54,391$; $p\text{-value}=0,000$) and water absorption ($F=4,294$; $p\text{-value}=0,001$). Additionally, it was observed that low doses of Polyethylene significantly improve axial compressive strength ($F=1158,425$; $p\text{-value}=0,000$) compared to conventional bricks. However, higher doses of Expanded Polystyrene reduce strength due to the increased elasticity of the material. Regarding the strength of walls, significant differences were found in diagonal compressive strength ($F=217,280$; $p\text{-value}=0,000$). The conclusions indicate that the incorporation of thermoplastic polymers, especially in low doses, improves certain physical and mechanical properties of concrete bricks, offering a viable solution for applications requiring greater durability and structural strength.

Keywords: thermoplastic polymers, physical properties, chemical properties, concrete bricks.

INTRODUCCIÓN

La investigación aborda la necesidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto empleado en la construcción, especialmente en la región de Huancayo. Los ladrillos convencionales presentan limitaciones significativas en cuanto a la variabilidad dimensional, la absorción de agua y la resistencia a la compresión, lo que puede afectar la durabilidad y estabilidad de las estructuras construidas con estos materiales. Ante esta problemática, se plantea la incorporación de polímeros termoplásticos como el Polietileno y el Poliestireno Expandido en la mezcla de concreto, con el objetivo de evaluar su impacto en las propiedades mencionadas. La hipótesis central es la adición de estos polímeros podrá reducir la absorción de agua, controlar la variación dimensional y mejorar la resistencia a la compresión de los ladrillos, lo que resultaría en un material más adecuado para aplicaciones estructurales exigentes. Esta investigación busca proporcionar una solución innovadora y viable para la industria de la construcción en Huancayo, ofreciendo ladrillos que no solo cumplan con las normativas actuales, sino que también superen las limitaciones de los materiales tradicionales, mejorando así la calidad y durabilidad de las edificaciones en la región.

El problema central de esta investigación ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023? La incorporación de polímeros termoplásticos, como el tereftalato de polietileno, polietileno y el poliestireno, son conocidos por sus características de ligereza y resistencia a la humedad, lo que sugiere que podrían mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. El objetivo general de este estudio es determinar la influencia de estos polímeros en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto, buscando identificar las dosis óptimas que permitan maximizar la resistencia a la compresión y minimizar la absorción de agua, sin comprometer la estabilidad dimensional del material. De esta manera, la metodología aplicada incluye un diseño cuasi-experimental con pruebas ANOVA para comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos con diferentes dosis de polímeros. Se realizaron ensayos específicos para evaluar la variación dimensional, absorción de agua, resistencia a la compresión axial y diagonal, y la resistencia de muretes construidos con estos ladrillos modificados.

En el desarrollo de la investigación se compone de cinco capítulos. El primer capítulo se dedica al planteamiento del problema, la formulación de hipótesis y los objetivos específicos. El segundo capítulo aborda el marco teórico, con una revisión exhaustiva de los antecedentes y la literatura relevante. El tercer capítulo describe la metodología empleada, detallando los procedimientos experimentales y las técnicas de análisis. El cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos y su discusión, donde se contrastan los hallazgos con estudios previos.

Finalmente, en el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos, ofreciendo directrices para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo de la ingeniería civil.

El Autor.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

La mampostería, a menudo denominada construcción de mampostería, es un método de construcción distinto que se basa en un conjunto diverso de herramientas y materiales que están intrincadamente interconectados entre sí. Las unidades de mampostería utilizadas en este sistema pueden tener orígenes naturales o artificiales; esto significa que pueden variar desde simples piedras que se encuentran en la naturaleza hasta diversos artículos manufacturados como adobes, bloques de hormigón o ladrillos tradicionales (San Bartolomé, y otros, 2018); sin embargo, es importante señalar que la gran mayoría de estas unidades de mampostería generalmente se producen utilizando materiales de arcilla o de hormigón (San Bartolomé, y otros, 2018).

Los ladrillos de hormigón están compuestos principalmente de cemento Portland, agua y diversos tipos de agregados granulados. Sin embargo, existen ciertas situaciones en las que se incorporan ingredientes adicionales a la mezcla. Esto se hace normalmente cuando el hormigón debe cumplir especificaciones o propiedades particulares que son necesarias para aplicaciones específicas (Gallegos, y otros, 2005). Según las directrices establecidas en la Norma Técnica Peruana E.070 (NTP E.070) sobre mampostería, los ladrillos de hormigón están permitidos para su uso tanto en muros de carga como en muros no portantes. La clasificación de muros como portantes se refiere a aquellos que han sido diseñados y construidos específicamente para transferir de manera efectiva fuerzas tanto horizontales como verticales hasta los cimientos del edificio. Por el contrario, los muros no portantes solo están destinados a soportar su propio peso o a gestionar cargas que se aplican perpendicularmente a su superficie. Esta distinción es crucial para garantizar la integridad estructural y la seguridad, como se describe en las disposiciones de la (NTP E.070, 2006).

Si tenemos en cuenta los distintos tipos de ladrillos disponibles en el mercado, los ladrillos de hormigón ofrecen varias ventajas distintivas y dignas de mención. Entre ellas, se incluye una menor necesidad de asentamiento del mortero durante la instalación, lo que garantiza que encajen de forma más uniforme en términos de dimensiones, lo que minimiza los problemas de deformación que puedan surgir. Además, los ladrillos de hormigón tienen una tasa de absorción que se mantiene dentro de los límites reglamentarios aceptables, lo que resulta crucial para mantener su integridad. Otra ventaja importante es que no necesitan saturarse de antemano para gestionar altos niveles de succión, lo que hace que sea más fácil trabajar con ellos (UNICON, 2023).

Además, la manipulación de los ladrillos de hormigón da como resultado un menor porcentaje de pérdidas y desperdicios, lo que mejora la eficiencia. Además de estas consideraciones prácticas, los ladrillos de hormigón presentan un alto nivel de resistencia al fuego, así como una impresionante resistencia a la compresión, lo que los convierte en una opción robusta. Por último, también proporcionan un buen aislamiento acústico, lo que contribuye a un entorno más silencioso. En general, los ladrillos de hormigón destacan por estos amplios beneficios (UNICON, 2023).

Dada su aplicación crítica tanto en muros portantes como no portantes dentro de varios tipos de construcción, junto con la mínima necesidad de mortero, las dimensiones consistentes con variación limitada, la tendencia reducida a la deformación, las impresionantes capacidades de resistencia y el menor porcentaje de residuos generados durante su uso, es esencial que los ladrillos de hormigón posean propiedades físicas y mecánicas altamente efectivas. En otras palabras, estos materiales presentan un nivel significativo de resistencia a diversos tipos de estímulos físicos, que incluyen, entre otros, el calor y la energía eléctrica. Además, son capaces de soportar la aplicación de una determinada cantidad de fuerza sin sufrir daños. Teniendo en cuenta estos atributos, es posible mejorar aún más estas propiedades de resistencia mediante la incorporación de polímeros termoplásticos, como se señala en un informe de (UNICON, 2023).

Los polímeros termoplásticos, más comúnmente llamados plásticos en el lenguaje cotidiano, son tipos de materiales que consisten en extensas redes formadas por largas cadenas de átomos de carbono. Estos átomos de carbono están interconectados a través de fuertes enlaces covalentes, creando una estructura estable. Esta definición está respaldada por la investigación realizada por (Monroy Vargas, y otros, 2019). Una de las características principales y definitorias de estos tipos específicos de polímeros es que, al ser expuestos a temperaturas elevadas, tienen la capacidad de ablandarse y ser fácilmente remodelados en diversas formas. Por el contrario, una vez que se les permite enfriarse, pueden volver fácilmente a su consistencia original y mantener la forma en la que fueron deformados. Esta propiedad única contribuye significativamente a su reciclabilidad, lo que los convierte en una opción versátil para diversas aplicaciones (Serrano Ramos, y otros, 2015).

Los termoplásticos presentan una resistencia mecánica relativamente baja, lo que se refleja en sus correspondientes valores bajos de módulo elástico. Además de esta característica, estos materiales poseen un peso específico bajo, lo que los hace livianos. Además, los termoplásticos son reconocidos distintivamente por su capacidad de actuar como aislantes eléctricos, impidiendo así el paso de la electricidad. Otra característica notable de los termoplásticos es su encomiable resistencia a la corrosión electrolítica, lo que garantiza su durabilidad incluso en entornos difíciles. Estas propiedades en conjunto contribuyen a su

versatilidad en diversas aplicaciones (Polímeros Termoplásticos como Amortecedores Estruturais Passivos: visão geral e exemplo de aplicação, 2019).

Los polímeros termoplásticos abarcan una amplia variedad de tipos, y algunos de los ejemplos más comunes son el tereftalato de polietileno, a menudo denominado PET, el poliestireno expandido, conocido como PS, el polietileno, que normalmente se abrevia como PE, el polipropileno, comúnmente designado como PP, y el cloruro de polivinilo, abreviado como PVC, junto con varios otros. El poliestireno expandido, comúnmente conocido con el nombre de poliestireno, se crea mediante un proceso que implica la expansión de pequeños gránulos de poliestireno. Estos gránulos son el resultado del proceso de polimerización del estireno, en el que el estireno sufre cambios químicos para formar el material sólido que luego puede expandirse hasta convertirse en una sustancia liviana y versátil. La composición de este material en particular está formada predominantemente por aire, que representa aproximadamente el 98%, mientras que el resto comprende hasta un 2% de polímero. Esta información se extrajo del estudio titulado (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

A diferencia de otros materiales, el tereftalato de polietileno, comúnmente conocido como PET, se destaca como uno de los polímeros termoplásticos más sencillos de reciclar, lo que lo convierte en una opción ecológica para prácticas sustentables. Los envases de plástico para bebidas se clasifican minuciosamente según sus respectivos colores y luego se someten a un proceso de molienda que los transforman en pequeños pellets. Después de esta molienda, los pellets resultantes se lavan a fondo para eliminar cualquier impureza o residuo. Como resultado de que el tereftalato de polietileno (PET) tiene una mayor densidad en comparación con el agua, tiende a hundirse cuando se somete a procesos de lavado. Durante esta fase de lavado, los gránulos de PET más densos se recogen y posteriormente pueden utilizarse para una amplia gama de aplicaciones. Estas aplicaciones incluyen, entre otras, la producción de fibras que pueden usarse en la fabricación de tapetes, la creación de nuevas botellas e incluso como material de relleno para almohadas, junto con varios otros usos, como se señala en la investigación realizada por (Newell, 2010).

La investigación sobre la aplicación de polímeros reciclados como aditivos durante los procesos de fabricación de morteros y mezclas de hormigón tiene una gran importancia tanto desde el punto de vista ecológico como económico. Además, los resultados de diversos estudios indican que el tereftalato de polietileno, comúnmente conocido como PET, destaca como uno de los materiales de desecho más utilizados en este sector en particular, como lo demuestra el informe titulado (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021). En la investigación académica realizada por (Pérez Collantes, 2021), se incorporaron

diversos porcentajes de plástico PET al hormigón de ladrillo, específicamente en niveles de 0%, 10%, 25% y 40%. El objetivo principal de este estudio fue evaluar y comprender cómo la inclusión de estos polímeros afectó las características físicas, así como las propiedades mecánicas del material de ladrillo. En un estudio realizado por el autor, se observó que los ladrillos que contenían 25% de tereftalato de polietileno (PET) presentaban variaciones dimensionales que se parecían mucho a las de los ladrillos que no contenían PET en absoluto. Además, se observó que la inclusión de PET condujo a un aumento de la resistencia a la compresión, al mismo tiempo que contribuyó a una reducción de la variación dimensional entre los ladrillos. Este hallazgo fue reportado en el trabajo de (Pérez Collantes, 2021).

De manera similar, Lapa, en su investigación realizada en el año 2020, implementó dos diseños de mezcla distintos para su estudio. El primero de estos diseños presentó una relación agua-cemento (a/c) establecida en 0,6, mientras que el segundo diseño incorporó una relación a/c de 0,8. Además, dentro de cada uno de estos dos diseños de mezcla, el poliestireno se integró en porcentajes variables, específicamente 0%, 20%, 40% y 60%. Al analizar los resultados, el autor descubrió que los ladrillos fabricados con una relación a/c de 0,6, que incluían un 20% adicional de poliestireno expandido (PS), exhibieron una variación dimensional inferior al 1%. Además, estos ladrillos demostraron una medición de alabeo inferior a 1 milímetro y alcanzaron una impresionante resistencia a la compresión de 72,68 kg/cm². En consecuencia, este tipo particular de ladrillo se considera adecuado para su uso en muros de carga, como concluyó (Lapa Ramos, 2020).

En base a lo expuesto en los párrafos anteriores, la investigación se ha desarrollado con el propósito de identificar las mejoras de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto al agregarse polímeros termoplásticos, en diferentes porcentajes; además de ello, se determinado cuál es el porcentaje que brinda mejores propiedades físicas y químicas.

1.1.1 Problema General.

¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023?

1.1.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de los ladrillos de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023?
- b. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas de ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023?
- c. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en la resistencia en muretes en la ciudad de Huancayo, 2023

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Teórica

La frase "propiedades físicas" se refiere a los rasgos específicos y únicos o cualidades fundamentales que pertenecen a un determinado material, cualidades que se pueden medir fácilmente y observar directamente a través de diversas técnicas de medición y métodos de observación. Este estudio de investigación exhaustivo destaca la importancia significativa de una

investigación detallada y profunda de las propiedades físicas y las características que son pertinentes a los ladrillos de hormigón. En particular, el análisis se centra en una serie de factores críticos, incluidas las variaciones de tamaño y dimensiones, las cuestiones relacionadas con la deformación de estos materiales, junto con los procesos de succión y absorción que estos ladrillos de hormigón pueden experimentar durante su ciclo de vida y en relación con las influencias ambientales externas. Además, las propiedades mecánicas de un material describen cómo responde y funciona ese material cuando se expone a varios tipos de fuerzas o cargas.

Para obtener una comprensión integral y completa de estas características particulares, es absolutamente crucial emplear metodologías y técnicas de pruebas específicas. Las metodologías que se han desarrollado y utilizado en este estudio son fundamentales para la observación y el análisis detallado de las diversas reacciones y cambios que se producen en el material cuando se ve sometido a estos estresores específicos. En el marco de este amplio proyecto de investigación, las características significativas que se han investigado y evaluado meticulosamente incluyen, entre otras, la capacidad del muro para soportar y aguantar fuerzas de compresión axial, así como su capacidad general para soportar y mitigar los efectos de esas mismas fuerzas de compresión que se ejercen sobre la diagonal.

1.3.2 Práctica

En consonancia con la lógica social, esta investigación aporta una práctica significativa y valiosa en el campo de la construcción, centrándose específicamente en el uso de unidades de mampostería. El principal avance en este campo en particular implica la introducción innovadora de ladrillos de hormigón que se integran con polímeros termoplásticos. Este desarrollo va acompañado de una evaluación exhaustiva de las diversas propiedades físicas y mecánicas asociadas con estos nuevos materiales, lo que permite una comprensión integral de su rendimiento y sus posibles aplicaciones. Las características y atributos mencionados indican claramente que los ladrillos pueden utilizarse eficazmente en la construcción de muros que puedan soportar cargas, así como aquellos que no soporten ningún peso. Esta información se alinea con las pautas descritas en la Norma Técnica E.070 Albañilería, que proporciona información detallada sobre las diversas aplicaciones de los ladrillos en la construcción de muros.

1.3.3 Metodológica

Esta investigación hará una notable contribución metodológica al investigar a profundidad la incorporación de diferentes tipos de polímeros termoplásticos en ladrillos de hormigón. El objetivo principal de esta investigación es evaluar y comparar las propiedades

físicas y mecánicas resultantes de estos ladrillos de hormigón modificados. Además, la investigación ofrece un instrumento de medición integral diseñado como una hoja de recolección de datos, que describe minuciosamente y proporciona un relato exhaustivo de los resultados derivados de las diversas evaluaciones que se llevaron a cabo en las unidades de ladrillo de concreto.

1.3.4 De Viabilidad

La investigación resultó ser viable para un estudio de investigación para la obtención de título, dado que el investigador ha logrado ejecutar de manera adecuada la investigación.

1.3.5 Económica

La investigación fue desarrollada considerando recursos propios del investigador de manera que se estimaron los recursos necesarios para la ejecución y que estén al alcance de las posibilidades.

1.3.6 Importancia

Además de lo ya mencionado, el presente estudio en particular tiene una importancia significativa debido a que se ha evaluado el producto y su impacto que tendrá la incorporación de polímeros termoplásticos en los ladrillos de hormigón. Además, se observarán y analizarán las ramificaciones de esta incorporación en relación con las características físicas y las propiedades mecánicas de los ladrillos de hormigón resultantes. Los resultados del estudio se examinaron y evaluaron minuciosamente entre sí, siguiendo específicamente los criterios descritos en la Norma Técnica E.070 relativa a las prácticas de albañilería. Los hallazgos que se han recopilado y analizado a partir de este esfuerzo de investigación en particular proporcionan información valiosa y conocimientos fundamentales que se pueden utilizar en estudios e investigaciones posteriores dentro del campo de la albañilería.

1.4 Limitaciones

La investigación solo presentó limitaciones respecto a la parte económica dado que se podrían aplicar más ensayos con diferentes niveles de dosis, pero ello implica efectuar más costos. Por tanto, se realizó un análisis para determinar la cantidad adecuada de ensayos en función al financiamiento.

1.5 Delimitación del proyecto

El estudio fue realizado en la ciudad de Huancayo de manera que tuvo una delimitación geográfica bajo las condiciones geográficas y climáticas de la ciudad. Asimismo, se ha considerado evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos considerando las NTP 399.604, NTP 399.613 y NTP 399.621, principalmente, siendo ésta la delimitación conceptual. Finalmente, se delimitó temporalmente correspondiendo los datos del año 2023 (Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos, 2020).

1.6 Hipótesis y descripción de variables.

1.6.1 Hipótesis General.

Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.

1.6.2 Hipótesis Específicos.

- a. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- b. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- c. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.

1.6.3 Descripción de variables.

Variable dependiente: La variable dependiente está dado por las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo, la operacionalización de la variable dependiente se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Propiedades físicas y mecánicas	Propiedades físicas	Variación dimensional (%)	$V=100*(Mf-Mp)/Mf$ Mf: Medida de fábrica Mp: Medida promedio
		Alabeo (mm)	Medida en mm de concavidad y convexidad
		Absorción (%)	$Abs (%) = (Ps - Psat) / Psat$ Ps: Peso seco (kg) Psat: Peso saturado (kg)
		Succión (gr/200 cm ² -min)	$S=200*(Ph-Ps)/Ab$ Ph: Peso húmedo Ps: Peso seco Ab: Área bruta
Propiedades mecánicas	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión axial (kg/cm ²)	$f^{\circ}c=P/Ab$ P: Carga máxima Ab: Área bruta
		Resistencia a la compresión diagonal en murete (kg/cm ²)	$f^{\circ}m=Pmax/Ab$ Pmax: Carga máxima Ab: Área bruta

Variable Independiente: La variable independiente viene a ser los polímeros termoplásticos, que para esta investigación son el Tereftalato de polietileno (PET), el Poliestireno expandido (PS) y el Polietileno (PE). La operacionalización de la variable independiente se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Operacionalización de la variable Independiente

VARIABLE	DIMENSIONES
Polímeros Termoplásticos	Tereftalato de polietileno (PET)
	Poliestireno expandido (PS)
	Polietileno (PT)

Nota. La variable independiente no posee indicadores ya que son los que se aplicarán para el estudio y diseño del ladrillo de concreto

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Jaramillo et al., 2020), ejecutaron el artículo *Análisis de las propiedades mecánicas en bloques de cemento con incorporación de plástico, reforzado con poliestireno revestido en malla hexagonal galvanizada*, publicado en la Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1 (35), pp. 9-15.

El propósito de esta investigación fue analizar las propiedades mecánicas en bloques de cemento al añadir plástico, reforzado con poliestireno revestido en malla hexagonal galvanizada. La metodología aplicada fue experimental. La dosificación para el diseño de mezclas se realizó una proporción 1:1,5:1 que correspondió a una parte de cemento por 1,5 partes de plástico y una de agua. Los hallazgos obtenidos mostraron que la resistencia promedio fue de 2 115 MPa, así mismo se generó una fractura del material y tampoco hubo fallas claramente definidas en las superficies. Se concluyó que los bloques pueden ser considerados como elementos de mampostería, pero no como un elemento estructural, ya que la resistencia que tuvo a los 7 días no fue suficiente (*Análisis de las propiedades mecánicas en bloques de cemento con incorporación de plástico, reforzado con poliestireno revestido en malla hexagonal galvanizada*, 2020).

(Lima et al., 2019), desarrollaron el artículo *Estudio de las características físicas y mecánicas de bloques de concreto prensado no destinados a fines estructurales, incorporando adiciones de PET reciclado*, trabajo publicado en la revista *Matéria*, vol.24.

El objetivo del estudio fue examinar las características físicas y mecánicas de bloques de hormigón prensado no estructural que incorporan PET reciclado como sustituto del agregado fino. En este estudio se examinaron un total de 48 muestras, categorizadas en cuatro grupos distintos. Tres de estos grupos incorporaron PET triturado como sustituto de arena triturada, en proporciones de 15%, 30% y 45%, respectivamente, mientras que un grupo sirvió como control sin reemplazo de PET. Los hallazgos indican que las variaciones dimensionales respecto al bloque de referencia presentaron cambios mínimos en longitud ($\Delta C_{\text{máx}} = 1,39\%$) y ancho ($\Delta L_{\text{máx}} = 1,92\%$). Por el contrario, se observó una alteración notable en la altura, con una variación máxima de $\Delta H_{\text{máx}} = 10,9\%$ en comparación con la altura de los bloques que no incorporaron PET. La muestra que contenía 15% de PET exhibió una resistencia promedio marginalmente mayor en comparación con el bloque sin PET. En relación a los demás grados, se observó una disminución significativa de la resistencia a medida que ascendía el grado de

PET, registrándose en 36,55% para el grado 30% y 51,07% para el grado 45%. Los autores concluyen que los bloques que mostraron un desempeño más favorable fueron aquellos que contenían 15% de PET, ya que estos demostraron una resistencia a la compresión superior en comparación con las otras muestras, además de una tasa de absorción reducida (Analysis of physical and mechanical properties of pressed concrete blocks, 2019).

(Perico et al., 2020), desarrollaron el artículo denominado *Comparación de ladrillos plásticos con ladrillos tradicionales de mampostería*, trabajo publicado en la revista Ingenierías USBmed, vol.13 (1); pp.53-63.

El objetivo de este estudio fue realizar un análisis comparativo de las propiedades y el rendimiento de los ladrillos de plástico versus los ladrillos de arcilla convencionales. El conjunto de muestras para esta investigación incluyó tres ladrillos de plástico fundido, cada uno de los cuales pesaba aproximadamente 699 gramos, y tres muestras de ladrillos de arcilla convencionales, cada uno de los cuales pesaba 3 115 gramos. Se midieron ambos tipos de ladrillos para que tuvieran unas dimensiones de 20 cm x 10 cm x 6 cm. Los resultados de la prueba de resistencia a la compresión indicaron un valor de 2,64 MPa para el ladrillo de plástico y 2,05 MPa para el ladrillo convencional. En la evaluación de la resistencia a la flexión, el ladrillo plástico exhibió una resistencia de 60,52 MPa, mientras que el ladrillo convencional demostró una resistencia de 37,18 MPa.

Los autores afirman que los ladrillos de plástico poseen ventajas en términos de propiedades livianas y facilidad de fijación durante el proceso de construcción, lo que los hace adecuados para aplicaciones donde la reducción de la carga muerta dentro de un edificio es esencial. Además, demuestra una mayor resistencia a la compresión y la flexión, lo que resulta en un rendimiento superior, tanto individual como colectivamente, en comparación con los ladrillos de arcilla tradicionales (Ladrillo de plástico comparado con el ladrillo tradicional, 2020). Este estudio ilustra que la incorporación de plástico en unidades de mampostería produce beneficios con respecto a las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

(Deraman et al., 2021), llevaron a cabo el artículo *Aprovechamiento de residuos de tereftalato de polietileno para la producción de ladrillos de cemento y arena de baja conductividad térmica*; publicada en la Revista de investigación avanzada en mecánica de fluidos y ciencias térmicas, 88 (3), pp. 117-136.

El fin de la investigación fue usar desechos de tereftalato de polietileno (PET) para fabricar ladrillos considerando sus propiedades. La metodología aplicada fue descriptiva y la

muestra estuvo conformada por 45 ladrillos. Los hallazgos mostraron que se aplicaron residuos PET en un 2,5%, 5% y 7,5%; la densidad para el 2,5% varió de 2 198,19 kg/m³ a 2 184,15 kg/m³; con el 5% fue de 2 163,30 kg/m³ a 2 146,85 kg/m³; para el 7,5% vario de 2 114,45 kg/m³ a 2 093,24 kg/m³; la resistencia a la compresión para el 2,5% fue de 4,20 MPa y 5,10 MPa a los 7 y 28 días respectivamente; para el 5% fue de 2,60 MPa y 3,90 MPa respectivamente; y para el 7,5% fue de 2 y 3,10 MPa. Se llegó a la conclusión de que se debe agregar una adecuada proporción de PET y se mejoraron las características mecánicas del ladrillo (Polyethylene terephthalate waste utilisation for production of low thermal conductivity cement sand bricks, 2021).

(Gareca et al., 2020), desarrollaron el artículo *Nuevo material sostenible: ladrillos ecológicos formulados a partir de residuos inorgánicos*; artículo publicado en la revista Ciencia, Tecnología e Innovación, vol.18 (21); pp. 25-61.

El objetivo del estudio fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos. El estudio empleó una metodología cuantitativa, utilizando tanto el método experimental como de modelado, e incorporó técnicas como el diseño de bloques aleatorios, así como procedimientos sistemáticos de medición y registro de información. La muestra consistió en una selección aleatoria simple de 78 tubos de ensayo, cada uno de los cuales contenía tres variaciones de dosis distintas para los materiales: poliestireno (PS), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP) y tereftalato de polietileno (PET). Los hallazgos indican que los atributos de los ladrillos ecológicos cumplieron con los requisitos mínimos de propiedades físicas y mecánicas estipulados por las normas de Colombia, Perú y Chile. El estudio concluye que la producción de ladrillos ecológicos para construcción es viable, manteniendo una calidad comparable, posicionándolos, así como competidores viables de los ladrillos de arcilla convencionales (Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos, 2020)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Núñez, en el 2019, desarrolló la tesis *Características físicas y mecánicas de ladrillos artesanales compuestos de arcilla y concreto*; para obtener el grado de Ingeniero Civil de la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Objetivo: evaluar las características físicas y mecánicas de ladrillos artesanales producidos a partir de arcilla y concreto. El estudio se realizó bajo el enfoque de investigación aplicada caracterizado por un nivel descriptivo y se utilizó un diseño no experimental de corte transversal. Para facilitar la recolección de datos se implementaron diversos instrumentos, entre

ellos una guía de observación, una hoja de reporte y pruebas. Se recolectaron un total de 40 muestras por cada tipo de ladrillo examinado.

Resultados: Las variaciones dimensionales observadas en los ladrillos de arcilla se registraron como $L = 8,36\%$, $H = 14,85\%$ y $A = 3,51\%$. Para los ladrillos de hormigón, las mediciones correspondientes fueron $L = 8,36\%$, $H = 2,43\%$ y $A = 6,18\%$. En ambas categorías de ladrillos, las mediciones de concavidad y convexidad resultaron ser menores a 2 mm. Además, la tasa de absorción para los ladrillos de arcilla se determinó en 12,66%, mientras que para los ladrillos de hormigón fue de 10,24%. Las capacidades de succión se midieron en 90,85 g/200 cm²/min para los ladrillos de arcilla y 24,48 g/200 cm²/min para los ladrillos de hormigón. Además, la resistencia a la compresión registrada para los ladrillos de arcilla fue de 63,01 kg/cm², en comparación con 45,68 kg/cm² para los ladrillos de hormigón. El estudio indica que se han mejorado las propiedades físicas de los ladrillos de hormigón (Nuñez Ruiz, 2019).

Pérez, en el 2021, desarrolló la tesis titulada *Impacto del Plástico PET en las Características de Ladrillos de Concreto Ecológico para Viviendas Unifamiliares en Carabayllo: Un Estudio del 2021*, para obtener el grado de Ingeniero Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

Objetivo: evaluar el impacto del plástico PET en las características de los ladrillos de hormigón ecológico. La metodología de investigación empleada fue aplicada en la naturaleza, utilizando un diseño cuasi experimental. La muestra estuvo compuesta por ladrillos que contenían 0%, 10%, 25% y 40% de plástico de tereftalato de polietileno (PET). Estas muestras fueron sometidas a una serie de pruebas, incluyendo evaluaciones de resistencia a la compresión, evaluaciones de resistencia a la compresión diagonal en estructuras de muros y análisis de variabilidad dimensional. Los resultados indican que la incorporación de un 25% de PET da como resultado una mejora de la resistencia a la compresión hasta 258,90 kg/cm². Se observó que la resistencia a la compresión diagonal en las paredes disminuye a medida que aumenta la proporción de plástico PET. Además, las características dimensionales de los ladrillos que contienen un 25% de PET fueron comparables a las de los ladrillos compuestos de un 0% de PET. Los resultados indican que la integración de plástico PET dentro de los ladrillos mejora tanto las propiedades físicas como mecánicas; específicamente, da como resultado un aumento en la resistencia a la compresión, una mejora de la resistencia a la compresión diagonal y una reducción en la variabilidad dimensional de los ladrillos de hormigón (Pérez Collantes, 2021).

Benavidez y Benavidez, en el 2021, realizaron el artículo titulado *Análisis de las propiedades de los ladrillos de hormigón que incorporan cal hidratada y plásticos PET reciclados*; artículo publicado en la revista Ciencia Nor@ndina, vol. 4; pp.34-46.

El objetivo de este estudio fue examinar las propiedades de ladrillos macizos de hormigón que incorporan cal hidratada y plástico PET reciclado. Las muestras estuvieron compuestas por nueve ladrillos de concreto estampado formulados con una composición de 7,76 sacos de cemento, 0,35 m³ de arena, 0,30 m³ de confitillo y 0,22 m³ de agua. Adicionalmente, se contó con 54 muestras modificadas en las que se utilizó cal hidratada en sustitución del 3%, 6% y 9% del peso del cemento, junto con la incorporación de plástico PET reciclado en sustitución del 3%, 6% y 9% del volumen de agregados finos y gruesos de forma independiente.

Los resultados de las pruebas indicaron que la mezcla base con una resistencia a la compresión de $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para 1 m³ de hormigón, al ser mejorada mediante la incorporación de cal hidratada o plástico PET reciclado, presentó un aumento en sus características de asentamiento. Sin embargo, esta modificación condujo a una reducción en la resistencia a la compresión, disminuyendo de 225,23 kg/cm² a 203,63 kg/cm² con la inclusión de cal, y a 182,23 kg/cm² con la adición de PET. Los hallazgos indican que la incorporación de 9% de cal y 9% de PET en la formulación de ladrillos de hormigón da como resultado una resistencia mejorada a la compresión axial, medida en 188,75 kg/cm², así como una resistencia a la compresión mejorada en pilotes, registrada en 180,32 kg/cm², y una mayor resistencia al corte en paredes (58,79 kg/cm²) en comparación con un ladrillo de hormigón estándar (Caracterización de ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado, 2021).

Marín, en el 2020, llevó a cabo la tesis titulada *Investigación de la resistencia a la compresión axial de unidades de mampostería de hormigón con sustituciones de agregados finos utilizando materiales de papel y PET, 2020*; trabajo que fue presentado para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana del Norte, Cajamarca, Perú.

El objetivo de su estudio fue investigar la resistencia a la compresión axial de ladrillos de hormigón que incorporan papel y PET como sustitutos del agregado fino. La investigación realizada fue de carácter aplicado, utilizando un diseño cuasiexperimental. La población de estudio estuvo compuesta por 210 unidades de ladrillos, sobre las cuales se realizaron pruebas de compresión en intervalos de 14, 21 y 28 días. Los hallazgos indicaron que los ladrillos que exhibían la mayor resistencia a la compresión estaban compuestos por un 10% de tereftalato de polietileno (PET) combinado con un 1% de papel, logrando una resistencia a la rotura de 126,90 kg/cm². Por el contrario, la menor resistencia se observó en los ladrillos formulados con 12%

PET y 2% papel, que presentaron una resistencia a la rotura de 77,55 kg/cm². El estudio concluye que los ladrillos pueden incorporar eficazmente porcentajes de reemplazo de: 10% de tereftalato de polietileno (PET) en combinación con 1% y 1,5% de papel, 12% de PET con 1% y 1,5% de papel, y 15% de PET con 1% de papel, para aplicaciones que requieren alta resistencia a la compresión (Marín Aguilar, 2020).

Lopez, en el 2023, ejecutó la tesis *Influencia porcentual de la Fibras de Polietileno Tereftalato en las propiedades Físico – Mecánicas de Bloques de Concreto – Huaraz – 2023*, para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, Huaraz, Perú.

Se buscó analizar la influencia porcentual de las fibras de polietileno tereftalato (PET) en las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto en Huaraz. La metodología fue descriptiva y cuantitativa, con un diseño experimental puro, la muestra estuvo conformada por 48 probetas. Los hallazgos mostraron que a los 28 días, el concreto con un 30% de fibras PET presentó una densidad de 2,19 gr/cm³, una absorción del 6,38% y una porosidad del 7,81%; las propiedades mecánicas mejoraron con un 20% de fibras PET, alcanzando una resistencia a la compresión de 224,25 kg/cm² y una resistencia a la flexión de 42,42 kg/cm². Se llegó a la conclusión de que la incorporación de fibras PET tiene un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas, con una significancia estadística menor a 0.05 (Lopez, 2023).

2.1.3. Antecedentes Locales

Lapa, en el 2020, desarrolló la tesis titulada *Influencia del Poliestireno Expandido en las Propiedades Físicas y Mecánicas de Unidades de Mampostería de Concreto en Huancayo*. Tesis que fue presentada para obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Continental, Huancayo, Perú.

Objetivo: investigar la influencia del poliestireno expandido en las características físicas y mecánicas de unidades de mampostería de hormigón. La metodología de investigación empleada fue de carácter aplicado, utilizando un diseño cuasiexperimental que incorporó diversos instrumentos, entre ellos formatos de pruebas estandarizadas, guías de observación y herramientas de medición. En el curso de su investigación, realizó dos diseños de mezclas de hormigón caracterizados por relaciones agua-cemento (a/c) de 0,6 y 0,8, respectivamente. Para cada diseño de mezcla, incorporó poliestireno en porcentajes variables de 0%, 20%, 40% y 60%. Estas formulaciones dieron como resultado la producción de 90 unidades de hormigón. Los resultados indican que la formulación del ladrillo, caracterizada por una relación agua-cemento (a/c) de 0,6 y la incorporación de un 20% de poliestireno expandido, presenta una variabilidad

dimensional inferior al 1%. Además, el alabeo medido fue inferior a 1 mm y el material demostró una resistencia a la compresión axial de 72,68 kg/cm².

Los ladrillos que incorporan una dosis de agente incorporador de aire de 0,8 y una adición de poliestireno expandido del 40% alcanzan una resistencia a la compresión de 21,17 kg/cm², presentando variaciones dimensionales inferiores al 1% y alabeos no superiores a 1 mm. El autor determina que los ladrillos que presentan una relación agua-cemento (a/c) de 0,6, combinados con una incorporación del 20% de poliestireno expandido, pueden clasificarse como Tipo I, lo que los hace apropiados para su uso en muros de carga. Por el contrario, los ladrillos con una relación cemento-agregado (c:a) de 0,8, junto con una inclusión del 40% de poliestireno expandido, se clasifican para su uso en aplicaciones de mampostería no estructural, específicamente en muros no portantes (Lapa Ramos, 2020). De la misma manera, la investigación de Lapa indica que los ladrillos con una relación agua-cemento (a/c) de 0,6, cuando se combinan con un 20% de poliestireno expandido (Tecnopor), son adecuados para la construcción de muros de carga. Esto implica que estos ladrillos modificados poseen una capacidad de soportar cargas comparables a la de los ladrillos tradicionales diseñados para esa función.

Monroy, en el 2020, desarrolló la tesis titulada *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de mampostería construida con ladrillos de suelo-cemento para aplicaciones estructurales en Huancayo-Junín*; para obtener el Título de Ingeniero Civil, de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

El objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de mampostería construida con ladrillos de tierra estabilizados con proporciones de cemento de 10%, 15% y 20%. El estudio emplea el método científico aplicado caracterizado por un enfoque descriptivo y un diseño cuasiexperimental. La muestra está compuesta por 261 unidades de suelo estabilizado, los cuales han sido tratados con cemento en proporciones de 10%, 15% y 20%. Empleó la observación directa como método de recopilación de datos y administró evaluaciones estandarizadas. Los hallazgos indican que los agregados que contienen 10%, 15% y 20% de cemento alcanzaron resistencias a la compresión de 22,8, 36,8 y 45,9 kg/cm², respectivamente. El autor concluye que los ladrillos que incorporan un contenido de cemento del 15% y del 20% satisfacen el requisito mínimo de resistencia a la compresión de 35 kg/cm², lo que los hace adecuados para su uso en muros de carga de estructuras de dos pisos. Por el contrario, los ladrillos compuestos por un 10% de cemento también pueden ser aceptables para su uso (Monroy Ramos, 2020).

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Polímeros termoplásticos

Los polímeros termoplásticos están compuestos por cadenas extensas y largas que constan principalmente de numerosos átomos de carbono. Estos átomos de carbono están unidos entre sí mediante enlaces covalentes fuertes y duraderos, que facilitan la integridad estructural y la flexibilidad del polímero. Debido a la gran extensión y longitud de estas cadenas moleculares, surge una tendencia natural al desarrollo de enlaces secundarios comparativamente más débiles. Estos enlaces secundarios se forman como resultado de interacciones electrostáticas que tienen lugar entre grupos funcionales que están situados muy cerca unos de otros. Entre los diversos tipos de interacciones que se observan en los estudios científicos, una categoría especialmente notable son los enlaces de hidrógeno. Además, existe otro conjunto de fuerzas comparativamente más débiles, pero igualmente importantes, conocidas como fuerzas de Van der Waals.

Así mismo, cuando se exponen a altas temperaturas, estas cadenas se vuelven susceptibles a romperse con relativa facilidad, lo que a su vez permite la posibilidad de remodelarlas en una amplia gama de formas y diseños diferentes. Cuando la temperatura comienza a bajar y los objetos se enfrían, se vuelven a unir sin esfuerzo, lo que le permite moldearlos y remodelarlos según sus preferencias específicas y deseos creativos (Monroy Vargas, y otros, 2019).

Por otro lado, los termoplásticos representan una categoría específica de polímeros que experimentan alteraciones considerables en su forma y estructura cuando se someten a diferentes tipos de cargas o fuerzas mecánicas. Sin embargo, una vez que estas fuerzas externas se han aliviado o eliminado por completo, estos materiales poseen una increíble capacidad de volver a su estado original de inflexibilidad. Esta notable transformación les permite recuperar su configuración y rigidez iniciales. En la mayoría de los casos, los materiales en cuestión suelen mostrar una tendencia a poseer una capacidad reducida para soportar resistencia mecánica, además de tener un módulo elástico más bajo. Esto significa, en esencia, que no son capaces de soportar fuerzas físicas importantes ni resistir deformaciones de manera eficiente cuando se los somete a tensión o presión. Además, es importante señalar que estos materiales poseen un peso específico bajo, lo que indica que son comparativamente ligeros.

Además, de su ligereza, también demuestran características sobresalientes que les permiten funcionar eficazmente como aislantes eléctricos. Estos tipos específicos de materiales se caracterizan excepcionalmente por su extraordinaria capacidad para soportar la corrosión

electrolítica, lo que los distingue claramente de otros materiales en cuanto a su durabilidad general y vida útil prolongada (Polímeros Termoplásticos como Amortecedores Estruturais Passivos: visão geral e exemplo de aplicação, 2019).

Los polímeros termoplásticos tienden a presentar puntos de fusión relativamente bajos en comparación con otros materiales. Esta característica se puede atribuir en gran medida a la ausencia de enlaces covalentes que normalmente servirían para conectar cadenas adyacentes en su estructura molecular. En cambio, estos polímeros dependen de fuerzas intermoleculares más débiles, lo que les permite ablandarse y fundirse a temperaturas más bajas. La ausencia de interacciones de enlace robustas entre las cadenas de polímeros vecinas juega un papel importante en la disminución de su estabilidad térmica, además de afectar sus características de fusión. Estas variedades particulares de polímeros demuestran una capacidad extraordinaria para someterse al proceso de fusión y remodelación varias veces sin perder sus características esenciales.

Además, cuando se exponen a altas temperaturas, muestran comportamientos similares a los que se encuentran en líquidos espesos y pegajosos, lo que demuestra sus propiedades físicas únicas en tales condiciones. Los termoplásticos generalmente se producen a gran escala, lo que da como resultado la creación de estos materiales en forma de pequeños gránulos o pellets. Este método específico de producción ofrece a los usuarios finales la posibilidad de alterar y modificar fácilmente el material según sus necesidades y gustos individuales. Pueden realizar actividades como pintar el material, remodelarlo fundiéndolo y personalizarlo, asegurándose así de que cumpla con sus especificaciones particulares y preferencias personales (Newell, 2010).

Los polímeros que muestran maleabilidad cuando se exponen a temperaturas elevadas, junto con la impresionante capacidad de volver a sus propiedades originales sin experimentar ningún cambio químico, se denominan polímeros termoplásticos. Estos tipos específicos de materiales vienen con el beneficio adicional de poder reciclarse, lo que los posiciona como una opción respetuosa con el medio ambiente adecuada para una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias. Existe una amplia variedad de polímeros termoplásticos, cada uno de los cuales presenta propiedades y aplicaciones únicas.

Entre los ejemplos más destacados de esta categoría se encuentran el poliestireno expandido, al que se suele hacer referencia con la abreviatura PS, y el tereftalato de polietileno, que se suele acortar con el acrónimo PET. Además, existe otra categoría de materiales conocida como cloruro de polivinilo, comúnmente conocido por su abreviatura PVC. Este tipo de plástico se utiliza en diversas aplicaciones, y a él se suman otros tipos ampliamente reconocidos, entre

ellos el polietileno, que se abrevia frecuentemente con las letras PT, y el polipropileno, que suele denominarse simplemente PP. Entre otros materiales, estas sustancias particulares sirven como excelentes ejemplos que muestran la amplia diversidad de polímeros termoplásticos que se pueden encontrar en el mercado actual.

A. Tereftalato de polietileno (PET)

El tereftalato de polietileno, conocido comúnmente por su abreviatura PET, es una categoría específica de polímero. Este polímero en particular se caracteriza por su composición, que comprende largas cadenas de moléculas de gran tamaño que se organizan en una disposición recta o lineal. El tipo específico de material al que se hace referencia se produce mediante un proceso químico especializado conocido como policondensación. Durante este proceso, las entidades moleculares más pequeñas se unen y combinan, lo que da como resultado la formación de cadenas más grandes y con una estructura más intrincada, que son las características que definen al tereftalato de polietileno, comúnmente abreviado como PET. Este material en particular se caracteriza especialmente por su notable resistencia mecánica y resiliencia, así como por su impresionante capacidad para mantener dimensiones constantes incluso cuando se le somete a una variedad de condiciones ambientales y tensiones (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

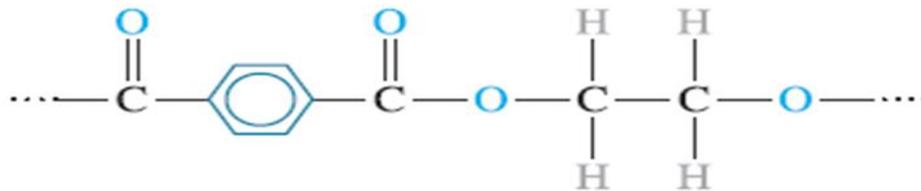
Cuando los residuos de tereftalato de polietileno (PET) se limpian a fondo y se eliminan por completo de contaminantes e impurezas, demuestran una notable capacidad para procesarse y reciclarse de manera eficiente y convertirse en materias primas valiosas. Estas materias primas pueden utilizarse para una amplia gama de aplicaciones en diferentes industrias y sectores. Sin embargo, en situaciones donde el plástico PET se ha visto comprometido por la contaminación y se considera inadecuado para el procedimiento de reciclaje, existe la alternativa de emplear métodos de recuperación de energía como una solución viable. La aplicación de estos métodos específicos facilitan la transformación del material, permitiéndole mantener una función significativa en el proceso de generación de energía. Como resultado, esto juega un papel crucial a la hora de mejorar y apoyar positivamente los esfuerzos generales hacia la producción de energía (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

El gráfico que se presenta a continuación representa vívidamente las unidades recurrentes, que funcionan como los bloques de construcción esenciales del tereftalato de polietileno (PET), un polímero ampliamente utilizado en diversas aplicaciones. Estas unidades particulares se producen como resultado del proceso de polimerización por adición, que es

un método que enfatiza los patrones químicos repetitivos y recurrentes que son fundamentalmente característicos del propio material.

Figura 1.

Unidad de estructural del PET



Nota. Tomado de *Ciencia en ingeniería de los materiales*, Askeland et al., 2017, p.581.

En la Tabla 3 se muestran las propiedades del PET:

Tabla 3.

Propiedades de tereftalato de polietileno (PET)

Punto de fusión	Entre 244 - 254 °C
Resistencia a tracción	900 kg/cm ²
Resistencia a tensión	Entre 59 MPa y 72 MPa
Resistencia a compresión	Entre 76 y 128 MPa
Absorción de agua	0,16
Límite plástico	Entre 50% y 150%
Presión	Entre 55 MPa y 75 MPa
Densidad	Entre 1,34 y 1,39 g/cm ³
Prueba de impacto	3,6 kJ/m ²
Conductividad térmica	0,24 W/(m*K)
Coefficiente de dilatación lineal	7X10-5/K
Módulo de elasticidad (Módulo de Young)	E = 2 800 – 3 100 MPa
Índice de refracción	1,57

Nota. Tomado de *Material ecológico para construcción en vidrio, arena y poliplásticos (vapoli)*, Rocha et al., 2020, p. 61.

El tereftalato de polietileno, frecuentemente conocido por su nombre abreviado PET, es un material altamente adaptable y flexible que encuentra aplicaciones en una amplia gama de productos en diferentes industrias. El material se utiliza en una variedad de aplicaciones, incluida la fabricación de fibras que son esenciales para crear diferentes tipos de textiles. Además, desempeña un papel fundamental en el revelado de películas fotográficas, que se emplean con el fin de capturar imágenes de alta calidad. Además, este material también se utiliza para producir cintas de grabación que cumplen la función esencial de almacenar contenido de audio y video. Otra aplicación notable incluye la elaboración de bolsas especializadas diseñadas exclusivamente para contener líquidos

hirviendo de forma segura. Por último, este material versátil se encuentra en contenedores que se utilizan para envasar una amplia gama de bebidas, garantizando su almacenamiento seguro (Askeland, y otros, 2017).

La sustancia conocida comúnmente como tereftalato de polietileno, a menudo abreviado como PET, tiene aplicaciones potenciales en el proceso de producción de materiales compuestos con matriz de cemento. Estos innovadores materiales compuestos están diseñados específicamente para fusionar el cemento con una variedad de componentes adicionales, mejorando así su rendimiento y durabilidad generales. Numerosos estudios de investigación y diversos informes encontrados en la literatura existente sugieren que el tereftalato de polietileno, al que se hace referencia frecuentemente por su acrónimo - PET, se ubica como uno de los tipos de materiales de desecho más frecuentes que se utilizan como aditivo en la producción de hormigón. Este hallazgo está respaldado por la publicación titulada (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

B. Poliestireno expandido (PS)

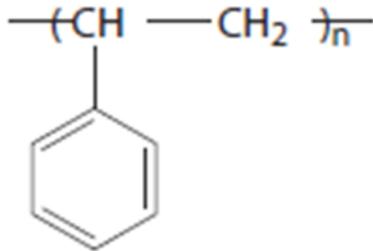
El poliestireno expandido, comúnmente conocido por su reconocible nombre comercial "Tecnopor", se crea a través de un proceso de fabricación especializado que implica la espumación de pequeños gránulos compuestos de material de poliestireno. Los gránulos en cuestión se producen mediante un proceso químico específico conocido como polimerización del estireno, durante el cual los monómeros de estireno individuales experimentan una transformación que da como resultado la formación de una estructura polimérica sólida. Este intrincado proceso convierte los monómeros líquidos en un material sólido y estable capaz de diversas aplicaciones (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

Las diversas aplicaciones del poliestireno expandido se observan más prominentemente en varios sectores importantes, particularmente en su función como componente crucial en materiales de embalaje y también en la fabricación de espumas aislantes que se utilizan ampliamente en diversas industrias. Además, este material no solo se utiliza en la fabricación de paneles de iluminación, sino que también desempeña un papel crucial en el desarrollo de diversos componentes que forman parte de numerosos electrodomésticos. Además, se emplea ampliamente en la creación de soluciones de embalaje eficaces y sostenibles, como señalaron (Askeland, y otros, 2017).

La Figura 2 muestra la unidad estructural del poliestireno expandido (PS).

Figura 2.

Unidad estructural del PS



Nota. Tomado de *Ciencia en ingeniería de los materiales*, Newel, 2010, p.167.

Tabla 4.

Propiedades del poliestireno expandido (PS)

Propiedades	Valor
Resistencia a la tensión (MPa)	55
% alargamiento	60
Módulo elástico (MPa)	3 103
Densidad (g/cm ³)	1,06
Impacto Izod (J/cm)	02

Nota. Adaptado de *Ciencia en ingeniería de los materiales*, Askeland et al., 2017, p.581.

La creciente acumulación de residuos de poliestireno se ha convertido en un problema ambiental importante y urgente, lo que genera una necesidad inmediata de reconocer y poner en práctica estrategias eficientes dirigidas tanto a su gestión como a su eliminación adecuada. Un ejemplo claro y detallado que demuestra de forma eficaz este concepto particular se puede encontrar en la aplicación de materiales de desecho, que se utilizan en el proceso de producción de hormigón. Más concretamente, se trata de la creación de hormigón pretensado, que muestra cómo estos materiales se pueden reutilizar de forma práctica e innovadora (Askeland, y otros, 2017).

Las perlas de poliestireno expandido son un tipo distinto de agregado sintético que se define notablemente por su peso notablemente bajo, combinado con su extraordinaria capacidad para resistir la permeación del agua. Este tipo particular de material se puede utilizar eficazmente en la formulación de mezclas de hormigón de baja densidad, que son esenciales y desempeñan un papel vital en una amplia gama de proyectos de construcción en diferentes sectores. La gama de aplicaciones de estos materiales abarca, pero no se limita a la producción de paneles de fachada que desempeñan un papel crucial en los sistemas de muro cortina, la innovación de soluciones de pisos compuestos diseñadas para una mayor durabilidad y atractivo estético, así como la fabricación de robustos bloques de muro de

carga que son vitales para ofrecer el soporte estructural necesario en varios proyectos de construcción (Askeland, y otros, 2017).

C. Polietileno (PE)

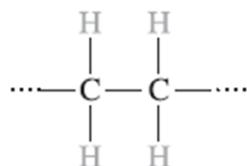
El polietileno es un tipo distinto de polímero que se incluye en la clasificación más amplia conocida como poliolefinas, que abarca una variedad de materiales similares que comparten ciertas características químicas. Este tipo específico de polímero se distingue por su estructura química única, que consta únicamente de dos elementos fundamentales, es decir, átomos de carbono e hidrógeno, sin la inclusión de ningún elemento adicional en su composición general. El material específico al que se hace referencia se produce a través de un proceso que utiliza un compuesto químico llamado etileno, que se clasifica como un monómero. El tipo particular de monómero en cuestión se produce mediante un método conocido como pirólisis. Este proceso implica la descomposición térmica de los subproductos que resultan de la refinación del petróleo. Este proceso particular se lleva a cabo dentro de hornos tubulares especialmente diseñados, que operan a temperaturas elevadas que pueden alcanzar casi 800 grados Celsius (The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite, 2021).

El polietileno es un material increíblemente versátil y flexible que resulta útil en un amplio espectro de aplicaciones e industrias. Se utiliza comúnmente en productos domésticos cotidianos, en una amplia gama de juguetes y sirve como revestimiento protector para cables. Además, el polietileno se emplea ampliamente en la fabricación de botellas y diversos tipos de películas para embalaje. Además, este material encuentra su aplicación en la producción de sierras diseñadas específicamente para uso agrícola, y también se utiliza en la creación de una amplia gama de tuberías que son esenciales para diversas actividades de plomería y construcción (Serrano Ramos, y otros, 2015).

Figura 3 muestra la unidad estructural del polietileno (PT).

Figura 3.

Unidad estructural del Polietileno



Nota. Tomado de *Ciencia en ingeniería de los materiales*, Askeland et al., 2017, p.582.

Según mediciones particulares que evalúan la densidad del polietileno, este material se puede dividir en dos clasificaciones principales: polietileno de alta densidad, a menudo denominado HDPE, y polietileno de baja densidad, comúnmente conocido como LDPE. El polietileno de baja densidad, ampliamente conocido en la industria con la abreviatura LDPE, se caracteriza por tener un número sustancial de ramificaciones que pueden variar mucho tanto en su tamaño como en la forma en que se organizan a lo largo de la estructura del polímero. Este proceso químico o físico específico conduce al desarrollo de un material polimérico caracterizado por tener un menor grado de cristalinidad, lo que a su vez contribuye a una menor capacidad para soportar fuerzas o tensiones externas que actúan sobre él. Sin embargo, cuenta con el beneficio adicional de mostrar un nivel de flexibilidad considerablemente mayor en comparación con otros tipos de polímeros disponibles en el mercado. El polietileno de baja densidad, a menudo conocido por su abreviatura LDPE, posee la característica beneficiosa de poder fundirse a temperaturas comparativamente más bajas que muchos otros materiales (Newell, 2010).

Además, la facilidad con la que se puede procesar juega un papel importante en la mejora de su atractivo, por lo que es una opción ideal para aplicaciones que requieren la fabricación de alto volumen. En concreto, en el contexto de estas aplicaciones particulares, puede que no sea necesario prestar demasiada atención a las propiedades de resistencia del material. Esta flexibilidad en los requisitos presenta una oportunidad para que el polietileno de baja densidad (LDPE) demuestre sus ventajas, lo que lo convierte en una opción excelente y adecuada para tales usos. Según una investigación presentada por Newell en el año 2010, una amplia variedad de productos (desde artículos de uso diario como film plástico y una variedad de juguetes hasta bolsas para almacenar alimentos y botellas exprimibles) se producen utilizando un tipo de plástico conocido como polietileno de baja densidad, al que a menudo se hace referencia por su abreviatura, (Newell, 2010). Las propiedades del polietileno de baja densidad se describen en la Tabla 5:

Tabla 5.

Propiedades del polietileno de baja densidad (LDPE O PEBD)

Punto de fusión	Entre 98 - 115 °C
Resistencia a tracción	Entre 13,3 – 26,4 MPa
Resistencia a compresión	Entre 10,8 – 17,4 MPa
Tenacidad a fractura	Entre 1,21 – 3,39 MPa.m ^{1/2}
Resistencia al agua (%)	< 0,015
Densidad	Entre 0,917 – 0,932 g/cm ³
Cristalinidad	Entre 40 - 50 %
Coefficiente de Poisson	Entre 0,439 – 0,457
Conductividad térmica	Entre 0,322 – 0,348 W/m·K
Coefficiente de dilatación lineal	Entre 100e ⁻⁶ - 200e ⁻⁶ 1/ °C
Módulo de elasticidad (Módulo de Young)	Entre 0,172 – 0,283 GPa
Índice de refracción	1,57

Nota. Tomado de *Material ecológico para construcción en vidrio, arena y poliplásticos (vapoli)*, Rocha et al., 2020, p. 61.

D. Reciclaje de polímeros

Dentro de las regiones metropolitanas, el procedimiento de reciclaje de polímeros termoplásticos, que son materiales versátiles utilizados en la producción de una amplia gama de productos plásticos de uso diario, como envases de bebidas, bolsas de compras y numerosas variedades de recipientes de almacenamiento, es una actividad predominante que generalmente se considera relativamente sencilla, sin complicaciones y manejable. En general, la capa exterior de estos productos específicos está adornada con un código numérico grabado, que sirve para identificar el tipo preciso de material plástico que se utilizó durante el proceso de fabricación. Para facilitar su comprensión, el símbolo de reciclaje que se identifica con las siglas “PETE” corresponde directamente al código numérico 1. Esta designación en particular denota que los productos etiquetados con este símbolo se crean a partir de un tipo de plástico llamado tereftalato de polietileno, que comúnmente se conoce de forma abreviada como PET (Askeland, y otros, 2017).

A los productos fabricados con HDPE, acrónimo que designa al polietileno de alta densidad, además de los fabricados con vinilo (comúnmente identificados por el símbolo de reciclaje con la letra V), también se suman los artículos fabricados con LDPE, que representa al polietileno de baja densidad. Además, los artículos fabricados con polipropileno, abreviado como PP, y poliestireno, que se conoce como PS, se clasifican e identifican sistemáticamente mediante números de identificación únicos. En particular, a estos materiales específicos se les asignan los números 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente, siguiendo una secuencia designada en función de sus clasificaciones. Los plásticos que no pueden clasificarse en ninguno de los grupos anteriormente descritos reciben una clasificación específica y se designan con el número 7, cumpliendo un papel importante en la identificación de sus características y propiedades únicas (Askeland, y otros, 2017).

Cuando se trata de plásticos termoendurecibles y elastómeros, estos tipos particulares de materiales plantean significativamente más dificultades y complicaciones durante el proceso de reciclaje en comparación con otros materiales. El desafío surge principalmente del hecho de que estos artículos tienen muy pocas aplicaciones y funciones prácticas una vez que llegan al final de su ciclo de vida productivo, como señalaron Askeland y sus colegas en su estudio de 2017. El procedimiento de reciclaje del PET, acrónimo que representa al tereftalato de polietileno, es relativamente sencillo y sin complicaciones, lo que realza enormemente su condición como uno de los polímeros que se pueden reciclar con mayor facilidad (Newell, 2010).

Después de clasificar minuciosamente las botellas de bebidas en función de sus distintos colores, pasan a un exhaustivo proceso en el que primero se trituran hasta convertirlas en diminutos gránulos. Posteriormente, estos gránulos se someten a un minucioso proceso de lavado, que se lleva a cabo para garantizar que estén completamente limpios y libres de cualquier contaminante. La razón por la que el PET, o tereftalato de polietileno, suele hundirse hasta el fondo del recipiente de lavado durante el proceso de limpieza es que posee una densidad mayor en comparación con la del agua. Esta característica hace que no flote en la superficie como lo hacen algunos materiales, sino que descienda a la parte inferior del recipiente (Newell, 2010).

Por otro lado, el polietileno de alta densidad (HDPE) junto con una variedad de etiquetas diferentes generalmente exhiben la característica de flotabilidad, lo que les permite flotar y permanecer en la superficie del agua en lugar de hundirse. Los pellets que se generan como consecuencia de este proceso particular se recogen y posteriormente se utilizan en una amplia gama de aplicaciones diversas en varias industrias. La gama de aplicaciones abarcadas en este campo incluye una variedad de procesos, como la fabricación de fibras para alfombras, la producción de innovadoras botellas de plástico y el relleno de almohadas diseñadas para mejorar el confort. Estos ejemplos sirven simplemente como ilustraciones iniciales y no representan una lista completa de usos potenciales (Newell, 2010).

Tabla 6.

Símbolos de reciclaje para plásticos comunes

	Material	Usos comunes
	Tereftalato de polietileno (PET)	Botellas de refresco Fibras de tapetes
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Botellas de leche Botellas de shampoo Bolsas de plástico Vasos de plástico duro Botellas deportivas
	Cloruro de polivinilo (PVC)	Botellas de aceite Tuberías Moldes
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Bolsas para abarrotos de plástico Papel envolvente Maderas plásticas
	Polipropileno (PP)	Popotes para beber Tapas de botellas Muebles de plástico
	Poliestireno (PS)	Empaques Vasos para bebidas Empaques para carnes

Nota. Adaptado de *Ciencia de materiales. Aplicaciones en ingeniería*, Newel, 2011, p.183.

2.2.2. Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

El término "propiedades mecánicas" abarca una serie de características específicas asociadas a un material, que destacan cómo reacciona y se comporta cuando se lo somete a diversos tipos de fuerzas, ya sean constantes e invariables o fluctuantes a lo largo del tiempo. Además, estas propiedades pueden verse influenciadas por la temperatura a la que se evalúa el material, lo que da lugar a una variedad de respuestas en diferentes condiciones térmicas. Los diversos tipos de fuerzas que pueden actuar sobre un objeto abarcan varias categorías, entre ellas la tensión, que estira los materiales; la flexión, que causa deformación; el impacto, resultante de colisiones repentinas; la compresión, que implica apretar o presionar los materiales entre sí; la torsión, que se relaciona con las fuerzas de torsión; y el cizallamiento, que implica fallas por deslizamiento entre capas (Güemes Gordo, y otros, 2012).

Por el contrario, las características conocidas como propiedades físicas se manifiestan durante diversos procesos físicos y pueden clasificarse en grupos distintos según su naturaleza. Estas categorías incluyen propiedades térmicas, relacionadas con el calor, y propiedades ópticas, relacionadas con la luz. Además, existen propiedades eléctricas y magnéticas, que se ven influenciadas por el tipo de estímulo al que se enfrenta el material. Esta clasificación

depende de las condiciones específicas a las que se expone el material. Estas diversas propiedades abarcan una gama de características que incluyen, entre otras, aspectos como la densidad, el índice de refracción, el color y la capacidad de conducir electricidad o calor. Además, también se refieren al peso específico, la capacidad calorífica, el punto de fusión y varios otros atributos físicos y químicos relevantes (Güemes Gordo, y otros, 2012).

El término "propiedades físicas" se refiere a las características esenciales y fundamentales que definen la naturaleza y el comportamiento de un material. Estas propiedades incluyen una variedad de atributos como el color del material, su capacidad de estirarse o comprimirse (lo que se conoce como elasticidad), su capacidad de conducir electricidad o calor, su respuesta a los campos magnéticos y su comportamiento al interactuar con la luz, que a menudo se describe como comportamiento óptico. Es importante señalar que estas características permanecen prácticamente inalteradas y no se ven sustancialmente influenciadas por fuerzas o presiones externas que puedan actuar sobre el material. El término "propiedades mecánicas" abarca los diversos atributos y características de un material que demuestran su capacidad para soportar y resistir diferentes tipos de fuerzas que pueden actuar sobre él. Estas fuerzas incluyen, entre otras, la tensión, que se refiere a la fuerza que tiende a estirar o alargar el material; la compresión, que implica fuerzas que empujan o comprimen el material; el impacto, que denota los efectos de fuerzas o choques repentinos; y la fatiga, que se refiere a la capacidad del material para soportar ciclos repetidos de estrés a lo largo del tiempo (Askeland, y otros, 2017).

La amplia gama de atributos físicos que presentan los materiales utilizados en la industria de la construcción está estrechamente vinculada a toda una serie de propiedades termotécnicas. Estas propiedades abarcan factores importantes como la conductividad térmica, que mide la capacidad de transmisión del calor, la resistencia al fuego, que indica la capacidad del material para soportar altas temperaturas, la capacidad térmica, que refleja la capacidad del material para almacenar energía térmica, y las propiedades refractarias, que se refieren a la capacidad del material para resistir la fusión o la deformación bajo temperaturas extremas, además de muchas otras características relacionadas. Además de sus otras cualidades, estos materiales poseen una variedad de propiedades hidrofísicas. Estas propiedades incluyen, entre otras, su capacidad para absorber agua, su capilaridad, que se refiere a cómo atraen agua a través de espacios pequeños, y su permeabilidad, que indica con qué facilidad el agua puede pasar a través de ellos. El término "características mecánicas" cuando se aplica a diversos materiales se refiere a su capacidad inherente para soportar los impactos e influencias que surgen de las fuerzas y cargas externas que se ejercen sobre ellos (Cárdenas Gutiérrez, y otros, 2022).

Esto implica un examen de cuán bien estos materiales pueden resistir posibles deformaciones, fallas u otras alteraciones cuando se someten a tensiones y presiones de fuentes externas. Las principales características mecánicas que tienen una importancia considerable en la ciencia de los materiales consisten en varias propiedades clave. Una de estas propiedades es la resistencia a la compresión, que describe la capacidad del material para soportar cargas axiales sin experimentar fallas estructurales o colapso. Otra propiedad vital es la resistencia a la tracción, que significa el nivel máximo de tensión que un material puede tolerar antes de que finalmente sucumba a la falla o se rompa. Además, tenemos la resistencia a la flexión, que evalúa cómo reacciona un material cuando se somete a fuerzas de flexión, determinando su durabilidad en tales condiciones. Por último, está la resistencia al corte, una propiedad que evalúa la resistencia del material al deslizamiento o falla por corte que ocurre a lo largo de un plano específico. Juntas, estas propiedades son cruciales para comprender el rendimiento y el comportamiento de los materiales en diversas condiciones de carga (Cárdenas Gutiérrez, y otros, 2022).

El término "propiedades físicas" se refiere a características o atributos distintivos asociados con un material en particular, que pueden medirse fácilmente y observarse directamente utilizando una variedad de métodos y técnicas. Estas propiedades representan aspectos tangibles del material que pueden evaluarse mediante observación empírica o instrumentación. Esta investigación en particular otorga un alto nivel de importancia al análisis exhaustivo de las diversas características y atributos físicos que son pertinentes a los ladrillos de hormigón. En particular, la discusión se centra en una serie de aspectos importantes que juegan un papel significativo, como las variaciones de dimensiones que pueden ocurrir, las preocupaciones asociadas con la deformación de los materiales, así como los intrincados procesos de succión y absorción que estos ladrillos específicos pueden sufrir a lo largo de su uso.

Por otro lado, el término "propiedades mecánicas" cuando se aplica a un material se refiere a cómo se comporta y funciona ese material en particular bajo la influencia de diferentes tipos de fuerzas o cargas. Para obtener una comprensión integral de estas importantes características, es esencial emplear métodos de prueba específicos. Estos métodos están diseñados para observar meticulosamente y analizar en profundidad las diversas reacciones y cambios que tienen lugar cuando el material se somete a dichas fuerzas. Este estudio de investigación examina exhaustivamente varias características importantes, centrándose particularmente en la capacidad de la pared para soportar la compresión axial, junto con su capacidad para resistir eficazmente las fuerzas que actúan diagonalmente en la compresión.

A. *Propiedades Físicas del ladrillo*

a) **Variación dimensional:**

El ensayo de variación dimensional se realiza con el objetivo específico de medir y evaluar con precisión el espesor de las juntas que se pueden encontrar dentro de la estructura de mampostería. No se puede exagerar la importancia de esta medida en particular, ya que el espesor de estas juntas juega un papel vital a la hora de determinar en qué medida pueden impactar e influir sustancialmente en la resistencia y estabilidad general de toda la estructura en su conjunto. Un estudio realizado por (San Bartolomé, y otros, 2018) ha revelado una correlación interesante: por cada aumento de 3 centímetros en el espesor de las juntas horizontales que se encuentran dentro de las estructuras de mampostería, hay una disminución notable en la resistencia general de la mampostería a la compresión, que equivale específicamente a una reducción del 15%.

Este hallazgo sugiere que el diseño y la construcción de conjuntos de mampostería deben considerar cuidadosamente el impacto del espesor de las juntas en el rendimiento estructural. Esta reducción significativa de la resistencia del material también puede resultar en una menor capacidad del material para soportar fuerzas de corte, lo que afecta su rendimiento general y su integridad estructural. Las dimensiones del ladrillo, que se representan cuantitativamente en milímetros, constan de tres medidas espaciales: la longitud del ladrillo, su ancho y su altura total. En concreto, las medidas correspondientes tanto a la longitud como a la anchura se evalúan meticulosamente dentro del área designada para los asientos de ladrillo, siguiendo las instrucciones y recomendaciones detalladas establecidas por las directrices pertinentes proporcionadas por las autoridades responsables.

Para esta prueba se sigue las indicaciones de las NTP 399.613 y 399.604.

Aparato: Una herramienta de medición ideal, específicamente una regla, que está diseñada meticulosamente para mostrar medidas en incrementos de milímetros y está hecha preferiblemente de material de acero inoxidable duradero, cuenta con una longitud total de 30 centímetros.

Procedimiento: Las medidas de las dimensiones de cada ladrillo individual, que incluyen su largo, ancho y alto, se toman con una precisión que garantiza una exactitud de hasta 1 milímetro. El valor de cada medición se calcula determinando el

promedio o media de cuatro mediciones individuales que se han realizado en los puntos medios ubicados en los bordes terminales de cada cara respectiva.

Cálculos: La medida promedio de cada borde del ladrillo, que incluye su largo, ancho y alto, se calcula en base a cuatro medidas distintas que se obtienen en el centro de la estructura del ladrillo. Primero, se calcula el valor promedio de cada borde en todo el conjunto de muestras. Después de determinar este promedio, la media calculada se resta posteriormente de la dimensión especificada por el fabricante. Para concluir, se toma el valor que se ha calculado y se procede a dividirlo por la dimensión específica que se ha identificado para tal efecto, y posteriormente, se multiplica la cifra resultante por 100 para completar el proceso.

$$V = \frac{De - Mp}{De} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V: Variación de dimensiones en porcentaje.

De: Dimensión especificada (mm).

Mp: Medida promedio en cada dimensión (mm).

b) Alabeo:

El objetivo principal de realizar esta prueba específica es evaluar y establecer en qué medida los ladrillos de hormigón presentan características cóncavas o convexas en su estructura. El resultado de este análisis detallado se ha expresado en milímetros y se presenta específicamente como un promedio que se ha calculado en base a las diversas mediciones tomadas durante todo el proceso de prueba. Si el ladrillo presenta un grado de concavidad o convexidad significativamente mayor de lo habitual, se deduce lógicamente que el espesor de la junta entre los ladrillos aumentará en consecuencia para adaptarse a este cambio de forma. Además, es esencial recordar que existe la posibilidad de que se formen huecos o espacios desocupados en regiones donde la deformación o alabeo es más pronunciada. Este fenómeno particular tiene un impacto considerable en la disminución de la cantidad de área superficial que permanece en contacto directo con el mortero.

Esta reducción en el contacto puede dar como resultado diversos problemas estructurales que pueden manifestarse con el tiempo. En consecuencia, la menor cantidad de contacto entre los ladrillos puede provocar ocasionalmente una falla por flexión-tracción dentro de la estructura misma de los ladrillos. Este problema es especialmente probable que surja debido al peso significativo que ejercen las capas o

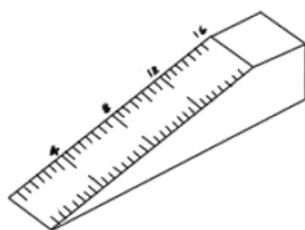
hileras superiores del muro, que pueden colocar una tensión indebida sobre los ladrillos inferiores (San Bartolomé, y otros, 2018).

El examen se lleva a cabo con estricto apego a las reglas y pautas que se han establecido claramente en el documento oficial conocido como NTP 399.613. En este documento se describen los procedimientos específicos utilizados para la recolección sistemática y el examen minucioso de los componentes utilizados en la mampostería. Se hace especial hincapié en las diversas estrategias de muestreo empleadas, así como en las diversas técnicas de prueba que se aplican para evaluar la calidad y las características de rendimiento de los ladrillos de arcilla que se utilizan en proyectos de construcción de mampostería.

Equipo: Para realizar de manera eficiente las mediciones necesarias para esta tarea en particular, se puede utilizar una regla de acero graduada. Esta herramienta está diseñada con divisiones de alta precisión que comienzan en un extremo y están marcadas a intervalos de 1 milímetro. Una alternativa que se puede considerar es utilizar una cuña de medición que tenga exactamente 60 milímetros de longitud. Esta cuña tendría dimensiones que incluyen un ancho y un espesor de 12,5 milímetros, específicamente en uno de sus extremos. Esta cuña de medición en particular sufre una reducción gradual y continua de su anchura, comenzando desde un punto que se encuentra a 12,5 milímetros de distancia del extremo más grueso. Continúa reduciéndose suavemente hasta que finalmente se estrecha hasta un espesor de cero en el extremo más alejado de la cuña.

Figura 4.

Cuña para medir el alabeo



Nota. Tomado de “NTP 399,613. “Unidades de Mampostería: Métodos de Muestreo y Ensayo para Ladrillos de Arcilla Utilizados en Mampostería”, INDECOPI, 2017, pág. 27.

Procedimiento: En función de las características específicas de la deformación observada, ya sea de forma cóncava o convexa, es imprescindible utilizar el procedimiento adecuado que se detalla a continuación. Este procedimiento debe

aplicarse de forma uniforme en ambas caras primarias del ladrillo para lograr los resultados deseados.

Medición de concavidad

La regla de borde recto se coloca meticulosamente a lo largo de la línea diagonal del ladrillo o, como alternativa, se alinea longitudinalmente de modo que descansa sobre una de las superficies más grandes y sustanciales del ladrillo. En el lugar preciso donde la flecha asciende a su punto más alto en la trayectoria, se coloca meticulosamente una cuña para ofrecer soporte y estabilidad adicionales. El procedimiento empleado para obtener la medición se implementa con un nivel de precisión excepcionalmente alto, garantizando específicamente que la exactitud sea de un milímetro. Además, el valor que se deriva de esta medición detallada se documenta y registra cuidadosamente para mantener un registro preciso de los hallazgos.

Medición de convexidad

El borde alargado y perfectamente recto de una regla se coloca meticulosamente a lo largo de una línea diagonal o se alinea con dos bordes opuestos que forman parte de una de las superficies planas más grandes del ladrillo, lo que garantiza la precisión en la medición. En esta etapa, se coloca meticulosamente una cuña en cada esquina del molde, asegurándose de que esté bien colocada en su lugar. Mientras tanto, se identifica el lugar preciso donde la regla hace contacto con el fin de brindar apoyo a lo largo de la línea diagonal que atraviesa el molde. Esta disposición específica ha sido creada cuidadosamente con la intención de garantizar que se logre una medida idéntica en ambas cuñas involucradas.

Los cálculos y mediciones relacionados con la distorsión de cada muestra individual analizada se registran meticulosamente, lo que garantiza que los resultados sean precisos al milímetro más cercano.

Succión:

Este atributo específico está diseñado para evaluar y cuantificar la capacidad de la unidad de mampostería para absorber agua del mortero, tomándose esta medición en un intervalo preciso de un minuto. La metodología expuesta en este documento en particular tiene como finalidad evaluar si es imprescindible humedecer previamente el ladrillo antes de su aplicación, tal como lo indican los lineamientos de la (NTP 399.613, 2017).

Ha sido creado y diseñado meticulosamente de acuerdo con las pautas y estándares específicos delineados en los documentos NTP 399,613 y NTP 399,604.

Equipo esencial: Para llevar a cabo con éxito el experimento, se requiere el siguiente aparato: una balanza de precisión para medir pesos, un horno de secado para controlar los niveles de humedad, una bandeja o recipiente adecuado para contener agua, soportes especiales para ladrillos para un soporte adecuado, un cronómetro calibrado con precisión para medir el tiempo en segundos, con capacidad para registrar una duración de hasta 1 minuto, y un cilindro graduado de 100 ml para medir volúmenes de líquidos con precisión.

Procedimiento: Es imprescindible dejar que los ladrillos pasen por un proceso de secado exhaustivo que dure una duración de 24 horas, asegurando que alcancen el nivel adecuado de eliminación de humedad. Las medidas correspondientes al tamaño de la superficie del ladrillo que estará en contacto directo con el agua se toman con una precisión de 1 milímetro. Tómese el tiempo necesario para medir con precisión el peso del ladrillo, asegurándose de redondearlo a los 0,5 gramos más cercanos posibles para obtener una lectura precisa.

El procedimiento para preparar la prueba incluye fijar firmemente la bandeja en su lugar. Luego, se ajusta cuidadosamente la bandeja hasta que esté perfectamente nivelada, utilizando un nivel de burbuja para verificar que su superficie inferior esté completamente horizontal y alineada correctamente.

La muestra, minuciosamente preparada, se coloca suavemente sobre los soportes específicos designados para tal fin. En ese preciso instante en que el ladrillo hace su contacto inicial con el agua, se realiza una observación y se anota ese momento crucial como el punto de partida oficial del experimento que se está realizando. Durante un período específico designado para el contacto, que dura aproximadamente 1 minuto con una fluctuación permisible de más o menos 1 segundo, el nivel del agua se mantiene meticulosamente en su altura inicial, lo que garantiza un seguimiento y control constantes. Se agrega agua siempre que sea necesario para garantizar que el nivel del agua se mantenga constante y no fluctúe. Una vez transcurrido el tiempo de contacto especificado, se retira meticulosamente el ladrillo y se absorbe delicadamente cualquier exceso de agua que pueda haberse acumulado en su superficie utilizando un paño suave o un trozo de franela.

El ladrillo, una vez retirado del contacto con el agua, se somete a un proceso de pesaje donde se determina su masa con un alto nivel de precisión, concretamente se redondea al 0,5 gramos más cercano. Es fundamental que este pesaje se realice con prontitud, en un plazo no superior a 2 minutos desde el momento en que se retira el ladrillo del agua.

Cálculos: La succión se expresa en gramos por minuto en un área de 200 cm².

$$S = 200 * \frac{Ph - Ps}{Ab} \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

S: Succión (g/200 cm² x min)

Ph: Peso húmedo del ladrillo (g)

Ps: Peso seco del ladrillo (g)

Ab: Área bruta en contacto con el agua (cm²)

c) Absorción:

El objetivo principal de realizar esta prueba específica es evaluar y determinar el volumen de agua que una unidad de mampostería puede absorber durante un período de 24 horas. Esta evaluación se lleva a cabo de acuerdo con las normas establecidas en las pautas descritas por (NTP 399.604, 2002). El procedimiento se lleva a cabo en estricto apego a las pautas específicas y protocolos establecidos descritos en los documentos identificados como NTP 399,613 y NTP 399,604.

Aparatos: Balanza, horno de secado.

Procedimiento:

Coloque el ladrillo dentro del horno y déjelo secar durante 24 horas. Luego lo sacamos del horno con cuidado, lo dejamos enfriar completamente a temperatura ambiente y procedemos a medir su peso con precisión.

Sumergir el ladrillo completamente en agua durante un período de 24 horas, dejando que absorba completamente la humedad; transcurrido este tiempo, sacarlo del agua y eliminar con cuidado el exceso de agua que pueda haber en la superficie. Asegúrate de medir el peso del ladrillo a más tardar cinco minutos después de haberlo sacado del agua.

Realización de cálculos: es de suma importancia calcular cuidadosamente y reportar con precisión el valor de absorción para cada muestra individual utilizando la fórmula designada. Es crucial garantizar que este proceso se lleve a cabo con un alto grado de precisión, específicamente manteniendo un nivel de precisión del 0,1%.

$$Abs = 100 (Ps - Pd) / Pd$$

Ecuación 3

Donde:

Abs: Absorción en porcentaje.

Pd: Peso seco del ladrillo (g).

Ps: Peso del ladrillo saturado, después de la sumersión en agua fría (g).

B. Propiedades Mecánicas

a) Resistencia a la compresión axial de unidades de albañilería

La capacidad de un material determinado para soportar o resistir una carga externa que se distribuye uniformemente sobre una superficie específica se denomina resistencia. Esta resistencia se mide y representa a través de la idea fundamental conocida como tensión. La resistencia en cuestión suele expresarse en unidades de medida específicas, que incluyen kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o megapascales (MPa). Esta información está respaldada por los hallazgos de la investigación realizada por (Cárdenas Gutiérrez, y otros, 2022).

Para que la fuerza o carga se aplique correctamente, es esencial que actúe de manera que cree un ángulo recto, específicamente un ángulo de 90 grados, con respecto a la superficie que proporciona soporte al ladrillo. De acuerdo con las directrices descritas en el documento E.070, la resistencia característica de una unidad de mampostería, que se observa específicamente cuando se somete a compresión axial, se calcula obteniendo en primer lugar el valor de resistencia promedio de un grupo de muestras. Después de este cálculo, se debe proceder a restar una desviación estándar predeterminada de este valor promedio para llegar a la cifra de resistencia característica final. El método específico de cálculo al que se hace referencia se puede encontrar detallado en la publicación titulada (NTP E.070, 2006).

Calculando el promedio de las unidades probadas y restando posteriormente una desviación estándar de ese valor promedio, podemos inferir desde una perspectiva estadística que al menos el 84% de las unidades que han sido sometidas a pruebas es probable que demuestren un nivel de resistencia que supere el valor característico predeterminado, que se representa como (f'b). Esta aplicación de principios estadísticos ayuda a proporcionar una comprensión más clara del rendimiento de las unidades en el

contexto de sus capacidades de resistencia. En consecuencia, esto indica que es admisible descubrir que hasta un 16% de las unidades evaluadas pueden presentar algún tipo de defectos en su desempeño operativo. Este hallazgo se ve reforzado por el estudio realizado por (San Bartolomé, y otros, 2018).

Para evaluar y determinar exhaustivamente la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería, se lleva a cabo una secuencia cuidadosamente organizada de pruebas de laboratorio especializadas. Estas pruebas son esenciales para obtener mediciones precisas y garantizar la calidad de los materiales de mampostería que se evalúan. Estas evaluaciones particulares se llevan a cabo de una manera que cumple totalmente con las pautas y regulaciones específicas establecidas por las Normas NTP 399.613 y 339.604. Este riguroso cumplimiento garantiza que el proceso de prueba no solo cumpla con las normas establecidas, sino que también mantenga un alto nivel de confiabilidad y precisión en todo momento. La determinación de la resistencia a la compresión se realiza mediante la siguiente fórmula o ecuación matemática:

$$f'c = \frac{Pu}{Ab} \quad \text{Ecuación 4}$$

donde:

$f'c$: Resistencia a la compresión axial (kg/cm^2)

Pu : Carga máxima registrada (kg)

Ab : Área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm^2).

La resistencia característica a compresión axial se halla con la siguiente expresión:

$$f'b = f'c_{prom} - \sigma \quad \text{Ecuación 5}$$

donde:

$f'b$: Resistencia característica a la compresión axial (kg/cm^2)

$f'c_{prom}$: Resistencia promedio a la compresión axial (kg/cm^2)

σ : Desviación estándar.

b) Resistencia a la compresión diagonal en murete

El esfuerzo cortante en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada se calcula con la siguiente expresión:

El objetivo principal de esta evaluación específica es evaluar exhaustivamente y realizar un análisis profundo de qué tan bien los muros de mampostería resisten la compresión diagonal, comúnmente conocida como fuerzas cortantes. Es esencial que estos muros cumplan con unos requisitos mínimos de tamaño particulares, que se han definido claramente en sesenta centímetros de ancho y sesenta centímetros de alto. El proceso de evaluación de la muestra implica la aplicación de una

fuerza de compresión diagonal, lo que da lugar a la formación de fracturas. Estas fracturas surgen en una dirección paralela al vector de la carga que se ha ejercido sobre la muestra. El ensayo en cuestión ha sido elaborado meticulosamente con la intención explícita de simular y modelar las reacciones y comportamientos de los materiales de mampostería cuando se los somete a condiciones de corte particularmente severas y exigentes. Estos desafiantes escenarios se describen en detalle en las normas pertinentes que se pueden encontrar en la referencia (NTP 399.621, 2002). El proceso de evaluación, también conocido como examen, se lleva a cabo en estricto apego a las pautas y estándares que se han establecido firmemente en el documento oficial conocido como NTP 399.621.

El proceso de cálculo del esfuerzo cortante ejercido sobre los muros, que se puede obtener a partir del área bruta total de la sección diagonal que está sometida a carga, se puede lograr empleando la siguiente ecuación matemática:

$$V_m = 0.70 * \frac{P}{A_b} \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

V_m: esfuerzo cortante sobre el área bruta (MPa)

P: Carga aplicada (N)

A_b: Área bruta del espécimen (mm)

$$A_b = \frac{(l + h)}{2} * t \quad \text{Ecuación 7}$$

l=largo de murete (mm)

h=altura del murete (mm)

t=espesor del murete (mm)

2.2.3. Unidades de albañilería

Las unidades de mampostería, que en el ámbito de la construcción suelen denominarse simplemente ladrillos, pueden presentar una amplia gama de atributos y características. Estas características pueden diferir significativamente en función del propósito o la función específicos para los que están diseñados estos ladrillos dentro de la estructura de un edificio. Las diversas características que se podrían considerar podrían abarcar una amplia gama de características, que pueden incluir, aunque ciertamente no se limitan a, elementos importantes como las dimensiones o el tamaño de un objeto, su resistencia general, así como su capacidad para soportar y resistir una variedad de diferentes influencias y condiciones ambientales. De manera comparable, es posible fabricar unidades de mampostería utilizando una variedad de materiales diferentes. Es una observación bastante típica en varios proyectos de construcción de mampostería que la mayoría de los ladrillos están hechos principalmente de material de arcilla. Sin embargo, es

fundamental resaltar que existe una variedad de ladrillos elaborados a partir de concreto, lo que ejemplifica la amplia gama de materiales que se pueden utilizar en el campo de la construcción de albañilería. Dentro del mercado, uno tiene la oportunidad de adquirir ladrillos que se fabrican a través de una variedad de métodos, incluidos aquellos producidos por procesos industriales a gran escala, así como aquellos elaborados mediante técnicas artesanales tradicionales. Sin embargo, es fundamental reconocer que en ocasiones los ladrillos artesanales pueden no cumplir con las especificaciones técnicas integrales que se describen en la norma de mampostería E.070.

Como se indica en las especificaciones detalladas que se encuentran en el documento E.070, un ladrillo se caracteriza como un tipo particular de unidad constructiva. Esta unidad constructiva ha sido minuciosamente diseñada para que su tamaño y peso sean tales que puedan ser manejados o manipulados cómodamente con una sola mano. Por el contrario, el término "bloque" se refiere a una categoría distinta de unidad que, debido a sus considerables dimensiones y peso sustancial, requiere la utilización de ambas manos para manipularla de manera adecuada y efectiva. Además de eso, implica que las unidades de mampostería tienen el potencial de crearse a partir de una variedad diversa de materiales. Esta variedad puede abarcar, pero no se limita a, sustancias como arcilla, sílice-cal o concreto, entre otros.

Además, es importante señalar que estas unidades de mampostería están disponibles en una amplia gama de formas y tamaños, que incluye no solo la forma clásica de los ladrillos tradicionales, sino que también se extiende a bloques más grandes, ofreciendo así una variedad de opciones para adaptarse a diferentes necesidades de construcción y preferencias estéticas. Estas unidades específicas tienen la capacidad de existir en una amplia gama de formas y diseños, como formas sólidas, configuraciones huecas, patrones de panal o estructuras tubulares. Además, se pueden producir utilizando diversos métodos, que van desde técnicas artesanales y hechas a mano hasta extensos procesos de fabricación industrial a gran escala.

El estándar industrial establecido describe una variedad de factores específicos que deben considerarse y tenerse en cuenta cuidadosamente cuando se trabaja con unidades de mampostería de concreto. La utilización de estas unidades específicas sólo se permite una vez que han alcanzado con éxito los niveles de resistencia estipulados y han demostrado una estabilidad volumétrica suficiente. Este proceso garantiza que cumplen todos los criterios esenciales necesarios para su uso adecuado y eficaz en proyectos de construcción. De acuerdo con las normas establecidas en el documento denominado (NTP E.070, 2006), se recomienda que cualquier unidad que haya pasado por el proceso de curado con agua debe abstenerse de ser utilizada por al menos un período mínimo de 28 días. En la siguiente sección, hay una ilustración que muestra un bloque de hormigón robusto, que ha sido fabricado expertamente por la muy respetada y apreciada empresa Pacasmayo.

Figura 5.

Bloque de concreto



Nota. Tomado de “Ficha técnica bloque de concreto”, Pacasmayo, 2023, p.1

Las características que muestra este bloque de concreto de la empresa Pacasmayo se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7.

Características de bloque de concreto-Pacasmayo

Descripción	Esta unidad de construcción específica está compuesta por una variedad de materiales que trabajan juntos para crear una estructura duradera. Estos materiales incluyen componentes esenciales como cemento, agua, agregados y una variedad de aditivos que mejoran el rendimiento general y las características de la mezcla. Además, es importante destacar que la incorporación de pigmentos a la mezcla podría ser parte del proceso. Sin embargo, es fundamental entender que esta adición no es obligatoria y puede variar según las necesidades y especificaciones particulares del proyecto en cuestión. La estructura arquitectónica cuenta con un llamativo diseño prismático, que se distingue por sus singulares formaciones angulares y una silueta multifacética que cautiva la vista. Además, las dimensiones interiores de este innovador diseño han sido meticulosamente diseñadas para que sean modulares por naturaleza. Este enfoque reflexivo garantiza que las medidas nunca superen un notable máximo de 60 centímetros, lo que resalta tanto la funcionalidad como el atractivo estético. Las unidades militares en cuestión no poseen ningún tipo de protección blindada.
Usos	Estos materiales se emplean típicamente en la construcción de diversas estructuras, incluyendo, entre otras, muros de carga que soportan el peso del edificio, mampostería reforzada que agrega resistencia y durabilidad adicionales, cercas perimetrales que definen y aseguran una propiedad, muros divisorios que crean espacios separados dentro de un edificio y muros de contención que retienen el suelo y evitan la erosión.
Beneficios	Los bloques de hormigón ofrecen multitud de ventajas, una de las cuales es su mayor rendimiento, ya que requieren la utilización de un número reducido de unidades individuales por cada metro cuadrado de pared que se construye. Además, la utilización de un formato mayor supone un importante ahorro de tiempo, ya que minimiza el tiempo necesario para su colocación. Además, debido al menor número de juntas por metro cuadrado, se reduce la cantidad de mortero necesario para su instalación. Este tipo de bloques proporcionan un acabado superficial mejorado y superior, lo que los hace adecuados para su uso como materiales de revestimiento atractivos o que requieren solo una aplicación mínima de yeso (también conocido como solaqueo). Además, cuentan con una mayor durabilidad, lo que garantiza una construcción más duradera.

Nota. Adaptado de *Ficha técnica bloque de concreto*, Pacasmayo, 2023, pp.1-2.

A. Clasificación de unidades de albañilería

a) Clasificación con fines estructurales

Para los objetivos específicos relacionados con el diseño, la norma E.070 categoriza las unidades de mampostería con base en las características particulares que se detallan y presentan en la Tabla 8:

Tabla 8.

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máxima en %)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_{b} mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Nota. Tomado de *Norma técnica E.070. Albañilería*, 2006, p.13.

b) Clasificación por su materia prima y fabricación

i. Unidades de arcilla

En el ámbito de la fabricación de ladrillos, los distintos tipos de arcillas que se utilizan se pueden dividir en dos categorías distintas. La primera categoría se conoce como arcillas calcáreas, que se caracterizan por su importante contenido de carbonato de calcio. Por otro lado, la segunda categoría se conoce como arcillas no calcáreas, que carecen de la presencia de esta particular composición mineral. Las arcillas calcáreas se distinguen por su notable composición, destacando especialmente una cantidad sustancial de carbonato de calcio, que normalmente constituye aproximadamente el 15% de su composición total. Esta formulación específica da como resultado una coloración amarilla distintiva que es característica del material (San Bartolomé, y otros, 2018).

Por otro lado, las arcillas no calcáreas están formadas principalmente por silicato de alúmina como componente principal. Además de este material predominante, estas arcillas también incluyen aproximadamente un 5% de óxido de hierro, que desempeña un papel importante en darles su característico tono rojizo. Las arcillas de mayor calidad se identifican claramente por su composición, que incluye la presencia de partículas tanto de arena como de limo. Esta combinación específica y única de materiales es esencial, ya que contribuye significativamente a minimizar el riesgo potencial asociado a la retracción por secado. Al

reducir eficazmente la probabilidad de que se produzcan contracciones, estos materiales innovadores proporcionan una ayuda sustancial para prevenir el desarrollo de grietas antiestéticas en los ladrillos a medida que se someten al proceso de secado, como señalaron (San Bartolomé, y otros, 2018).

ii. Unidades de concreto

El proceso de fabricación de unidades de hormigón requiere una combinación meticulosa y hábil de varios componentes esenciales. En particular, esto implica crear una mezcla precisa que incluya cemento, arena fina y piedra triturada, que suele tener un diámetro de alrededor de un cuarto de pulgada. Cada uno de estos ingredientes desempeña un papel crucial para garantizar que el producto final alcance la resistencia y durabilidad deseadas. Esta combinación particular de ingredientes es absolutamente crucial para desarrollar las características robustas y duraderas que definen los materiales de hormigón. La resistencia a la compresión que exhiben estas unidades de construcción específicas puede variar y es probable que cambie dependiendo de la cantidad de material utilizado durante su proceso de producción. La presencia de esta variabilidad en la resistencia permite fabricar unidades considerablemente más resistentes y duraderas, lo que las hace especialmente adecuadas para la construcción de edificios altos y de gran altura (San Bartolomé, y otros, 2018).

Al mismo tiempo, esta variabilidad también facilita el desarrollo de unidades con menor resistencia, que resultan especialmente ventajosas para su uso en la construcción de estructuras más cortas que no requieren tanta resistencia. Se espera que la composición de la mezcla presente una consistencia seca, lo que ayudará a garantizar que mantenga una medida de asentamiento de aproximadamente una pulgada de profundidad. La consistencia particular a la que nos referimos es de suma importancia, ya que desempeña un papel vital para garantizar que las unidades se puedan extraer sin esfuerzo del molde. Además, esta consistencia ayuda a salvaguardar la integridad estructural de las unidades, evitando que se desintegren o rompan durante todo el proceso de extracción. En general, la textura superficial de estas unidades específicas se observa notablemente gruesa y está claramente marcada por la existencia de poros abiertos que se pueden encontrar a lo largo de toda su longitud (San Bartolomé, y otros, 2018).

De acuerdo con las directrices que se describen en la Norma E.070, se establece explícitamente que la utilización de elementos de hormigón sólo se permite después de que estos elementos hayan alcanzado una condición de estabilidad volumétrica. Esto significa que antes de su uso, es fundamental asegurarse de que el hormigón se haya asentado correctamente y ya no sufra cambios de volumen. Lo que esto implica es que los diversos componentes de

hormigón que intervienen en el proceso de construcción deben alcanzar un volumen confiable y uniforme que permanezca estable a lo largo del tiempo antes de que puedan considerarse adecuados y seguros para su uso en proyectos de construcción. Las unidades de hormigón que se han sometido a un proceso de curado con agua durante un período de siete días deben permanecer en reposo y sin modificaciones durante un período mínimo de al menos 28 días antes de poder utilizarse para el fin previsto. Este período de espera es crucial para garantizar la integridad y la resistencia del hormigón. Llevar a cabo esta práctica en particular es absolutamente crucial para reducir con éxito las amenazas potenciales de contracción y agrietamiento que, si no se abordan, podrían socavar gravemente la integridad estructural general y la estabilidad del material de hormigón (NTP E.070, 2006).

c) Clasificación por sus alveolos (huecos)

- **Unidades sólidas y unidades huecas**

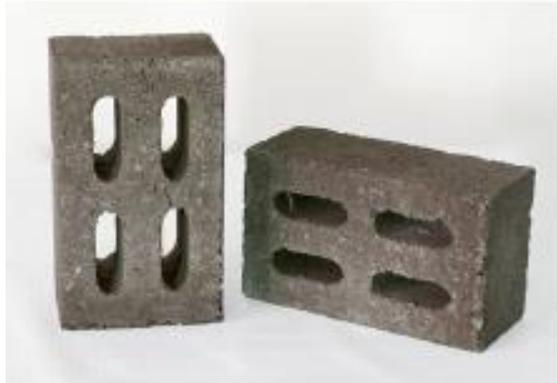
Las unidades sólidas se definen como elementos estructurales que poseen una composición continua e ininterrumpida, lo que significa que no contienen espacios vacíos ni huecos dentro de su estructura. Si bien estas unidades pueden presentar diversas ranuras o perforaciones con fines funcionales o estéticos, es fundamental destacar que estas aberturas solo pueden extenderse a través de la superficie del asiento. Además, es importante garantizar que el área total de estas aberturas no supere el 30% del área bruta total de la unidad en cuestión. Esta estipulación está de acuerdo con las pautas descritas en la norma conocida como (NTP E.070, 2006). En el caso de que la relación supere el límite predeterminado que se haya establecido, la unidad en cuestión será identificada o clasificada como hueca.

De acuerdo con las pautas detalladas que se describen específicamente en la Norma E.070, se establece explícitamente que en el proceso de construcción de muros portantes confinados es necesario utilizar unidades sólidas o masivas. Este requisito es crucial para garantizar la integridad estructural y el soporte adecuado de los muros que se erigen. Si analizamos el tema en un contexto general, se puede observar que los ladrillos artesanales, que suelen fabricarse a mano, suelen tener una estructura sólida y, por lo tanto, carecen de agujeros. Por el contrario, los ladrillos industriales, que se producen en grandes cantidades mediante procesos mecanizados, se distinguen por la presencia de un número de agujeros que puede fluctuar y que suele oscilar entre 18 y 24 agujeros de media. Cuando hablamos de ladrillos de hormigón, es importante señalar que las aberturas que se encuentran en su interior se denominan ranuras, tal como lo destaca la investigación realizada por (San Bartolomé, y otros, 2018).

La siguiente ilustración presenta una representación visual clara y detallada de una unidad de hormigón resistente y duradera que ha sido producida expertamente por la prestigiosa empresa conocida como UNICON. Además, la Tabla 9 se presenta junto a la Figura 6 ofrece una explicación completa y en profundidad de las diferentes características y especificaciones relacionadas con la unidad de hormigón en cuestión.

Figura 6.

Ladrillo sólido de concreto



Nota. Tomado de *Ficha técnica ladrillos de concreto*, UNICON, 2023, p.2

Tabla 9.

Características de ladrillo de concreto-UNICON

Usos	La utilización recomendada de este tipo específico de material está diseñada principalmente para su implementación dentro de estructuras de mampostería confinada que funcionan como muros de carga, proporcionando soporte y estabilidad esenciales a la arquitectura en general. Además, es importante señalar que este enfoque también es aplicable a los muros de mampostería arriostrados. Estos muros pueden incorporar una amplia gama de componentes, incluidos, entre otros, tabiques, vallas y parapetos. Estos elementos están diseñados para ofrecer un soporte estructural esencial o para crear divisiones dentro de un espacio.
Ventajas	Hay muchos beneficios significativos y notables asociados con este material en particular que vale la pena destacar. Para empezar, presenta una notable uniformidad dimensional, lo que garantiza que las medidas y formas sean consistentes y confiables en todo el producto. Además, presenta una cantidad muy leve de deformación o, en ciertos casos, ninguna deformación en absoluto, lo que suele ser un problema frecuente que se encuentra con varios otros materiales. Además, garantiza que la tasa de absorción se mantenga cómodamente dentro de los límites regulatorios establecidos, lo que implica que no hay necesidad de pre-saturación para controlar y manejar eficientemente niveles elevados de succión. El material en cuestión se destaca por su porcentaje significativamente reducido de contracción y desperdicio, una cualidad que se puede atribuir principalmente a su notable dureza y durabilidad. En cuanto a los aspectos relacionados con la seguridad y el confort, este producto está diseñado con un notable nivel de resistencia al fuego, lo que lo posiciona como una opción segura para una amplia gama de aplicaciones. Además, ofrece excelentes propiedades de aislamiento acústico, minimizando eficazmente la transmisión de ruido para un ambiente más tranquilo. En última instancia, este enfoque particular presenta el beneficio significativo de un uso reducido de mortero de fraguado, lo que a su vez contribuye a convertirlo en una opción más rentable para diversos proyectos de construcción.
Dimensiones	Ancho: 13 cm Largo: 9 cm Alto: 22 cm
Peso	4,5 kg/Und.

Nota. Tomado de *Ficha técnica ladrillos de concreto*, UNICON, 2023, p.2.

- **Unidades alveolares**

Las unidades en forma de panal son componentes de construcción altamente especializados que están diseñados específicamente con una configuración estructural única. Este diseño se caracteriza por la presencia de huecos o espacios importantes, que están dispuestos de manera intrincada para correr perpendicularmente a las superficies que brindan soporte a estas unidades. Algunos ejemplos ilustrativos de estas categorías particulares de materiales de construcción incluyen artículos como bloques de arcilla, que se fabrican a partir de arcilla natural, bloques de sílice y cal, hechos de una mezcla de sílice y cal, y bloques de hormigón, que se componen de cemento y agregados. Los diversos elementos a los que se hace referencia en este contexto se utilizan con frecuencia en el proceso de construcción de estructuras de mampostería reforzada (San Bartolomé, y otros, 2018).

Estas estructuras suelen estar rellenas de lechada, una mezcla que sirve para mejorar su resistencia y estabilidad general, haciéndolas más duraderas y capaces de soportar mayores cargas. Es fundamental destacar y recalcar la importancia de que estos materiales o elementos específicos se eviten por completo en la construcción de edificios que utilicen técnicas de mampostería confinada, debido a su potencial inherente de fracturarse, romperse o desmoronarse bajo el estrés y las fuerzas ejercidas por actividades sísmicas o movimientos de tierra. La investigación realizada por (San Bartolomé, y otros, 2018) revela descubrimientos importantes y dignos de mención que poseen una importancia considerable.

De acuerdo con las directrices señaladas en la norma E-070, se establece claramente que los ladrillos a que se hace referencia pueden construirse como bloques sólidos o diseñarse como unidades huecas. El diseño de estos ladrillos incorpora celdas especializadas que están diseñadas específicamente para poseer las dimensiones precisas necesarias para albergar eficazmente los elementos de refuerzo verticales dentro de su estructura. Además, es importante señalar que estos ladrillos en particular están destinados a ser utilizados en la construcción de muros reforzados. Esta especificación se detalla en las directrices señaladas en el documento mencionado como (NTP E.070, 2006).

- **Unidades tubulares**

Este tipo particular de ladrillo se caracteriza por la presencia de orificios que corren paralelos a la superficie destinada a la colocación de asientos, tal como lo describe

la norma NTP 331.017, publicada en 2015. En esta categoría específica se encuentran los ladrillos para pandereta, los cuales se distinguen por su diseño distintivo que presenta una serie de perforaciones dispuestas estratégicamente paralelas a la superficie que se destina a sostener el asiento. Estos tipos específicos de unidades son particularmente adecuadas para la construcción de muros no portantes, lo que las convierte en una excelente opción para dichos proyectos. Sin embargo, es fundamental destacar que un error frecuente que suelen cometer las personas es aplicar incorrectamente estas unidades específicas durante el proceso de construcción de muros de carga en estructuras residenciales, como lo destaca la investigación realizada por (San Bartolomé, y otros, 2018).

Los ladrillos de pandereta se utilizan con frecuencia en el proceso de construcción de tabiques, que son esencialmente paredes livianas que cumplen una función crucial al crear separaciones claras entre las distintas habitaciones dentro de una sala de estar residencial. Estas paredes delgadas desempeñan un papel vital en la mejora de la funcionalidad y la organización del espacio, lo que permite una división más efectiva de las diferentes zonas de estar dentro de una casa. Estos tabiques tienen la capacidad de soportar su propio peso sin problemas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no están diseñados para soportar la carga de toda la estructura en la que se encuentran. Además, carecen de las características de diseño necesarias para resistir las fuerzas producidas por la actividad sísmica, incluidos, entre otros, los terremotos.

La ilustración que se puede encontrar en la sección siguiente muestra un ladrillo de arcilla cilíndrico, que es ampliamente reconocido en la industria con el nombre de pandereta. Este artículo en particular ha sido producido por la prestigiosa y respetada empresa conocida como LARK Bricks, que es reconocida por su artesanía de calidad en la fabricación de ladrillos.

Figura 7.

Ladrillo tubular-pandereta



Nota. Tomado de *Ficha técnica ladrillo pandereta*, LARK, 2023, p.1

Las características de este ladrillo producido por la empresa LARK se muestra en la Tabla 10:

Tabla 10.

Características de ladrillo pandereta LARK

Características generales		
Denominación del Bien: PANDERETA ACANALADA		
Denominación técnica: PANDERETA ACANALADA		
Grupo/clase/familia: CONSTRUCCIONES DE TABIQUERIA		
Dimensiones (mm): Alto (90), Ancho (105), Largo (230)		
Peso: 1,90 kg		
Características técnicas		
DE LOS TIPOS DE LADRILLOS		
Según la Norma NTP 399.613:2005 - 339.604 - 399.604 este ladrillo corresponde:		
Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.		
Características físicas		
	Según NTP	Según muestra
Variación de la dimensión (mm)	+2,0	+2,0
Alabeo (mm)	2	1
Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	36,0	39,8
Absorción (%)	<22	13,00
Eflorescencia	No eflorescente	No eflorescente

Nota. Tomado de *Ficha técnica ladrillo pandereta*, Ladrillos LARK, 2023, p.1.

B. Mortero para ladrillos

El mortero es un material de construcción esencial que desempeña un papel fundamental en la industria de la construcción, ya que se utiliza para unir diferentes tipos de unidades de mampostería, como ladrillos y piedras. De este modo, garantiza una conexión sólida y fiable entre estas unidades, sujetándolas de forma eficaz tanto si están dispuestas horizontal como verticalmente. Esta sustancia adhesiva no solo contribuye a la integridad estructural de diversas construcciones, sino que también influye en el aspecto estético general de la obra de mampostería. La información proporcionada se corrobora además con los resultados que se detallan en el documento estándar conocido como (NTP E.070, 2006), que fue publicado en el año 2006.

En el complejo proceso de construcción, el mortero cumple una función esencial y fundamental, ya que no solo funciona como un agente aglutinante que mantiene unidas de forma segura las distintas unidades de mampostería, sino que también desempeña un papel vital en la conexión e integración de materiales adicionales que sirven como refuerzo. Estos materiales complementarios mejoran significativamente la eficacia, la estabilidad y la durabilidad generales de todo el sistema de construcción, lo que garantiza que la estructura se mantenga firme en diversas condiciones durante un período prolongado.

El objetivo principal del mortero en el ámbito de la construcción es ofrecer soporte estructural y una fuerte unión adhesiva entre las distintas unidades de mampostería, incluidos, entre otros, los ladrillos y las piedras. Este material esencial desempeña un papel crucial para garantizar la estabilidad y la durabilidad de las paredes y superficies

construidas. Esta función crucial se logra y se lleva a cabo de manera efectiva debido al hecho de que el mortero sirve como un elemento vital en el proceso de construcción, poseyendo las propiedades necesarias y asegurando un desempeño confiable durante las distintas etapas de construcción y montaje. Además de desempeñar un papel importante en la influencia de las propiedades y características estructurales de la mampostería, el objetivo principal del mortero es disminuir la permeabilidad del material. Este aspecto es, sin duda, vital para garantizar la longevidad y la integridad general de la estructura construida (Concreto-ASOCRETO, 2010).

En resumen, el mortero se puede definir como una mezcla meticulosamente elaborada que incluye una variedad de diferentes tipos de agentes aglutinantes, que se combinan cuidadosamente con materiales agregados finamente triturados para lograr la consistencia y la resistencia deseadas para fines de construcción. El procedimiento en cuestión implica la incorporación de la máxima cantidad de agua que se pueda aprovechar, lo que conduce a la formación de una mezcla que no sólo es manejable y fácil de trabajar, sino que también presenta importantes propiedades adhesivas, lo que la hace adecuada para diversas aplicaciones. Esta práctica garantiza que todos los componentes permanezcan mezclados de manera uniforme, evitando que las partículas más grandes se separen y dando como resultado un producto final que es eficaz en su rendimiento y de naturaleza cohesiva. Los distintos constituyentes que constituyen el mortero, tal y como se describen y definen en la Norma E.070, engloban los siguientes componentes clave:

Materiales aglomerantes: Se utilizará cemento Portland estandarizado o una combinación de cemento adicional junto con cal hidratada normalizada, de acuerdo con las normas técnicas pertinentes establecidas por la normativa peruana.

Agregado fino: El tipo de arena que se requiere utilizar debe poseer una textura gruesa y ser de origen natural, asegurándose que esté libre de cualquier material orgánico o sales. Además, es imprescindible que esta arena cumpla con las características específicas que se indican en la Tabla 11 que se proporciona como referencia.

Tabla 11.

Granulometría de la arena gruesa

MALLA ASTM % QUE PASA	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Nota. Tomado de Norma técnica E.070. Albañilería, 2006, p.16.

Hay varios factores importantes que uno debe tener en cuenta y recordar a medida que avanzamos con nuestro proceso de discusión o toma de decisiones, que incluyen los siguientes puntos:

- La cantidad de arena que se mantiene entre dos mallas sucesivas no debe exceder el cincuenta por ciento del total general.
- El índice de finura del material que estamos evaluando debe estar dentro del rango específico de 1,6 a 2,5 para garantizar una calidad y un rendimiento óptimos.
- Se ha establecido un límite tal que no más del uno por ciento, en peso, de la composición total consistirá en partículas frágiles.
- No se utilizará ni incorporará la arena que se recoja del océano o de zonas costeras.

Agua: El agua destinada a ser utilizada en el mortero es segura para el consumo, es decir, es agua potable completamente libre de sustancias nocivas, incluidos ácidos, álcalis y materiales orgánicos que podrían comprometer su calidad.

Según las especificaciones recogidas en la norma E.070, los morteros se clasifican en dos clasificaciones distintas: NP, que significa no portante, y P, que significa portante. Las proporciones específicas de estos diferentes tipos de morteros se determinan y organizan según la Tabla 12 que se proporciona a continuación:

Tabla 12.

Tipos de mortero

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-----	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota. Tomado de *Norma técnica E.070. Albañilería*, 2006, p.17.

2.2.4. Componentes en la elaboración del concreto

A. *Cemento Pórtland:*

El cemento Portland es una variedad particular de material de construcción que se produce mediante la mezcla cuidadosa de una variedad de componentes diferentes. Este proceso implica la incorporación de sustancias calcáreas, que consisten principalmente en cal, así como elementos a base de arcilla. Además, la fórmula incluye varios otros materiales esenciales que son necesarios para lograr las propiedades deseadas del cemento, como óxido de hierro, sílice y alúmina. Juntos, estos ingredientes

trabajan armoniosamente para dar como resultado un producto resistente y duradero que se usa ampliamente en el campo de la construcción. Las distintas materias primas que se utilizan en este contexto pasan por una serie de pasos de procesamiento intensos y minuciosos (Concreto-ASOCRETO, 2010).

Este complejo procedimiento incluye la aplicación de un calor considerable, que eleva las temperaturas a niveles bastante elevados. Tras esta fase de calentamiento intenso, se produce una mezcla exhaustiva de estos materiales con yeso. Esta práctica es esencial para lograr las propiedades específicas necesarias para su uso eficaz en la industria de la construcción, garantizando que cumplan con los rigurosos estándares exigidos para tales aplicaciones. El nombre fue seleccionado basándose en la notable similitud en la apariencia entre la forma endurecida del cemento y un tipo particular de piedra que está fácilmente disponible en cantidades significativas en la ciudad de Portland, que se encuentra en Inglaterra. El cemento posee una capacidad extraordinaria para iniciar el proceso de fraguado y solidificación al interactuar con el agua, lo que desencadena una fascinante serie de reacciones químicas conocidas como hidratación. Esta transformación permite que el polvo inicialmente seco se transforme en un material resistente y duradero, esencial para la construcción y diversas aplicaciones de edificación (Concreto-ASOCRETO, 2010).

El cemento Portland es un material muy fino y en polvo que normalmente tiene un color grisáceo. Sin embargo, en determinadas circunstancias, puede presentar un sutil tono verdoso que le añade una ligera variación a su aspecto habitual. En el hermoso y diverso país de Perú, es bastante común que los consumidores encuentren estos artículos particulares disponibles para su compra. Por lo general, se venden en bolsas que pesan un total de 42,5 kilogramos. Sorprendentemente, cada una de estas bolsas también tiene una capacidad de volumen que equivale aproximadamente a un pie cúbico, lo que las convierte en una opción conveniente para los compradores que buscan esa cantidad específica. En circunstancias en las que no se puede obtener fácilmente la gravedad específica exacta del cemento o simplemente se desconoce, se considera razonable adoptar un valor de gravedad específica supuesto de 3,15 para fines de estimación. Este enfoque se menciona en el trabajo de (Flavio, 2009). Es posible realizar una clasificación eficaz del cemento Portland utilizando la Tabla 13 que se presenta en la siguiente sección de este documento.

Tabla 13.

Tipos de cemento Pórtland

Tipo	Características
Tipo I	Es el cemento estándar utilizado en la construcción de hormigón convencional, salvo requisitos específicos para uno de los cuatro tipos alternativos de cemento.
Tipo II	Este tipo particular de cemento se emplea en aplicaciones de concreto especializadas, específicamente aquellas sujetas a una exposición moderada a sulfatos o aquellas que requieren una liberación moderada de calor durante el proceso de hidratación.
Tipo III	El cemento tipo III produce hormigón que alcanza una resistencia comparable en un período de tres días, lo que equivale a la resistencia lograda por el hormigón que utiliza cemento tipo I o tipo II después de un período de 28 días. Al principio muestra un alto nivel de resistencia.
Tipo IV	El cemento tipo IV se caracteriza por su capacidad de producir un bajo calor de hidratación.
Tipo V	Este material es apropiado para aplicaciones que involucren estructuras sometidas a agua con elevadas concentraciones de álcali o agua de mar, debido a su notable resistencia a la degradación por sulfatos.

Nota. Adaptado de *Tecnología del concreto*, Abanto, 2009, p.17.

B. Agua:

Cuando se trata del proceso de preparación de mezclas de hormigón, es absolutamente esencial asegurarse de que el agua utilizada sea completamente pura y libre de cualquier forma de contaminación. Lo ideal es que el agua que se haya elegido específicamente para este propósito particular sea potable, es decir, que sea segura para que las personas la beban y la consuman sin ningún problema de salud. Este aspecto es extremadamente importante ya que el agua utilizada debe estar completamente libre de cualquier sustancia perjudicial o elemento dañino que tenga el potencial de afectar negativamente la integridad estructural y la calidad general de la mezcla de concreto. En particular, es esencial que la mezcla esté completamente libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos o cualquier otra sustancia potencialmente dañina que pueda socavar tanto la calidad como la durabilidad a largo plazo del propio material de hormigón (NTP E.070, 2006).

El agua que se añade a la mezcla de hormigón cumple tres funciones principales y esenciales que son vitales para la integridad general del producto final. Para empezar, participa en una reacción química con el cemento presente en la mezcla, que es fundamental para el proceso de hidratación. Esta reacción desempeña un papel importante en el desarrollo de la resistencia y dureza del hormigón a medida que se cura y madura con el tiempo, mejorando en última instancia su durabilidad e integridad estructural. Además de sus funciones principales, también cumple la importante función de lubricante, lo que mejora significativamente la trabajabilidad general de la mezcla de hormigón. Esta mejora facilita una serie de procesos, haciendo que sea mucho más sencillo y eficiente mezclar, transportar y, en última instancia, verter el hormigón según sea necesario. En conclusión, cumple una función crucial al establecer

una estructura de huecos adecuada dentro de la pasta, garantizando que haya suficiente espacio asignado para la formación y el desarrollo adecuado de los productos de hidratación. Esta atención cuidadosa a la estructura de huecos mejora en consecuencia la durabilidad general y la integridad estructural de la pasta, lo que en última instancia da como resultado un producto final más resistente. concrete (Pasquel Carbajal, 1998). En este contexto particular, el objetivo principal de la cantidad de agua que se añade a la mezcla es mejorar su trabajabilidad general, facilitando así un proceso más suave y cómodo para su manipulación.

La Tabla 14 proporciona una descripción completa e información detallada sobre las concentraciones máximas permitidas de una variedad de diferentes sustancias que pueden estar presentes en el agua destinada a su uso en la producción y fabricación de hormigón.

Tabla 14.

Valores máximos admisibles de sustancias en el agua

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Nota. Tomado de *Tecnología del concreto*, Abanto, 2009, p.21.

C. *Agregados*

Está compuesto por un conjunto de partículas que pueden surgir como resultado de fenómenos naturales o de métodos artificiales, y estas partículas poseen la capacidad de ser procesadas o alteradas de diversas maneras. A estas partículas específicas a menudo se les denomina con otro término, que es el de agregados (NTP 400.011, 2001).

a) **Clasificación de los agregados**

i. **Por su composición granulométrica**

Agregado grueso: Representa la suma completa del material que ha sido retenido o atrapado en el tamiz estandarizado con un tamaño de apertura de 4,75 milímetros, al que a menudo se le denomina N° 4 que se adhiera a los umbrales específicos que han sido delineados en el documento NTP 400.037, los cuales pueden surgir del proceso natural de desintegración o de métodos artificiales que

conducen a la ruptura del material rocoso, como se hace referencia en la NTP 400.011, publicada en el año 2001 (NTP 400.011, 2001).

Agregado fino: El agregado fino se puede describir como un material diseñado meticulosamente que se origina a partir de la desintegración natural o el procesamiento sintético de varios tipos de rocas o piedras. Este tipo de agregado se selecciona teniendo en cuenta cuidadosamente su tamaño de partícula específico y está diseñado para pasar fácilmente a través de un tamiz estándar que tiene una abertura que mide 9,5 milímetros de diámetro (aproximadamente 3/8 pulgadas (NTP 400.011, 2001).

La evaluación de la composición granulométrica se realiza utilizando los tamices específicos que se enumeran en la Tabla 15.

Tabla 15.

Tamices a utilizar para realizar el análisis granulométrico

Agregados	Tamices normalizados
Fino	150 µm (N° 100)
	300 µm (N° 50)
	600 µm (N° 30)
	1,18 mm (N° 16)
	2,36 mm (N° 8)
	4,75 mm (N° 4)
Grueso	9,50 mm (3/8")
	12,5 mm (1/2")
	19,0 mm 3/4")
	25,0 mm (1")
	37,5 mm (1 1/2")
	50,0 mm (2")
	63,0 mm (2 1/2")
	75,0 mm (3")
	90,0 mm (3 1/2")
	100,0 mm (4")

Nota. Tomado de la NTP 400.011, AGREGADOS. *Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones*, INDECOPI, 2008, p.7.

ii. Por su densidad

El proceso de evaluación de la composición granulométrica se realiza utilizando los tamices particulares que se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16.

Clasificación de los agregados por su densidad

Agregados	Clasificación
Agregado liviano	<p>Utilización de este material en la producción de hormigón térmicamente aislante, que es un tipo específico de hormigón diseñado para proporcionar propiedades de aislamiento térmico mejoradas.</p> <p>La categoría conocida como Grupo I está formada por áridos que proceden de materiales que han sido expandidos, entre los que se incluyen, aunque no de forma exclusiva, sustancias de uso común como la perlita y la vermiculita, entre otras. La categoría II comprende una variedad de agregados que se producen específicamente a partir de materiales que han sido sometidos a procesos de calcinación o sinterización. Esta categoría incluye una amplia gama de sustancias, como escorias de alto horno, diferentes tipos de arcillas, diatomitas, esquistos y pizarras. Además, abarca una variedad de agregados que se crean como resultado del procesamiento de diversos recursos naturales, incluidos materiales como piedra pómez, escoria y toba.</p> <p>La utilización del hormigón armado en el contexto de aplicaciones estructurales dentro de la construcción y la ingeniería.</p> <p>Los áridos tipo I son materiales que han sido producidos mediante procesos como expansión, paletización o sinterización. Estos agregados pueden incluir una variedad de sustancias, específicamente escoria de alto horno, arcillas de diatomeas y diferentes tipos de lutitas. El tipo II se refiere a agregados que se producen como resultado del procesamiento de diversos materiales naturales, que pueden incluir sustancias como piedra pómez, escoria o toba.</p> <p>Uso en unidades de mampostería.</p> <p>El tipo I está formado por áridos procedentes de diversos materiales que han pasado por procesos como expansión, paletización o sinterización. Estos materiales incluyen, entre otros, escorias de alto horno, diferentes tipos de arcillas, diatomitas y lutitas, entre otros. El tipo II está compuesto por una variedad de agregados que se obtienen mediante el procesamiento minucioso de diversos materiales naturales. Estos materiales pueden incluir piedra pómez, escoria o toba, cada uno de los cuales aporta propiedades únicas al producto final.</p> <p>El tipo III consiste en una variedad de agregados que se producen como resultado del proceso de combustión completo de materiales de carbón o coque.</p>
Agregado pesado (hormigones para protección radiactiva)	<p>1. Los agregados minerales naturales que se distinguen por su alta densidad o contenido significativo de agua consisten en una variedad de minerales, entre ellos barita, magnetita, hematita, ilmenita y serpentina, cada uno de los cuales posee propiedades únicas que contribuyen a su clasificación.</p> <p>2. Los agregados sintéticos se refieren a un grupo diverso de materiales utilizados en la construcción y la fabricación, que abarca sustancias como acero, hierro, fósforo ferroso, varios tipos de fritas de boro, junto con una variedad de compuestos a base de boro.</p> <p>3. Los agregados finos pueden estar compuestos de una variedad de materiales, que incluyen tanto arenas naturales como aquellas que se producen mediante procesos de fabricación. Además, estos agregados también pueden estar compuestos de componentes minerales que poseen una alta densidad. El agregado grueso puede estar compuesto por una variedad de materiales, que pueden incluir minerales y piedras trituradas, así como sustancias sintéticas. Además, puede constar de varias combinaciones y mezclas de estos diferentes componentes para lograr las propiedades deseadas del material.</p>

Nota. Tomado de la *NTP 400.011, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones*, INDECOPI, 2008, p.8.

i. Por la forma

En la Tabla 17 se muestra la clasificación de la forma de las partículas de los agregados.

Tabla 17.

Clasificación de la forma de las partículas de los agregados

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Redondeado	Totalmente desgastados y disminuidos en su estructura debido a los poderosos efectos de las fuerzas hidráulicas o la acción incesante de la abrasión mecánica.	Grava de río o playa; arena del desierto, de la playa o del viento
Irregular	Los bordes del material son inherentemente desiguales debido a su formación natural o se han sometido a un proceso conocido como moldeo por fricción parcial, que finalmente conduce a un acabado liso y pulido a lo largo de los bordes.	Otras gravas, pedernal de tierra o excavado
Laminar	Material que se define por tener un espesor notablemente menor en comparación con sus otras dos dimensiones, que son significativamente mayores.	Roca laminada
Angular	Posee límites claramente definidos, que se han establecido en la intersección donde se encuentran las superficies planas.	Rocas trituradas de todos tipos, escoria triturada
Alargada	Un material angular se define por poseer una longitud notablemente mayor y que supera significativamente las medidas de sus otras dos dimensiones.	

Nota. Tomado de la NTP 400.011, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones, INDECOPI, 2008, p.10.

ii. Por la textura

En la Tabla 18 se muestra la clasificación superficial de los agregados.

Tabla 18.

Clasificación de la textura superficial de los agregados

Grupo	Textura de la superficie	Características	Ejemplos
1	Vidrioso	Fractura concoidal	Pedernal negro, escoria vítrea
2	Lisa	El proceso de erosión puede ocurrir debido a varios factores, uno de los cuales es la actividad dinámica del agua, junto con la ruptura y desintegración gradual de formaciones rocosas estratificadas que se han formado naturalmente a lo largo del tiempo.	Gravas, esquisto, pizarra, mármol, algunas riolitas
3	Granulosa	La erosión puede tener lugar como resultado de diversos procesos hidrológicos y también puede verse influenciada por el deterioro o degradación de formaciones geológicas estratificadas dentro de la corteza terrestre.	Arenisca, caolita
4	Rugosa	Las características distintivas se asocian con fracturas gruesas y desiguales que se encuentran en formaciones geológicas que consisten en granos de tamaño fino a mediano, que también contienen elementos cristalinos que a menudo son difíciles de identificar o diferenciar entre sí.	Basalto, felsita, pórfido, caliza
5	Cristalina	Presenta elementos cristalinos distintivos que son claramente visibles a simple vista.	Granito, gabro, gneis
6	Panal de abeja	Este material u objeto en particular se caracteriza notablemente por la presencia de cavidades identificables y poros notables que pueden reconocerse y observarse fácilmente.	Ladrillo, pómez, escoria espumosa, ladrillo, vítreo, barro expandido

Nota. Tomado de la NTP 400.011, AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones, INDECOPI, 2008, p.11.

b) Ensayos en agregados

i. Análisis Granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico se realiza con estricto apego a los lineamientos y criterios que han sido formalmente establecidos en la norma establecida NTP 400.012. Agregados: Un examen granulométrico extenso que evalúa exhaustivamente los distintos tamaños y la distribución espacial de los materiales agregados utilizados en la construcción y otras aplicaciones.

El análisis granulométrico, método ampliamente utilizado en diversos campos, consiste en la utilización de una muestra seca de árido cuyo peso se ha medido y ya se conoce. Esta muestra se somete a un proceso de separación cuidadosamente organizado y sistemático, en el que se hace pasar a través de una sucesión de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas. Este proceso es esencial para determinar las diferentes distribuciones de tamaño de partícula dentro de la muestra de árido. El objetivo principal de este procedimiento es evaluar y analizar con precisión el rango y la distribución de tamaños de partículas que existen dentro del material agregado. Partículas. Los hallazgos que se han derivado del análisis exhaustivo realizado se utilizan para determinar si la distribución de tamaños de partículas se alinea con los estándares y criterios que se han establecido en las especificaciones técnicas pertinentes a este proyecto en particular. Además, los resultados obtenidos de este estudio proporcionan datos cruciales y esenciales que facilitarán la gestión y supervisión eficiente de los procesos de producción de agregados, de acuerdo con las especificaciones señaladas en la norma conocida como (NTP 400.012, 2001). De acuerdo a las instrucciones contenidas en el documento conocido como NTP 400.012, se ha establecido claramente que la cantidad mínima de agregado fino que se debe utilizar para los efectos de los ensayos se fija en un mínimo de 300 gramos. El proceso de determinación de la cantidad necesaria de agregado grueso se basa principalmente en los requisitos específicos que se describen en la Tabla 19.

Tabla 19.

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadrada mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
1 (2)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Nota. Tomado de la NTP 400.012, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, INDECOPI, 2001, p.9.

ii. Contenido de humedad

El examen realizado para evaluar el contenido de humedad se lleva a cabo en estricto apego a las directrices y estándares que se han establecido en el documento denominado NTP 399.185. Agregados: Este término se refiere al método estándar establecido y ampliamente reconocido que se utiliza para cuantificar el volumen total de humedad que puede evaporarse de los agregados. Esto se logra empleando un procedimiento de secado específico destinado a medir con precisión el contenido de humedad presente en estos materiales.

Esta técnica específica tiende a producir una evaluación mucho más precisa y confiable de los niveles de humedad. Esto se logra mediante el uso de una muestra de prueba que representa de manera verdadera y precisa las propiedades inherentes del material de origen del agregado original del que se deriva. La herramienta o técnica específica en cuestión se utiliza para alterar y ajustar las proporciones de los diferentes componentes incluidos en las mezclas de hormigón antes del inicio del proceso de producción real. Esta información fue citada en un documento del año 2013, que se reconoce y referencia como (NTP 399.185, 2013). El cálculo integral de la cantidad total de humedad que tiene potencial para sufrir el proceso de evaporación se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$P = 100 * \frac{W - D}{D} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

Para determinar la cantidad requerida de muestra de prueba, es esencial garantizar que se alcance la masa mínima de acuerdo con las especificaciones descritas en la Tabla 20.

Tabla 20.

Tamaño de muestra mínimo de agregado para contenido de humedad

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (N° 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0
19,0 (3/4)	3,0
5,0 (1)	4,0
37,5 (1 1/2)	6,0
50,0 (2)	8,0
63,0 (2 1/2)	10,0
75,0 (3)	13,0
90,0 (3 1/2)	16,0
100,0 (4)	25,0

Nota. Tomado de la NTP 399.185, AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, INDECOPI, 2013, p.10.

iii. **Peso unitario**

La evaluación del contenido de humedad se realiza de acuerdo con los lineamientos y especificaciones delineados en la norma NTP 400.017. Los agregados se refieren a un procedimiento de prueba estandarizado que se utiliza para medir la masa contenida dentro de una unidad específica de volumen, comúnmente denominada "peso unitario", así como para evaluar los espacios vacíos presentes dentro de los propios agregados.

El proceso de realización del procedimiento de prueba se ejecuta con el objetivo principal de evaluar con precisión el peso unitario del material agregado, independientemente de si se encuentra en un estado suelto y sin confinamientos o si se ha organizado en una disposición más compacta. Además, esta evaluación particular brinda la oportunidad de calcular los huecos o espacios vacíos que existen entre las distintas partículas. Estos huecos pueden identificarse en agregados finos, agregados gruesos o incluso en una mezcla que comprenda ambas variedades. Este análisis en particular se ha llevado a cabo utilizando el mismo enfoque metodológico y los mismos criterios que se aplicaron sistemáticamente durante todo el proceso de

prueba. El proceso de evaluación descrito en las directrices es particularmente aplicable a los materiales agregados, siempre que estos posean un tamaño máximo nominal de partícula que no exceda de 125 milímetros, de acuerdo con las especificaciones detalladas en el documento referenciado (NTP 400.017, 2011). La masa de la unidad se puede calcular utilizando la fórmula que se proporciona en la sección siguiente:

$$Pu = \frac{Ws}{v} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

Pu = Peso unitario del espécimen, en g/cm³.

Ws = Masa seca del espécimen expresado en g.

V = Volumen del espécimen, en cm³.

iv. Peso específico para agregado grueso

La evaluación destinada a identificar el peso preciso del material agregado grueso se realiza de acuerdo con las pautas integrales y los procedimientos detallados que se especifican en la norma NTP 400.021. AGREGAR. El enfoque sistemático de las pruebas estandarizadas que se emplea para evaluar y medir la densidad, la densidad relativa (a la que frecuentemente se hace referencia como gravedad específica) y la capacidad de los materiales agregados gruesos para absorber agua.

El proceso implica la inmersión cuidadosa de una muestra específica en agua durante un período prolongado, que es de aproximadamente 24 horas, aunque se permite una ligera variación que puede ir desde cuatro horas más hasta cuatro horas menos. Este meticuloso cronometraje es crucial para garantizar que cada poro dentro de la muestra se llene completamente con agua, logrando el nivel de saturación deseado. A continuación, la muestra se saca meticulosamente del agua y la humedad que se ha acumulado en la superficie de las partículas individuales se seca completamente para garantizar su eliminación completa. Posteriormente se mide el peso de la muestra con precisión y se documenta meticulosamente para su posterior análisis. Para determinar el volumen de la muestra se utiliza el método de desplazamiento de agua. Esta técnica particular implica sumergir la muestra completamente en un recipiente lleno de agua y observar atentamente cualquier cambio en el nivel del agua que se produzca como resultado (NTP 400.021, 2018).

Al medir este cambio en el nivel del agua, se puede evaluar con precisión el volumen de la muestra sumergida. En la fase final de todo el proceso, la muestra se somete a un minucioso proceso de secado en el interior de un horno controlado. Tras esta etapa de secado, se mide minuciosamente y con precisión su masa y se documenta posteriormente para su posterior análisis. Al utilizar los valores de masa que se han obtenido durante el proceso de prueba y junto con las fórmulas establecidas que son relevantes para esta metodología de prueba específica, es posible calcular varios parámetros importantes. Estos parámetros incluyen, entre otros, la densidad, que mide cuánta masa hay en un volumen determinado, la densidad relativa, que con frecuencia se denomina gravedad específica, y la tasa de absorción, que indica cuánto líquido puede absorber una sustancia durante un período de tiempo específico. perteneciente al material específico que se encuentra actualmente bajo consideración o examen. La información aquí presentada ha sido desarrollada y recopilada en pleno cumplimiento de las pautas y estándares que se establecieron como se describe en el documento identificado como (NTP 400.021, 2018).

v. Peso específico para agregado fino

La evaluación denominada prueba de gravedad específica, que se utiliza específicamente para agregados finos, se lleva a cabo siguiendo los procedimientos y estándares detallados que se han establecido en las pautas establecidas de NTP 400.022. AGREGAR. El procedimiento estándar y ampliamente reconocido que se ha establecido con el fin de medir con precisión diversas propiedades de los materiales agregados finos, centrándose específicamente en su densidad, el concepto de densidad relativa, que a menudo se conoce como gravedad específica, y sus características de absorción.

El procedimiento para realizar la prueba consiste en colocar una muestra de material agregado completamente bajo el agua durante un período de 24 horas. Es importante señalar que existe un rango aceptable de variación para este período de tiempo, que puede extenderse por 4 horas adicionales en ambos casos, lo que permite un tiempo máximo de 28 horas o un tiempo mínimo de 20 horas. El objetivo principal de este procedimiento particular es garantizar que todos los espacios o poros contenidos dentro del material agregado se llenen completamente con agua en la mayor medida posible. Una vez extraída la muestra del agua con mucho cuidado, el siguiente paso consiste en secar a fondo la superficie de las partículas para eliminar cualquier resto de humedad. Una vez finalizado este proceso, se mide con precisión la masa de las partículas y se documenta posteriormente para su posterior

análisis. Después de este paso, un segmento específico de la muestra se mueve meticulosamente a un recipiente graduado especializado, que ha sido diseñado intencionalmente para ayudar a medir con precisión el volumen del líquido o material que contiene. Esta particular medición puede realizarse mediante la aplicación de técnicas gravimétricas, que se ocupan fundamentalmente de la valoración y análisis de la masa, o bien, mediante métodos volumétricos, que sirven para medir y evaluar directamente el volumen de la muestra en estudio (NTP 400.022, 2013).

La muestra se somete a un minucioso proceso de secado dentro de un horno, y luego de este proceso, se mide cuidadosamente su masa una vez más para determinar su peso actualizado. Al utilizar los valores de masa que se han recopilado e implementar las fórmulas particulares diseñadas específicamente para esta prueba, podemos determinar de manera efectiva la densidad del material en cuestión. Además de calcular la densidad, también es posible determinar la densidad relativa del material, comúnmente conocida como gravedad específica. Además, este proceso permite la evaluación de las características de absorción asociadas con ese material específico. El procedimiento en cuestión se encuentra ampliamente descrito y detallado dentro de los lineamientos establecidos por el Programa Nacional de Toxicología, específicamente en el documento número (NTP 400.022, 2013).

2.3 Definición de términos básicos

Este proyecto de investigación abarca la definición integral de los términos que se utilizan con mayor frecuencia dentro del ámbito del estudio.

- **Absorción:** La capacidad de una unidad de mampostería para retener agua se define como una medida que cuantifica el volumen específico de agua que esta unidad en particular es capaz de absorber y retener durante el transcurso de un período completo de 24 horas (NTP 399.613, 2017).
- **Alabeo:** El objetivo principal de este examen exhaustivo es evaluar y determinar en qué medida se presenta concavidad o convexidad en las características estructurales de los ladrillos de hormigón en revisión. Los resultados que se han presentado, medidos y cuantificados en milímetros, representan un valor medio que se ha calculado a partir de las distintas mediciones realizadas (NTP 399.613, 2017).
- **Agregado fino:** Este término se refiere a un tipo de agregado que se puede encontrar en la naturaleza o puede ser creado a través de la intervención humana, proveniente de la descomposición natural o de la desintegración mecánica de varios tipos de rocas o piedras. Este

agregado en específico se caracteriza por su capacidad de pasar a través de un tamiz estandarizado de 9,5 mm, lo que equivale a 3/8 de pulgada. Además, este agregado debe cumplir con las especificaciones detalladas descritas en la norma NTP 400.037, asegurando que cumple con todos los criterios de calidad necesarios para el uso previsto (NTP 339.047, 2006).

- **Agregado grueso:** La sustancia que es recolectada y retenida por el tamiz N°4 de 4,75 mm se alinea perfectamente con los criterios dimensionales señalados en la norma técnica peruana conocida como NTP 400.037. Este tipo particular de material se obtiene a través de la descomposición y desintegración de las rocas, lo que puede ocurrir ya sea por procesos geológicos naturales o como resultado de actividades humanas que influyen en el medio ambiente (NTP 339.047, 2006).

- **Cemento Portland:** El cemento hidráulico se fabrica mediante un proceso que implica la molienda fina de clínker de cemento Portland. Este tipo de cemento suele incorporar sulfato de calcio como uno de sus componentes clave, lo que contribuye a su capacidad de fraguar y endurecerse cuando se mezcla con agua. Cuando se mezcla con agua, se forma una pasta espesa o un material adhesivo pegajoso (NTP 339.047, 2006).

- **Ladrillo de concreto:** La producción de este material en particular implica un proceso conocido como pulverización, en el que se muele finamente el clínker. Este clínker está compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos, que son componentes clave. Además, durante el proceso de molienda, se suelen añadir diversas formas de sulfato como aditivos, lo que mejora las propiedades del producto final (NTP E.070, 2006).

- **Muro portante:** Un muro que ha sido cuidadosamente diseñado y construido con el propósito específico de soportar cargas horizontales y verticales desde un nivel superior a un nivel inferior o, alternativamente, transferir directamente estas cargas a los cimientos del edificio. Estos muros sirven como un elemento crucial e indispensable dentro del marco general y el diseño arquitectónico de un edificio de mampostería, y es imperativo que mantengan una alineación vertical consistente en toda su altura (NTP E.070, 2006).

- **Muro no portante:** El término en cuestión se refiere a un tipo de pared que ha sido diseñada y construida específicamente de tal manera que es capaz de soportar no sólo su propio peso sino también cualquier carga externa que pueda aplicarse en ángulos rectos a su superficie. Esta particular clasificación de estructuras que se pueden encontrar dentro del ámbito de los muros abarca tanto los parapetos como las vallas (NTP E.070, 2006).

- **Polímeros termoplásticos:** Estos materiales, conocidos como sustancias poliméricas, poseen la notable capacidad de cambiar su forma o alcanzar una condición más maleable y

flexible cuando se exponen a temperaturas más elevadas. Según los hallazgos presentados por Askeland y sus colegas en 2017, estos materiales exhiben un potencial significativo para ser reciclados y reutilizados en diversas aplicaciones (Askeland, y otros, 2017).

- **Propiedades físicas:** Las características de un material, que abarcan aspectos como su color, flexibilidad o elasticidad, capacidad para conducir electricidad y calor, propiedades magnéticas y respuestas a la luz, normalmente se ven afectadas muy poco por las fuerzas externas que puedan ejercerse sobre él (Askeland, y otros, 2017).
- **Propiedades mecánicas:** Las cualidades y propiedades específicas de un material que determinan qué tan bien puede soportar las fuerzas que se ejercen sobre él, como su resistencia a las fuerzas de estiramiento y aplastamiento, su capacidad para soportar impactos repentinos, su durabilidad contra tensiones repetitivas, así como su rendimiento en condiciones de alta temperatura (Askeland, y otros, 2017).
- **Succión:** Esta propiedad particular evalúa y valora la eficacia con la que la unidad de mampostería es capaz de absorber agua del mortero con el que está en contacto, en un plazo de un minuto (NTP 399.613, 2017).
- **Tamaño máximo:** Esto indica el tamaño de malla más óptimo que se requiere para que la muestra completa de agregado grueso pase con éxito (NTP 339.047, 2006).
- **Tamaño máximo nominal:** Se ha utilizado el tamiz de mayor calidad disponible en esta serie particular, lo que ayuda significativamente en la retención efectiva de la muestra inicial (NTP 339.047, 2006).
- **Unidades de albañilería:** Materiales como ladrillos, que generalmente se fabrican a partir de arcilla moldeada que luego se cuece en un horno, junto con bloques construidos a partir de arcilla cocida, además del hormigón sílico-cálcico, que es un material compuesto de silicio y cal, se utilizan comúnmente en diversas aplicaciones de construcción. La estructura del objeto en cuestión puede presentar diversas formas, incluyendo, entre otras, una composición sólida, una configuración hueca, una disposición alveolar o un diseño tubular (NTP E.070, 2006).
- **Variabilidad dimensional:** El proceso de evaluación de la variación dimensional se lleva a cabo para determinar con precisión el espesor de las juntas de mortero presentes dentro de la construcción de mampostería (San Bartolomé, y otros, 2018).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

En la presente investigación se hará uso del método científico, ya que para realizar la investigación se seguirá un procedimiento sistematizado y ordenado. El método científico constituye esencialmente de cuatro pasos: formular un problema, establecer una hipótesis (donde se supone una solución al problema), instrumentar de forma rigurosa la hipótesis y analizar críticamente los resultados para confirmar o rechazar la hipótesis (Hernández Escobar, y otros, 2018).

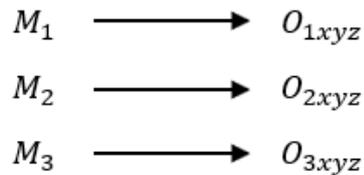
Como método particular o general se hará uso del método deductivo, ya que nos permitirá desarrollar la investigación a partir de las características generales de las teorías científicas, es decir, de las teorías a los datos que se obtendrán de la investigación. El método deductivo implica obtener explicaciones específicas a partir de conclusiones generales. Este método comienza con el análisis de postulados, teoremas, leyes y principios que tienen aplicación universal y han sido validados previamente, y se aplican a soluciones o hechos particulares (Bernal Torres, 2010).

La investigación adoptará un alcance explicativo, ya que pretende dilucidar el impacto de diferentes porcentajes de incorporación de polímeros termoplásticos en las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de hormigón. Los estudios a nivel explicativo se concentran en dilucidar las razones detrás de la ocurrencia de un fenómeno y las condiciones específicas bajo las cuales se manifiesta, así como en examinar las relaciones entre dos o más variables (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

3.2. Diseño de la investigación

El presente estudio empleará una metodología experimental, incorporando un diseño cuasiexperimental y comparativo. En un diseño cuasiexperimental, los investigadores manipulan intencionalmente una o más variables independientes para evaluar su impacto en una o más variables dependientes. Además, en los diseños cuasiexperimentales, los grupos existen antes del comienzo del experimento y funcionan como grupos intactos. El fundamento de su formación y el método de su integración son independientes de la intervención experimental (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

El estudio incluirá un grupo de control formado por unidades de mampostería que no incorporan polímeros termoplásticos, junto con tres grupos adicionales que tendrán polímeros termoplásticos integrados en concentraciones de 2%, 5% y 7%, respectivamente. La selección de porcentajes está influenciada por la literatura existente y las investigaciones previas, que indican que un aumento en el porcentaje de polímeros conduce a una reducción de las propiedades mecánicas, particularmente en términos de resistencia a la compresión. El marco de investigación para este estudio se articula de la siguiente manera:



Donde:

$M_{1,2,3}$ = Muestras

O

= Observación de las propiedades físicas y mecánicas

xyz = Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo

Procedimiento:

En principio se lleva a cabo la agregación de polímeros termoplásticos. La adquisición se realiza en diversos puntos de la ciudad de Huancayo donde los materiales plásticos son sometidos a procesos de reciclaje. De igual forma se realiza la adquisición de cemento Portland Tipo I.

La obtención de agregados finos, específicamente arena, se realiza desde la cantera Pilcomayo, ubicada a orillas del río Mantaro en la provincia de Huancayo. El agregado fino debe someterse a examen pasándolo por un tamiz de 1/2 de pulgada, y es imperativo asegurarse de que el agregado esté libre de contaminantes orgánicos o inorgánicos. El agregado se mantiene en un ambiente controlado, limpio, seco y libre de contaminantes.

Una vez obtenido el agregado fino que se encuentra en el laboratorio, se procede a realizar el análisis granulométrico de acuerdo a la NTP 400.012. Es importante señalar que el tamaño mínimo de muestra requerido para este análisis es de 300 gramos. También se realizan evaluaciones para la cuantificación de la humedad, así como valoraciones de peso unitario y peso específico. Estas pruebas se utilizarán para determinar las propiedades del agregado y contribuirán a la formulación del diseño de la mezcla.

Los diseños de mezcla se ejecutan para la muestra estándar, teniendo en cuenta una relación agua-cemento (a/c) de 0,79. El compuesto se introducirá en moldes de 7,7x12x25 cm, construidos en metal o material comparable que facilite la extracción eficiente y rápida de los ladrillos.

La fase siguiente implica la preparación de mezclas de ladrillos utilizando porcentajes variables, incorporando específicamente el tipo inicial de polímero. Se aplicarán procedimientos comparables a los restantes grupos de polímeros.

Los ladrillos se mantienen en un ambiente higienizado y árido. Según la norma de Albañilería E.070, se estipula que los ladrillos de hormigón deben someterse a un periodo de curado de siete días, seguido de la ejecución de pruebas de compresión después de una duración de veintiocho días. Este período corresponde a la etapa en la que el hormigón alcanza una resistencia sustancial.

Posteriormente, las pruebas se realizan inicialmente en las muestras de ladrillos estampados, seguidos de las muestras de ladrillos que contienen diferentes porcentajes de polímeros. Las evaluaciones físicas y mecánicas a realizarse incluyen la medición de dimensiones (variación dimensional), evaluación de alabeo, determinación de propiedades de succión y absorción, así como pruebas de resistencia a la compresión axial y resistencia a la compresión en construcciones de muros. Todas las evaluaciones se realizan de acuerdo con los estándares técnicos previamente delineados en el marco teórico.

En conclusión, al mismo tiempo que los procedimientos de prueba en curso, los resultados de cada evaluación se están documentando meticulosamente, asegurando que se mantenga una distinción clara entre los resultados obtenidos de los ladrillos estampados y los derivados de los ladrillos mejorados con polímeros. En esta fase, se mantiene un registro que documenta las fechas de las pruebas completadas y futuras, asegurando así la organización sistemática del proceso.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población se define como el conjunto de todos los individuos que poseen características similares que son pertinentes para la investigación (Bernal Torres, 2010). La muestra se elige para recopilar conocimientos sobre las variables que se examinan y representa un segmento de la población considerado representativo (Muñoz Rocha, 2015). La población de estudio estará constituida por ladrillos estampados y ladrillos que incorporen polímeros

termoplásticos como sustitutos del agregado fino, aplicados en proporciones de 5%, 10% y 15%. En concreto, los polímeros termoplásticos seleccionados para esta investigación son el Politereftalato de Etileno (PET), el Poliestireno Expandido (PS) y el Polietileno (PT). El agregado fino utilizado en este estudio es tamizado a través de una malla de 1/2 de pulgada y proviene de la cantera Pilcomayo, ubicada a orillas del río Mantaro en la Provincia de Huancayo, Departamento de Junín. La determinación del tamaño de la muestra para cada prueba se realizó de acuerdo con NTP 399.613, que especifica la cantidad mínima requerida para cada prueba. La muestra se asigna según el patrón de ladrillo, así como para cada categoría de polímero.

3.3.2. Muestra

Para seleccionar la cantidad total de los ladrillos se tomó en consideración los estudios de Astopilco A. (Astopilco, 2015) y Chero K. & Rodriguez, J. (Chero, y otros, 2020), de donde se tomaron los porcentajes de adición. En el primer estudio se observa que, para los ensayos en cuanto a la identificación y cálculo de las propiedades físicas, las muestras de ladrillo corresponden a un solo grupo; por lo que, la cantidad es reducida. Ambos estudios demuestran la variabilidad de las propiedades respecto al porcentaje de adición de los polímeros, pues mientras que en la propiedad física estas puedan ser elevadas u óptimas con un 5% de adición, la resistencia puede no ser la apropiada; mientras que, con una adición del 10%, la resistencia se adecua a lo establecido por la normativa, pero los valores de succión no, mismo caso con una adición del 15%. Entonces, es importante mencionar que las propiedades serán medidas y evaluadas de forma independiente, en base al porcentaje de adición y la propiedad que requiere ser calculada; por lo que no existe una adición “óptima” ni exacta, en su lugar, se recomienda cierto rango que se adecue a los parámetros de la normativa. En la **Tabla 21** se muestra el tamaño de muestra.

Tabla 21.

Tamaño de muestra

Ensayos	0%	Tereftalato de Polietileno (PET)			Poliestireno expandido (PS)			Polietileno (PT)			TOTAL
		5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%	
Variación dimensional, alabeo, succión y absorción.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Resistencia a la compresión axial	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
Resistencia a la compresión diagonal en murete (3 muestras con 15 ladrillos c/u).	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	450
Total	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	550
		165			165			165			

Según la Tabla 21, el tamaño de la muestra será de 550 ladrillos a base de concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección de datos

Este estudio empleará el método de observación directa como técnica de investigación. Esta técnica implica un enfoque metódico para adquirir, recopilar y documentar datos relacionados con el tema de investigación, con el objetivo de analizarlos y transformarlos en información significativa (Espinoza Montes, 2010).

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos consistirán de:

- Ficha de recolección de datos con los diferentes ensayos realizados.
- Formatos de prueba o ensayos estandarizados según las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Equipos, aparatos de medida: Equipos de ensayos, balanza digital, tamices cámara fotográfica, etc.

Respecto a la ficha de recolección de datos, corresponde destacar que consiste en una herramienta que facilita registrar, de manera directa, las observaciones que haga el investigador.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Variación Dimensional según el porcentaje del material usado

La Tabla 22 muestra la variación dimensional en largo, ancho y alto de diferentes materiales (PT, PET, PS) en comparación con el patrón (0%).

Tabla 22.

Resultados de la variación dimensional

			N	Media	D.E.	Máximo	Mínimo	
% V Largo	Patrón	0%	10	0,59	0,416	1,250	-0,2	
		5%	10	0,189	0,506	0,927	-0,752	
		10%	10	0,191	0,358	0,641	-0,416	
	PT	15%	10	0,216	0,312	0,801	-0,152	
		5%	10	-0,006	0,974	1,168	-1,827	
		10%	10	0,765	0,410	1,518	0,307	
	PET	15%	10	-0,064	0,427	0,573	-0,625	
		5%	10	0,485	0,456	1,050	-0,45	
		10%	10	0,627	0,412	1,350	0,13	
	PS	15%	10	0,156	0,991	1,518	-1,827	
		<hr/>						
		Patrón	0%	10	0,115	0,432	-0,521	0,833
5%	10		0,195	0,401	-0,329	0,726		
10%	10		0,203	0,477	-0,866	0,596		
PT	15%	10	0,148	0,586	-1,165	0,801		
	5%	10	-0,273	0,584	-1,081	0,767		
	10%	10	-0,552	0,605	-1,350	0,406		
PET	15%	10	-0,039	0,587	-0,882	0,805		
	5%	10	0,198	0,369	-0,208	0,833		
	10%	10	0,105	0,503	-0,444	1,042		
PS	15%	10	-0,301	0,810	-1,350	1,042		
	<hr/>							
	Patrón	0%	10	0	0,902	-1,623	1,299	
5%		10	-0,886	0,892	-2,187	-0,034		
10%		10	-3,686	1,241	-5,660	-1,839		
PT	15%	10	-7,471	0,510	-8,051	-6,714		
	5%	10	-3,424	1,251	-4,795	-1,701		
	10%	10	-2,201	0,976	-4,481	-0,912		
PET	15%	10	-0,014	0,616	-0,500	0,923		
	5%	10	0,049	0,971	-1,461	1,299		
	10%	10	-1,640	1,252	-3,883	0		
PS	15%	10	-3,417	1,150	-5,182	-1,945		

En cuanto al largo, el patrón tiene una media de 0,59. El PT muestra una disminución significativamente en comparación del patrón. La media es de 0,189 en 5% y 0,216 en 15%. El PET muestra un aumento considerable en la media de variación, alcanzando 0,765 en 10%, lo

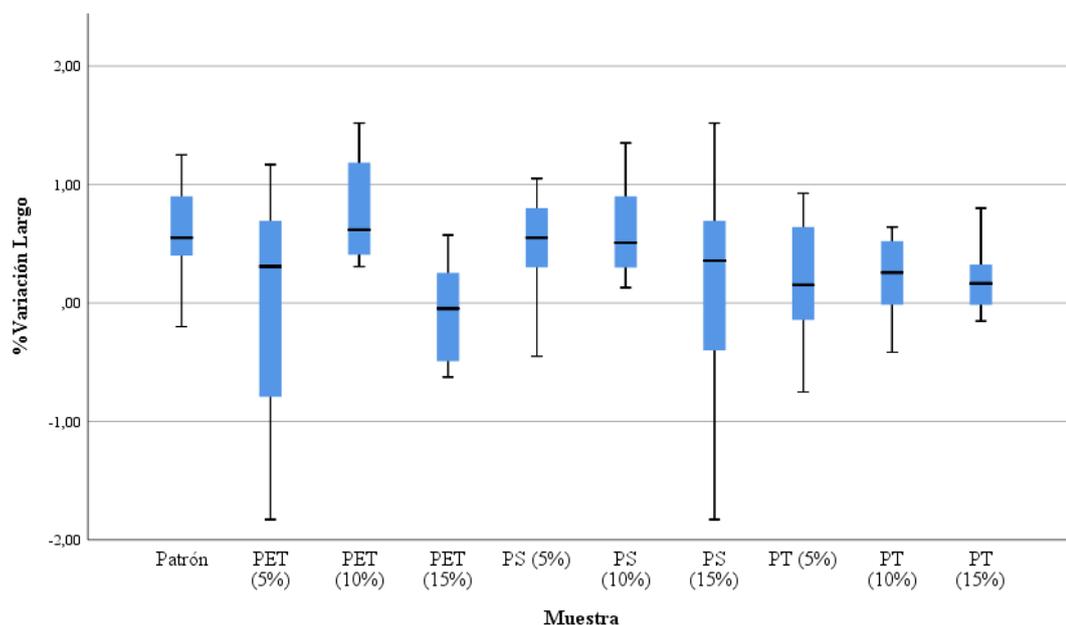
que indica cierta expansión mayor que el patrón. Así mismo, el PS, muestra una media de 0,485 en 5% y 0,156 en 15%, con variaciones que tienden a estar por debajo del promedio de la muestra patrón, excepto el compuesto por 5%.

En ancho, el patrón presenta una media de 0,115. El PT muestra variaciones ligeramente mayores a la muestra patrón, en los 3 niveles de porcentaje de uso del material. El PET tiende a contracción, con medias negativas de -0,273 en 5% y -0,525 en 10%, evidenciando una reducción en ancho destacables. El PS, presenta una variación ligeramente mayor respecto a la muestra en 0,198 en 5% y una contracción muy notable en 15% con una media de -0,301

En cuanto al alto, el patrón presenta una variación de cero en promedio, en cuando al PT existen variaciones negativas lo que se traduce en contracción y al 15% es más notable por que se contrae un 7,471. El PET mantiene el mismo comportamiento en sus 3 niveles de composición, la contracción más destacable es de 3,424 en 5%. En PS el comportamiento es mixto, dado que al 5% hay un ligero incremento en 0,049, sin embargo, en 10% y 15% hay contracciones siendo el más destacable el 15% que se contrae en 3,147.

Figura 8.

Variación del largo



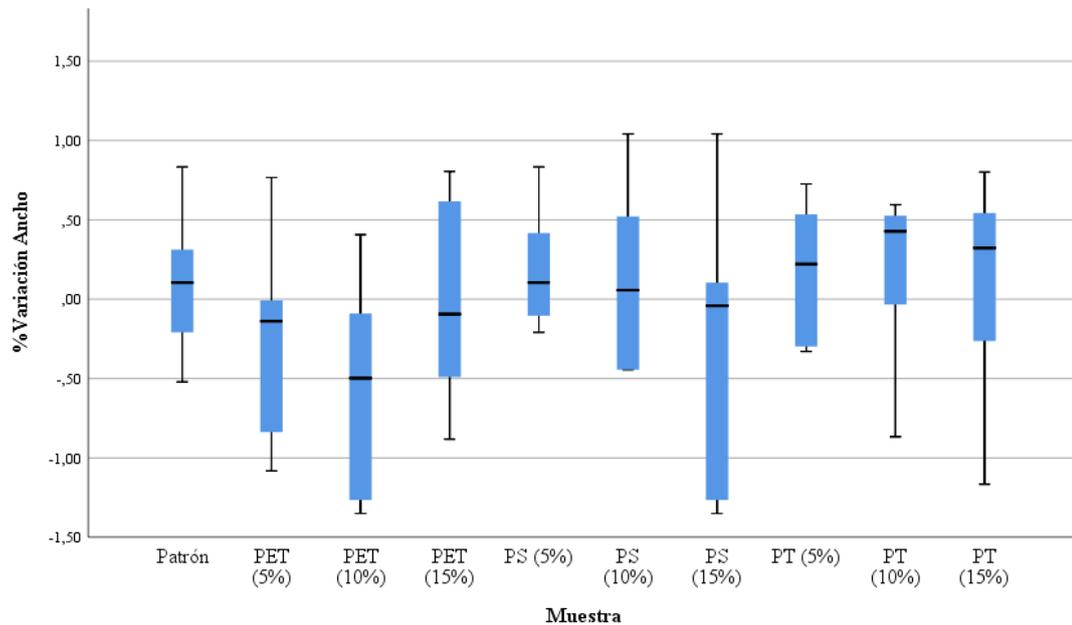
La

Figura 8 muestra que la mayoría presentan variación positiva, excepto el PET al 15%, porque este presenta cierta ligera contracción, sin embargo, todas difieren a al comportamiento

del patrón, excepto el PS al 5% y PS al 10%, quienes tienen una tendencia similar a la de la muestra patrón, pero no igual.

Figura 9.

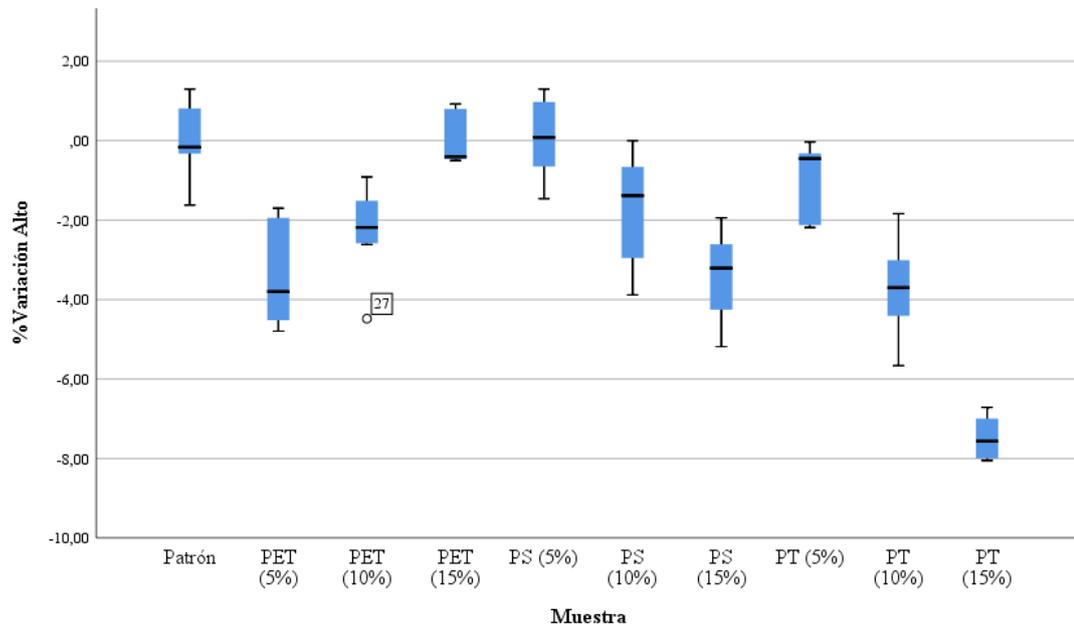
Variación del ancho



En la Figura 9 se evidencia que el ancho tiene variaciones fuertemente notables, sin embargo, notamos que la media del PS al 5% y 10% son más cercanos al promedio de la muestra patrón, y el PET al 10% es la variación negativa más alejada del promedio de la muestra patrón, del mismo modo el PT al 10% presenta una variación positiva en promedio, siendo la más alejada en la variación promedio de la muestra patrón.

Figura 10.

Variación del alto



La Figura 10 indica que todas las muestras, excepto el patrón y PS (5%), experimentan contracción en altura, con la contracción siendo más pronunciada a medida que aumenta el porcentaje en cada material. El PET al 5% presenta la mayor contracción, seguido por PT al 15%. PS al 5% se comporta de manera similar al patrón, mostrando estabilidad en altura.

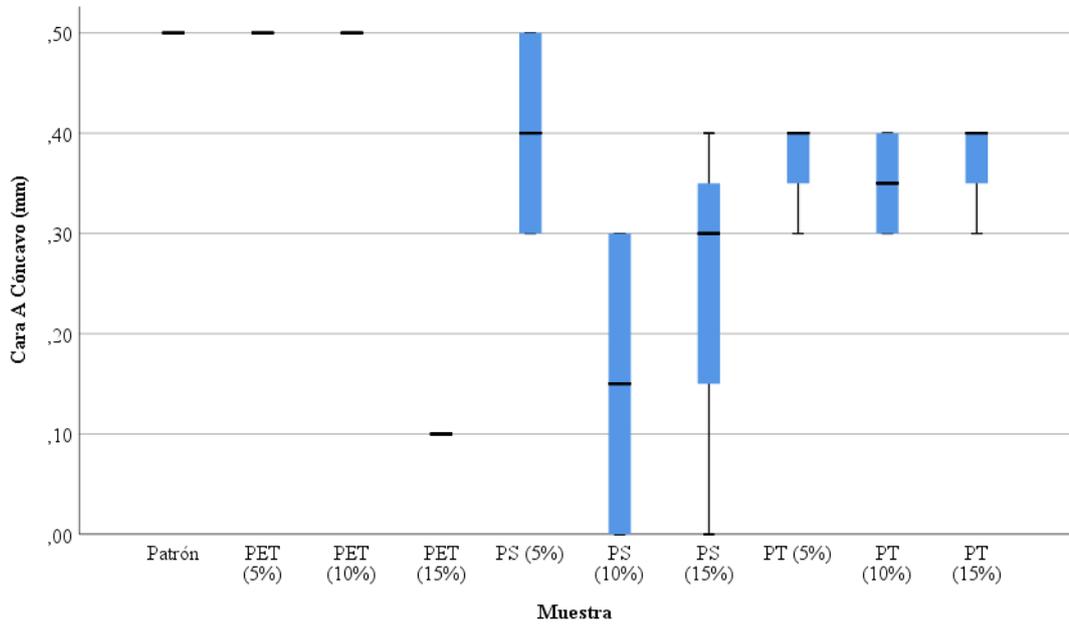
Tabla 23. Alabeo

	Cara A Cóncavo (mm)					Cara A Convexo (mm)					Cara B Cóncavo (mm)					Cara B Convexo (mm)				
	Media	N	D. S.	Mín.	Máx.	Media	N	D. S.	Mín.	Máx.	Media	N	D. S.	Mín.	Máx.	Media	N	D. S.	Mín.	Máx.
Patrón	0,5	10	0	0,5	0,5	0	10	0	0	0	1,35	10	0,35	1,1	1,6	1,24	10	0,31	0,7	1,6
PET (5%)	0,5	10	.	0,5	0,5	0,33	10	0,14	0	0,5	1,30	10	0,42	1,0	1,6	1,60	10	0,65	0,8	2,6
PET (10%)	0,5	10	.	0,5	0,5	0,24	10	0,19	0	0,5	1,55	10	0,49	1,2	1,9	1,89	10	0,35	1,5	2,6
PET (15%)	0,1	10	0	0,1	0,1	0,26	10	0,17	0	0,4	1,65	10	0,07	1,6	1,7	1,97	10	0,51	1,3	2,8
PS (5%)	0,4	10	0,14	0,3	0,5	0,13	10	0,23	0	0,5	1,40	10	0,20	1,2	1,6	1,73	10	0,40	1,2	2,3
PS (10%)	0,15	10	0,21	0	0,3	0,19	10	0,21	0	0,5	2,53	10	1,01	1,6	3,6	2,10	10	0,31	1,7	2,4
PS (15%)	0,25	10	0,17	0	0,4	0,30	10	0,24	0	0,5	3,23	10	0,83	2,3	3,9	4,01	10	0,68	3,1	4,8
PT (5%)	0,37	10	0,06	0,3	0,4	0,21	10	0,07	0,1	0,3	1,80	10	0,46	1,4	2,3	1,94	10	0,46	1,4	2,7
PT (10%)	0,35	10	0,07	0,3	0,4	0,27	10	0,07	0,2	0,4	2,75	10	0,07	2,7	2,8	3,29	10	0,97	2,3	5,0
PT (15%)	0,37	10	0,06	0,3	0,4	0,33	10	0,10	0,2	0,4	5,60	10	0,71	5,1	6,1	6,03	10	1,25	4,9	8,9

La Tabla 23 nos indica el promedio de Alabeo según el tipo de muestra, respecto a la CARA A CÓNCAVO, las medias de PET (15%), PS (15%) y PT (10%) son las que tienen menor alabeo, en comparación de la media del patrón de muestra, así mismo, en la CARA A CONVEXO, PET (10%), PS (5%) y PT (5%), son quienes presentan menor alabeo en sus medias, sin embargo, son mayores a la muestra patrón. Por otro lado, respecto a la CARA B CÓNCAVO, las medias de PET (5%), PS (5%) y PT (5%) son quienes tienen menor alabeo, siendo las 2 primeras más cercanas a la media de la muestra patrón, y la tercera la más alejada, pero la menor en su categoría. Por último, la CARA B CONVEXO, las medias de PET (5%), PS (5%) y PT (5%), son las que menor alabeo tienen, sin embargo, son ligeramente mayores a la media de la muestra patrón.

Figura 11.

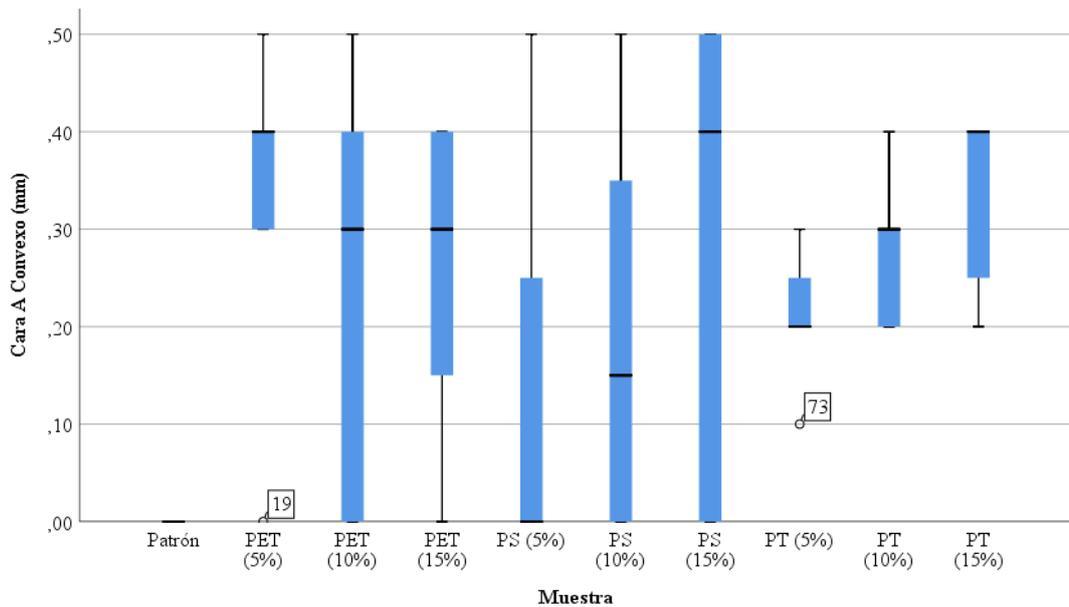
Alabeo Cara A Cóncava



En la Figura 11 se evidencia que el comportamiento de la media de las muestras es menor a alabeo de la muestra patrón, siendo el PET (15%) el que muestra menor alabeo, que el resto de muestras, así mismo, el PS (5%) tiende a ser más cercano a la muestra patrón, pero inferior en cuanto al promedio de alabeo que detallan.

Figura 12.

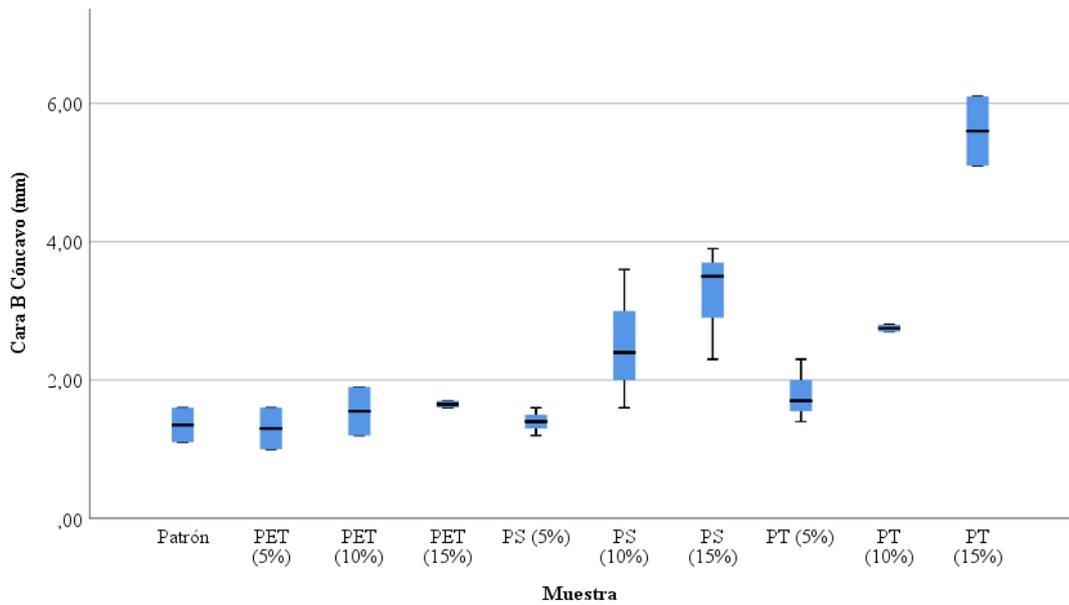
Alabeo Cara A Convexo



En la Figura 12 se muestra que el patrón de muestra es el que tiene menos alabeo, y respecto a las categorías, el PS (10%) es el que presenta menor alabeo que el resto de muestras y es el que en promedio se acerca más al patrón de muestra.

Figura 13.

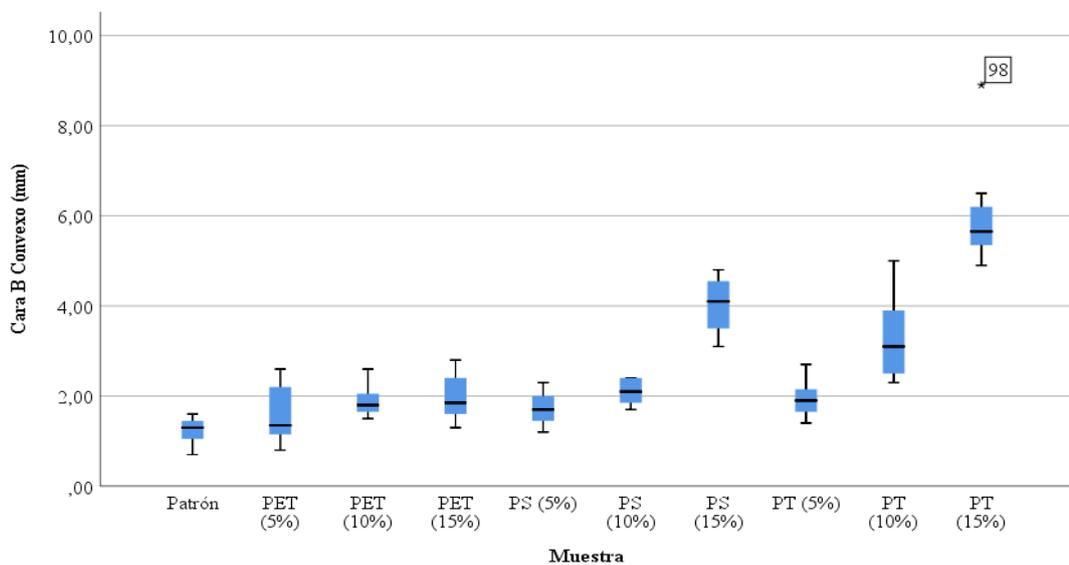
Alabeo Cara B Cóncavo



En la Figura 13 se muestra que la muestra patrón y el PET (5%) tienen similar tendencia y su vez son los que menor alabeo tienen. Por otro lado, el PT (15%) tiende a ser el que presenta mayor alabeo de toda la muestra disponible.

Figura 14.

Alabeo Cara B Convexo



En la Figura 14, se evidencia que el PET (5%) y la muestra patrón son las que tienen menor alabeo, a comparación de PET (10% y 15%), PS (5% y 10%) y PT (5%) que mantienen cierta tendencia similar a la muestra patrón.

4.1.2. Absorción – Succión - Compresión axial

A continuación, se presentan resultados que sugieren que la adición de polímeros termoplásticos en los ladrillos de concreto puede modificar significativamente sus propiedades físicas y mecánicas:

Tabla 24. *Resultados de Absorción – Succión - Compresión axial*

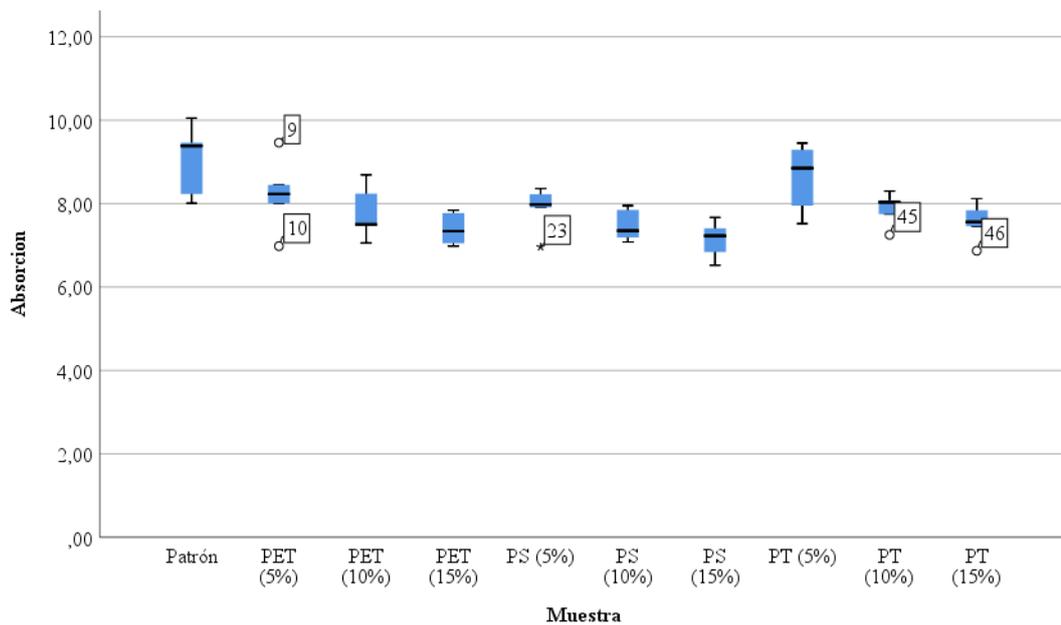
	Muestra	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Absorción	Patrón	5	9,02	0,87	8,01	10,05
	PET (5%)	5	8,22	0,89	6,98	9,46
	PET (10%)	5	7,79	0,65	7,058	8,69
	PET (15%)	5	7,39	0,39	6,98	7,84
	PS (5%)	5	7,88	0,54	6,96	8,36
	PS (10%)	5	7,48	0,394	7,08	7,95
	PS (15%)	5	7,13	0,45	6,52	7,67
	PT (5%)	5	8,61	0,84	7,52	9,45
	PT (10%)	5	7,88	0,40	7,25	8,30
	PT (15%)	5	7,57	0,46	6,87	8,12
Succión	Patrón	5	17,18	3,06	13,70	20,62
	PET (5%)	5	15,60	1,90	13,61	18,67
	PET (10%)	5	13,83	2,24	10,69	16,73
	PET (15%)	5	12,73	2,50	10,15	15,58
	PS (5%)	5	14,40	3,12	10,78	17,55
	PS (10%)	5	13,91	1,76	11,82	16,60
	PS (15%)	5	13,54	2,28	10,58	16,95
	PT (5%)	5	16,48	1,39	15,16	18,37
	PT (10%)	5	13,59	1,95	12,06	16,81
	PT (15%)	5	12,98	1,66	11,22	15,08
Resistencia	Patrón	5	183,28	3,58	178,09	187,29
	PET (5%)	5	135,02	2,59	131,76	138,49
	PET (10%)	5	160,63	3,24	157,51	164,81
	PET (15%)	5	181,75	2,39	178,17	183,66
	PS (5%)	5	155,46	3,80	151,31	161,58
	PS (10%)	5	58,01	4,24	51,75	62,49
	PS (15%)	5	44,33	3,68	38,42	48,43
	PT (5%)	5	203,60	4,88	197,60	210,53
	PT (10%)	5	176,28	3,36	172,74	179,76
	PT (15%)	5	147,70	2,16	144,08	149,56

En la Tabla 24 se tiene los resultados muestran que en términos de absorción, se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de PET y PS, la absorción disminuye,

siendo más notorio en el caso del PET al 15% con un valor de 7,39%, así la reducción en la absorción y succión al aumentar el contenido de polímeros podría estar relacionada con la menor porosidad del material, lo que puede influir en su durabilidad y resistencia a agentes externos, sin embargo, la resistencia a la compresión varía dependiendo del tipo de polímero y su concentración, lo que implica que no todos los polímeros mejoran las propiedades mecánicas de la misma manera, por ejemplo, mientras que el PT muestra una mejora en la resistencia a la compresión, el PS parece debilitar la estructura del ladrillo a porcentajes más altos, lo que podría limitar su aplicación en ciertas estructuras.

Figura 15.

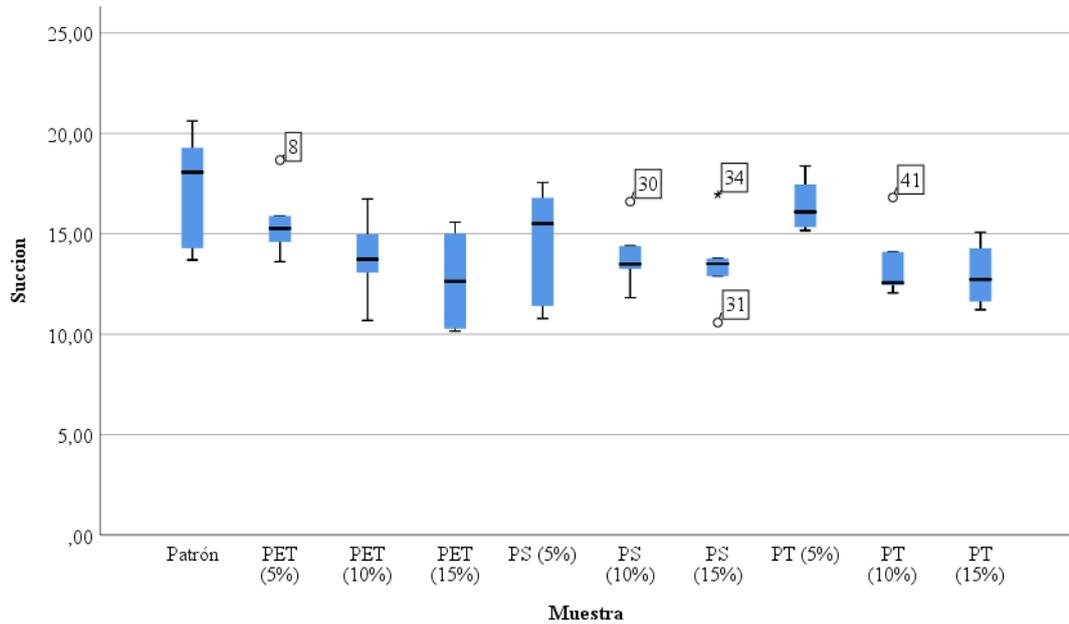
Resultados de la absorción



En la Figura 15 se señala que, la disminución de la absorción con el aumento del porcentaje de polímeros termoplásticos indica que estos materiales pueden ser efectivos en reducir la porosidad de los ladrillos de concreto, esto es relevante en términos de durabilidad, ya que un menor contenido de agua en los ladrillos se traduce en una mayor resistencia a las heladas y a la acción de agentes químicos que podrían degradar el material con el tiempo. Sin embargo, la presencia de valores atípicos también señala la necesidad de un control más riguroso durante la mezcla y la fabricación para garantizar la consistencia de las propiedades del material.

Figura 16.

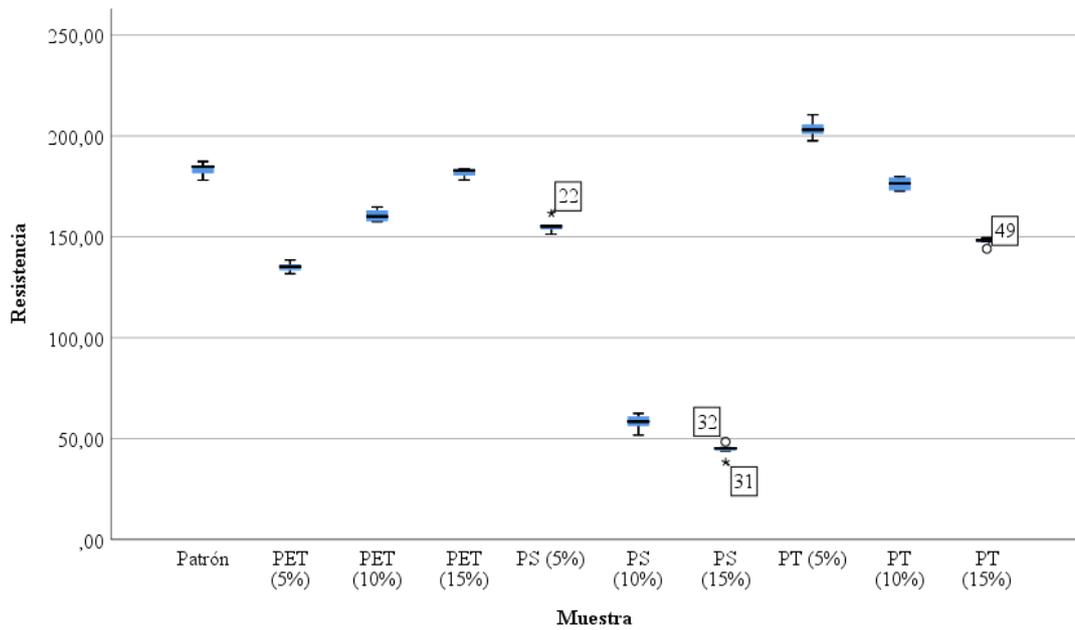
Resultados de succión



La Figura 16 muestra los valores de succión para diferentes muestras de ladrillos de concreto, con variaciones en el tipo y porcentaje de polímeros termoplásticos añadidos, al igual que con la absorción, se observa una tendencia a la disminución de la succión a medida que se incrementa el porcentaje de polímero, especialmente notable en el PET al 15%, que presenta el valor más bajo de succión (alrededor de 12,73), esta disminución en la succión puede ser atribuida a una reducción en la porosidad del material, lo que mejora su resistencia frente a la absorción de humedad y, por lo tanto, su durabilidad en condiciones de exposición a ambientes húmedos o con alta presencia de agua y la disminución de la succión es beneficiosa, ya que reduce el riesgo de deterioro por ciclos de congelación-descongelación y ataque químico, aspectos críticos en la longevidad de los materiales de construcción; no obstante, los valores atípicos presentes sugieren la necesidad de investigar más a fondo el proceso de mezcla y curado de estos ladrillos, para garantizar una mayor uniformidad en sus propiedades.

Figura 17.

Resultados de resistencia



Así, en la Figura 17 se detalla la resistencia a la compresión axial muestra cómo diferentes porcentajes de polímeros termoplásticos afectan la resistencia de los ladrillos de concreto y se observa que los ladrillos con un 15% de PET alcanzan una resistencia muy cercana a la del patrón, mostrando que este polímero en esa concentración es capaz de mantener la integridad estructural del ladrillo, esto podría estar relacionado con la forma en que el PS interactúa con la matriz de concreto, posiblemente creando discontinuidades o áreas de debilidad interna; el PT, por otro lado, parece contribuir positivamente a la cohesión interna del concreto, especialmente en bajas concentraciones, lo que podría ser explorado para aplicaciones donde se necesite un refuerzo adicional sin comprometer la resistencia.

4.1.3. Compresión diagonal

A continuación, se señala los parámetros hallados y por lo tanto se puede hacer una comparación del patrón que se tiene con indicadores que se pueda comparar tanto las características físicas en este análisis:

Tabla 25.

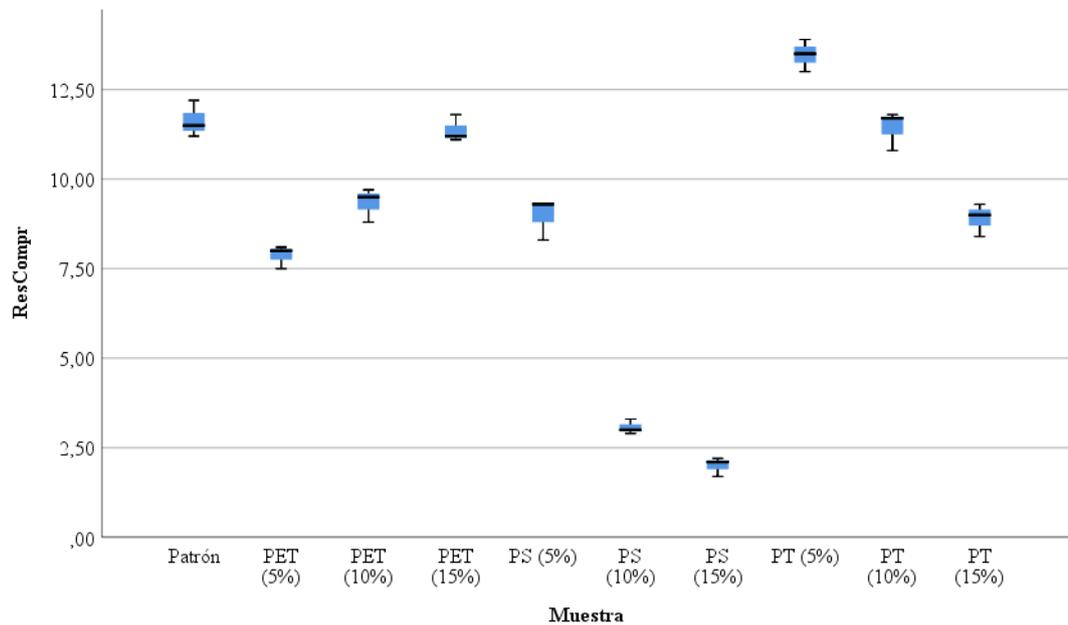
Resultados de Compresión diagonal

	Muestra	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Compresión diagonal	Patrón	3	11,63	0,51	11,2	12,2
	PET (5%)	3	7,86	0,32	7,5	8,1
	PET (10%)	3	9,33	0,47	8,8	9,7
	PET (15%)	3	11,36	0,37	11,1	11,8
	PS (5%)	3	8,96	0,57	8,3	9,3
	PS (10%)	3	3,06	0,20	2,9	3,3
	PS (15%)	3	2,00	0,26	1,7	2,2
	PT (5%)	3	13,46	0,45	13,00	13,9
	PT (10%)	3	11,43	0,55	10,8	11,8
	PT (15%)	3	8,90	0,45	8,4	9,3

La Tabla 25 se detalla resultados de compresión diagonal revela cómo la inclusión de polímeros termoplásticos afecta la resistencia a la compresión diagonal de los ladrillos de concreto, en particular, el PT al 5% muestra la mayor resistencia (13,46 kg/cm²), superando incluso al patrón (11,63 kg/cm²), el rendimiento superior del PT al 5% en la compresión diagonal podría estar relacionado con una mejor distribución interna de las tensiones, reforzando la estructura del ladrillo frente a esfuerzos de corte; sin embargo, el comportamiento del PS es preocupante, ya que sus bajas resistencias, especialmente al 15%, podrían indicar una debilidad estructural significativa que comprometería la integridad del ladrillo en aplicaciones donde se esperan cargas diagonales y se resaltan la importancia de seleccionar no solo el tipo de polímero, sino también la concentración adecuada para optimizar las propiedades mecánicas del concreto.

Figura 18.

Resultados de la resistencia a la compresión



Se señala en la Figura 18 que en la de compresión diagonal muestra cómo los diferentes polímeros y sus porcentajes afectan la resistencia del ladrillo de concreto, particularmente en una concentración baja (5%), parece mejorar la resistencia, posiblemente debido a una mejor distribución de las tensiones internas; por otro lado, el uso de PS en concentraciones más altas parece crear puntos débiles en la estructura del ladrillo, lo que podría ser consecuencia de una interacción negativa entre el polímero y la matriz de concreto se tiene que son cruciales para entender cómo optimizar la mezcla de materiales en aplicaciones donde la resistencia a cargas diagonales es crítica, y subrayan la necesidad de un control riguroso en la composición y el proceso de fabricación para garantizar que las propiedades mecánicas sean consistentes y adecuadas para el uso estructural.

4.2. Prueba de hipótesis

Se señala los siguientes pasos para el proceso de la prueba de hipótesis

- i. Hipótesis a probar:
- ii. Hipótesis estadísticas:
- iii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0,05$. Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. ANOVA

- v. Análisis de la prueba ANOVA:
- vi. Análisis del test de Scheffé:
- vii. Conclusión General:

4.2.1. Hipótesis específica 1

- i. Hipótesis a probar: Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- ii. Hipótesis estadísticas:
 - Hipótesis Nula (H_0): Los polímeros termoplásticos no provocan una variación significativa en las características físicas (largo, ancho, alto, alabeo, absorción, succión) del ladrillo de concreto.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Los polímeros termoplásticos provocan una variación significativa en las características físicas (largo, ancho, alto, alabeo, absorción, succión) del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- iii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0,05$. Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. ANOVA

Tabla 26.

ANOVA para la hipótesis general

Indicador	Característica	F	Sig.
VD	% Variación Largo	2,409	0,17
	% Variación Ancho	2,328	0,021
	% Variación Alto	54,391	0,000
Alabeo	Cara A Cóncavo (mm)	2,54	0,067
	Cara A Convexo (mm)	3,235	0,003
	Cara B Cóncavo (mm)	10,608	0,00
	Cara B Convexo (mm)	37,944	0,00
Absorción	Absorción (%)	4,294	0,001
Succión	Succión (g)	2,200	0,043

Nota. Hallado con los datos de las pruebas de laboratorio.

v. Análisis de la prueba ANOVA:

Se tiene en análisis de la Tabla 26, respecto a la variación dimensional se obtuvo que a nivel global existen diferencias de medias entre las muestras en cada una de las dimensiones según la prueba ANOVA: Largo ($F=2,409$; $p\text{-valor}=0,017$), ancho ($F=2,328$; $p\text{-valor}=0,021$) y alto ($F=54,391$; $p\text{-valor}=0,000$). No obstante, la prueba post hoc establecen que: las variaciones del largo no presentan diferencias significativas, comparándolas entre sí (debido a que existe variabilidad entre las muestras), de manera que las muestras experimentales con polímeros termoplásticos no alteran el tamaño del largo manteniéndose similar a la muestra patrón; respecto a la variación en el ancho, se ha obtenido un resultado similar al caso del largo, de manera que no existen diferencias entre el uso de polímeros termoplásticos y la muestra patrón; y en relación con la variación del alto si se encontraron diferencias significativas entre la muestra patrón con la muestra experimental obteniéndose que las variaciones de porcentaje de dosis de los polímeros termoplásticos reducen el tamaño del alto de acuerdo a las medidas solicitadas por el fabricante.

vi. Análisis del test de Scheffé:

De la *Anexo 4* del análisis de Scheffé se observa que hay diferencias significativas entre el grupo de 0% con el resto de los grupos. Asimismo, las diferencias son significativas entre el grupo de 1% con el grupo de 0%, y 0,5%; mientras que con el grupo con 0,75% de dosis, no se evidenció diferencias significativas. Finalmente, el grupo con 0,5% de dosis, en distinto con el resto de los grupos. Esto mismo se verifica en la

1. Largo

- Así, específicamente, todos los grupos, desde PET (15%) hasta PET (10%), pertenecen al mismo subconjunto homogéneo con una significancia de 0,335.

2. Ancho

- Todos los grupos, desde PET (10%) hasta PT (10%), se agrupan en un solo subconjunto homogéneo, lo que refuerza la conclusión de que el tipo y la cantidad de polímero no tienen un impacto considerable en esta dimensión.

3. Largo

- El análisis de la variación en el largo es más complejo, ya que los resultados muestran la formación de cinco subconjuntos homogéneos. Esto indica que, a diferencia del largo y el ancho, los diferentes polímeros sí afectan significativamente la altura de los ladrillos. Por ejemplo, PT (15%) se destaca con la mayor reducción en altura (-74,707), mientras que el patrón (sin polímeros) y PS (5%) muestran poca o ninguna variación.

4. Alabeo - Cara A Convexo (mm):

- Para la convexidad de la Cara A, se identifican dos subconjuntos homogéneos, el primer subconjunto incluye al patrón (sin polímeros) y algunos grupos con bajo contenido de polímero, lo que indica que estos no presentan diferencias significativas en la convexidad. Sin embargo, conforme aumenta la concentración de polímeros.

5. Alabeo - Cara A Cóncavo (mm):

- Para la concavidad de la Cara A, se identifican dos subconjuntos homogéneos, se tiene que el primer subconjunto incluye al patrón (sin polímeros) y algunos grupos con bajo contenido de polímero, lo que indica que estos no presentan diferencias significativas en la convexidad. Sin embargo, conforme aumenta la concentración de polímeros.

6. Prueba Alabeo - Cara B Cóncavo (mm):

- El análisis de la concavidad en la Cara B muestra la existencia de dos subconjuntos homogéneos. El primer subconjunto incluye a los grupos PET (5%) y Patrón, los cuales tienen las menores variaciones en concavidad. Por otro lado, el segundo subconjunto incluye a PT (15%), que muestra una variación considerablemente mayor.

7. Prueba Alabeo - Cara B Convexo (mm):

- En la convexidad de la Cara B, los resultados revelan cuatro subconjuntos homogéneos, lo que indica una considerable variabilidad en cómo los polímeros afectan esta característica. El grupo PT (15%) se destaca nuevamente con la mayor variación en convexidad, mientras que el patrón y algunos polímeros en bajas concentraciones presentan una convexidad significativamente menor. Estos resultados sugieren que el tipo de polímero y su concentración juegan un papel crucial en la formación de la convexidad en la Cara B.

8. Prueba de Absorción:

- La prueba de Scheffé para la absorción de los ladrillos identifica tres subconjuntos homogéneos. Los resultados muestran que PS (15%) tiene la menor absorción, mientras que el patrón (sin polímeros) tiene la mayor.

9. Prueba de Succión:

- Finalmente, el análisis de la succión no muestra diferencias significativas entre los grupos, con una significancia de 0,400. Esto sugiere que la incorporación de diferentes polímeros, independientemente de su tipo o concentración, no afecta de manera considerable la capacidad de succión de los ladrillos.

vii. Conclusión General:

En resumen, los resultados indican que mientras algunas propiedades del ladrillo, como la altura y las características de alabeo (concavidad y convexidad), no son significativamente afectadas por el tipo y la concentración de polímeros termoplásticos, otras propiedades, como la variación en largo, ancho y la succión, no muestran diferencias significativas, entonces estos hallazgos son cruciales para la selección de materiales en la fabricación de ladrillos, ya que permiten identificar qué propiedades son más susceptibles a ser modificadas por la incorporación de polímeros.

4.2.2. Hipótesis específica 2

- i. Hipótesis a probar: Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de la compresión axial del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- ii. Hipótesis estadísticas:
 - Hipótesis Nula (H_0): No existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de la compresión axial del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de la compresión axial del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
- iii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0,05$. Se trabajará con una confianza del 95%.
- iv. ANOVA

Tabla 27.

ANOVA para resistencia a la compresión Axial según la muestra

ANOVA		gl	Media cuadrática	F	p-valor
Resistencia de la compresión axial	Entre grupos	9	14105,434	1158,425	0,000
	Dentro de grupos	40	12,176		
	Total	49			

Nota. Hallado con los datos de las pruebas de laboratorio.

- v. Análisis de la prueba ANOVA:

Se tiene en análisis de la Tabla 27, se han obtenido hallazgos de la influencia de polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto teniendo en cuenta la resistencia a la compresión axial (kg/cm^2) y la resistencia a la compresión diagonal (kg/cm^2). Los resultados de la resistencia a la compresión axial establecieron que existen diferencias marcadas entre las muestras de laboratorio en base a la prueba ANOVA ($F=1158,425$; $p\text{-valor}=0,000$).

vi. Análisis del test de Scheffé:

Del **Anexo 4** del análisis de Scheffé la prueba de Scheffé para la resistencia axial muestra que el tipo y la concentración de polímero utilizado tienen un impacto significativo en la resistencia del ladrillo. Los grupos que contienen PS (15%) y PS (10%) presentan las resistencias más bajas, lo que indica que el uso de PS, especialmente en altas concentraciones, reduce la resistencia del material. En contraste, los grupos que contienen PT (5%), PT (10%), y PET (15%) muestran una resistencia comparable o superior al patrón, con PT (5%) destacándose como el más resistente. Estos resultados son esenciales para la selección de polímeros en aplicaciones donde la resistencia axial es crítica.

vii. Conclusión General:

En resumen, los diagramas de las cajas y las pruebas post hoc indican que el uso de Poliestireno Expandido y Polietileno en dosis mayores reduce la compresión axial, dado que le agregan más elasticidad debido al producto. De forma diferencial, el uso de bajas dosis de Polietileno ofrece una mayor resistencia a la compresión axial en comparación con la muestra patrón y que incrementar una mayor dosis de tereftalato de polietileno permite alcanzar niveles de resistencia similares a la muestra patrón de ladrillo.

4.2.3. Hipótesis específica 3

- i. Hipótesis a probar: Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.
- ii. Hipótesis estadísticas:
 - Hipótesis Nula (H_0): No existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.
- iii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0,05$. Se trabajará con una confianza del 95%.

iv. ANOVA

Tabla 28.

ANOVA para resistencia a la compresión diagonal según % de PVC añadido

ANOVA		gl	Media cuadrática	F	p-valor
Resistencia a la compresión diagonal	Entre grupos	9	41,211	217,280	0,000
	Dentro de grupos	20	0,190		
	Total	29			

Nota. Hallado con los datos de las pruebas de laboratorio.

v. Análisis de la prueba ANOVA:

Se tiene en análisis de la Tabla 28 se detalla analizando la resistencia a la compresión diagonal (kg/cm^2) en muretes se obtuvo un resultado similar a la resistencia axial de los ladrillos. La prueba ANOVA mostró la existencia de diferencias de resistencia en las muestras de polímeros termoplásticos ($F=217,280$; $p\text{-valor}=0,000$); mientras que las pruebas post hoc establecieron que mayores dosis de Poliestireno Expandido y Polietileno redujeron el nivel de resistencia en comparación con la muestra patrón. Por otra parte, un aumento en la dosis de tereftalato de polietileno permite alcanzar los niveles de resistencia similares a la muestra patrón y que dosis bajas de Polietileno ofrecen una mayor resistencia a la compresión diagonal (incluso a la de patrón).

vi. Análisis del test de Scheffé:

Del **Anexo 4** la prueba de Scheffé para la resistencia a la compresión diagonal revela que los polímeros tienen un impacto significativo y variable en la resistencia de los ladrillos. PS (15%) y PS (10%) resultan en las resistencias más bajas, lo que sugiere que el poliestireno, especialmente en altas concentraciones, es menos adecuado para mejorar la resistencia a la compresión diagonal, en contraste, PET (15%), PT (10%), y PT (5%) muestran resultados mucho más positivos, con PT (5%) logrando la mayor mejora; entonces estos hallazgos son esenciales para determinar las mejores combinaciones de polímeros y concentraciones para optimizar la resistencia a la compresión diagonal de los ladrillos, siendo PT (5%) el más recomendado por su rendimiento sobresaliente.

vii. Conclusión General:

En resumen, teniendo en cuenta los hallazgos estadísticos resulta que la aplicación de polímeros termoplásticos tiene la capacidad de modificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos principalmente en la variación dimensional, el alabeo, la absorción y la resistencia a la compresión (axial y longitudinal). Asimismo, se ha encontrado que los resultados sufren cambios a medida que se incrementan los niveles de dosis, es así que después de la evaluación se establece que niveles de dosis pequeñas de Polietileno ofrecen mejoría en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en comparación con la muestra patrón e incluso los otros tipos de polímeros termoplásticos.

4.2.4. Hipótesis General

Hipótesis a probar: Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.

Luego de evaluar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de ladrillo de concreto se ha encontrado diversos resultados respecto a cada uno de los indicadores evaluados tal como la variación dimensional (%), el alabeo (mm), la absorción (%) y la succión ($\text{g}/200\text{cm}^2\text{-min}$).

Respecto a la variación dimensional se obtuvo que a nivel global existen diferencias de medias entre las muestras en cada una de las dimensiones según la prueba ANOVA: Largo ($F=2,409$; $p\text{-valor}=0,017$), ancho ($F=2,328$; $p\text{-valor}=0,021$) y alto ($F=54,391$; $p\text{-valor}=0,000$). No obstante, la prueba post hoc establecen que: las variaciones del largo no presentan diferencias significativas, comparándolas entre sí (debido a que existe variabilidad entre las muestras), de manera que las muestras experimentales con polímeros termoplásticos no alteran el tamaño del largo manteniéndose similar a la muestra patrón; respecto a la variación en el ancho, se ha obtenido un resultado similar al caso del largo, de manera que no existen diferencias entre el uso de polímeros termoplásticos y la muestra patrón; y en relación con la variación del alto si se encontraron diferencias significativas entre la muestra patrón con la muestra experimental obteniéndose que las variaciones de porcentaje de dosis de los polímeros termoplásticos reducen el tamaño del alto de acuerdo a las medidas solicitadas por el fabricante.

Por otra parte, los hallazgos del alabeo mostraron que el nivel de concavidad de la parte superior (Cara A) resulta estadísticamente igual en cada una de las muestras ($F=2,541$; $p\text{-valor}=0,067$); sin embargo, a nivel global se encontraron diferencias significativas en la convexidad de la parte superior (Cara A, $F=3,235$; $p\text{-valor}=0,003$), en la concavidad de la parte inferior (Cara B, $F=10,608$; $p\text{-valor}=0,000$), y en la convexidad de la parte inferior (Cara B, $F=37,944$; $p\text{-valor}=0,000$). Además, analizando los resultados post hoc se encontró que las muestras no presentan diferencias significativas entre sí respecto a la convexidad de la parte superior (debido a la variabilidad); mientras que en el caso de la concavidad de la parte inferior el uso de Poliestireno Expandido (15%) y Polietileno (15%) se obtuvieron un incremento mayor en comparación con las demás muestras; y la convexidad de la parte inferior fue incrementándose a medida que se aplicó una mayor dosis de Poliestireno Expandido y Polietileno, de manera que se encontraron estas diferencias específicas.

Los resultados estadísticos de la absorción mostraron que existen diferencias significativas entre las muestras ($F=4,294$; $p\text{-valor}=0,001$) y los resultados post hoc arrojaron que a medida que se incrementan las dosis de polímeros termoplásticos el nivel de absorción se reduce y más aún cuando se alcanza un nivel de dosis de 15%. El uso de polímeros termoplásticos (ya sea tereftalato de polietileno, poliestireno expandido o polietileno) a una dosis mayor merma el grado de absorción de los ladrillos, haciéndolos relativamente más impermeables.

Y respecto a la succión, se obtuvo que las muestras, a nivel global (en base a la prueba ANOVA), tienen diferencias significativas ($F=2,200$; $p\text{-valor}=0,043$); no obstante, las pruebas post hoc indican que no existen diferencias significativas entre sí, de manera que el agregar polímeros termoplásticos no difiere notablemente de un ladrillo patrón.

Se han obtenido hallazgos de la influencia de polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto teniendo en cuenta la resistencia a la compresión axial (kg/cm^2) y la resistencia a la compresión diagonal (kg/cm^2). Los resultados de la resistencia a la compresión axial establecieron que existen diferencias marcadas entre las muestras de laboratorio en base a la prueba ANOVA ($F=1158,425$; $p\text{-valor}=0,000$). Los diagramas de las cajas y las pruebas post hoc indican que el uso de Poliestireno Expandido y Polietileno en dosis mayores reduce la compresión axial, dado que le agregan más elasticidad debido al producto. De forma diferencial, el uso de bajas dosis de Polietileno ofrece una mayor resistencia a la compresión axial en comparación con la muestra patrón y que incrementar una mayor dosis de tereftalato de polietileno permite alcanzar niveles de resistencia similares a la muestra patrón de ladrillo.

Analizando la resistencia a la compresión diagonal (kg/cm^2) en muretes se obtuvo un resultado similar a la resistencia axial de los ladrillos. La prueba ANOVA mostró la existencia de diferencias de resistencia en las muestras de polímeros termoplásticos ($F=217,280$; $p\text{-valor}=0,000$); mientras que las pruebas post hoc establecieron que mayores dosis de Poliestireno Expandido y Polietileno redujeron el nivel de resistencia en comparación con la muestra patrón. Por otra parte, un aumento en la dosis de tereftalato de polietileno permite alcanzar los niveles de resistencia similares a la muestra patrón y que dosis bajas de Polietileno ofrecen una mayor resistencia a la compresión diagonal (incluso a la de patrón).

Teniendo en cuenta los hallazgos estadísticos resulta que la aplicación de polímeros termoplásticos tiene la capacidad de modificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos principalmente en la variación dimensional, el alabeo, la absorción y la resistencia a la compresión (axial y longitudinal). Asimismo, se ha encontrado que los resultados sufren cambios a medida que se incrementan los niveles de dosis, es así que después de la evaluación se establece que niveles de dosis pequeñas de Polietileno ofrecen mejoría en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en comparación con la muestra patrón e incluso los otros tipos de polímeros termoplásticos.

4.3. Discusión de resultados

Se ha realizado la discusión de resultados teniendo en cuenta los hallazgos descriptivos, la prueba de hipótesis, los antecedentes y las bases teóricas.

El objetivo general de la investigación era determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto. Los resultados obtenidos indican que la adición de polímeros como Poliestireno Expandido (PS), Polietileno (PT) y Tereftalato de Polietileno (PET) afecta significativamente estas propiedades. Comparando con estudios anteriores, como el de Pérez (2021), se encuentra que la adición de PET mejora la resistencia a la compresión, lo que es consistente con los resultados actuales donde dosis moderadas de PET mantuvieron o mejoraron la resistencia en comparación con el ladrillo patrón. Asimismo, Lapa (2020) encontró que la adición excesiva de PS y PT reduce la resistencia a la compresión, lo que concuerda con los hallazgos presentes, destacando la importancia de la dosificación. Deraman et al. (2021) concluyeron que el PET permite mejorar las propiedades mecánicas del ladrillo. En contraste, estudios como el de Gareca et al. (2020) señaló que, aunque la adición de polímeros mejora ciertas propiedades, la reducción de la densidad y rigidez puede ser perjudicial cuando se exceden

las dosis óptimas. Teóricamente, esto se justifica por las características inherentes de los polímeros termoplásticos, que al ser materiales con menor resistencia mecánica que el concreto, pueden comprometer la integridad estructural si se usan en exceso (Monroy et al., 2019; Askeland et al., 2017). Así, los resultados de esta investigación confirman que la adición de estos polímeros puede ser beneficiosa, pero solo dentro de un rango de dosificación que no comprometa las propiedades mecánicas esenciales.

En relación con el primer objetivo específico, que busca determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de los ladrillos de concreto, los resultados muestran que la adición de estos polímeros no altera significativamente las dimensiones de largo y ancho, pero sí afecta la altura de los ladrillos. Esto coincide con lo reportado por Lima et al. (2019), quienes también observaron mínimas variaciones en largo y ancho, pero un cambio más notable en la altura al utilizar PET. Esta variación en altura puede atribuirse a la distribución interna de los polímeros en la matriz del concreto, que puede causar retracciones diferenciales durante el fraguado. Además, Pérez (2021) encontró que la adición de PET, en niveles adecuados, no afecta la variación dimensional, un hallazgo consistente con los resultados actuales. Sin embargo, en estudios como el de Núñez (2019), se observó que la adición de materiales adicionales, como el PET, puede reducir la variación dimensional en ciertos porcentajes, aunque en este estudio se encontró una reducción más significativa en la altura que en otras dimensiones. Por otro lado, Gareca et al. (2020) y Perico et al. (2020) también destacan que los ladrillos con adición de polímeros presentan propiedades físicas dentro de los límites normativos, lo que respalda los hallazgos actuales. No obstante, la reducción observada en la altura podría limitar el uso de estos ladrillos en aplicaciones donde se requiera un control estricto de las dimensiones, lo cual difiere de estudios previos que no reportaron este efecto. Así, se concluye que los polímeros termoplásticos afectan las propiedades físicas de los ladrillos, y su impacto depende en gran medida del tipo y la cantidad de polímero utilizado.

Respecto al segundo objetivo específico, que analiza la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas de los ladrillos, los resultados muestran que dosis bajas de Polietileno aumentan la resistencia a la compresión axial, incluso superando a la muestra patrón. Este resultado coincide con el estudio de Benavidez y Benavidez (2021), quienes encontraron que la incorporación de PET en ladrillos de concreto, el cual mejora su capacidad para resistir cargas. Sin embargo, dosis más altas de PS y PT reducen la resistencia, lo que también fue observado por Lapa (2020) y Marín (2020), quienes reportaron una disminución de la resistencia con una mayor adición de polímeros, probablemente debido a la reducción en la densidad y rigidez del material. Pérez (2021) también encontró que niveles

moderados de PET pueden mejorar la resistencia, pero que exceder estas dosis óptimas reduce significativamente las propiedades mecánicas, lo cual es consistente con los resultados actuales. Monroy (2020) y Núñez (2019) también destacan que la incorporación de polímeros, aunque beneficiosa en ciertos aspectos, puede comprometer la resistencia si no se controla adecuadamente la dosificación. Desde una perspectiva teórica, este comportamiento se explica porque los polímeros termoplásticos, siendo más flexibles y menos densos que el concreto, disminuyen la cohesión interna del material cuando se emplean en cantidades elevadas (Serrano et al., 2015; Askeland et al., 2017). Así, se confirma que la influencia de los polímeros en las propiedades mecánicas es positiva solo dentro de un rango limitado, más allá del cual los efectos adversos se hacen más prominentes, destacando la necesidad de una dosificación precisa para optimizar las propiedades del ladrillo.

Finalmente, en relación con el tercer objetivo específico, que se centra en la resistencia de los muretes, los resultados muestran que mayores dosis de PS y PT reducen significativamente la resistencia a la compresión diagonal, mientras que dosis adecuadas de PET permiten mantener una resistencia similar a la del ladrillo patrón. Este hallazgo es coherente con lo observado por Deraman et al. (2021) quienes encontraron que el PET permite mejorar las propiedades mecánicas del ladrillo. Sin embargo, estudios como el de Jaramillo et al. (2020) mostraron que los bloques con PET pueden ser considerados como elementos de mampostería, pero no como un elemento estructural, ya que la resistencia que lograron no fue suficiente. Pérez (2021) también destacó que, aunque el PET puede ser beneficioso en dosis moderadas, exceder estas dosis puede comprometer la resistencia, un hallazgo consistente con los resultados actuales. Lapa (2020) y Marín (2020) también observaron que la adición excesiva de PS y PT reduce la resistencia a la compresión diagonal, lo que respalda la conclusión de que el tipo y la cantidad de polímero son cruciales para mantener la integridad estructural de los muretes. Teóricamente, esto se explica por la baja rigidez y alta deformabilidad de los polímeros, que pueden comprometer la integridad estructural de los muretes cuando se utilizan en exceso (Askeland et al., 2017; Serrano et al., 2015). En general, la investigación determina que la adición de polímeros termoplásticos, en particular el PET, puede ser beneficiosa para la resistencia de los muretes, siempre que se utilicen en dosis controladas, lo que resalta la importancia de una dosificación precisa y un conocimiento profundo de las propiedades del material para optimizar su uso en la construcción.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. La investigación determinó que la inclusión de polímeros termoplásticos en los ladrillos de concreto de Huancayo, 2023, tiene una influencia significativa en sus propiedades físicas y mecánicas. Se evidenció que pequeñas dosis de Polietileno, en particular, mantienen en bajos niveles la variación dimensional y mejoran la resistencia a la compresión. Respecto a la resistencia a la compresión axial se observaron diferencias marcadas ($F=1158,425$; $p\text{-valor}=0,000$) donde bajas dosis de Polietileno ofrecieron mayor resistencia en comparación con la muestra patrón. Además, la aplicación de Poliestireno Expandido y Polietileno, a medida que se incrementa su dosis, tiende a reducir la absorción y mejora la impermeabilidad del ladrillo. Esto sugiere que los ladrillos modificados con estos polímeros pueden ofrecer una solución viable para construcciones que requieran materiales con mayor durabilidad y menor absorción, sin comprometer las dimensiones estructurales.
2. Se determinó la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de los ladrillos de concreto, además se reveló que existen diferencias significativas en la variación dimensional y en la absorción de agua. A nivel global, las pruebas ANOVA indicaron diferencias significativas en las dimensiones del alto ($F=54.391$; $p\text{-valor}=0.000$) y en la absorción ($F=4,294$; $p\text{-valor}=0,001$). No obstante, la incorporación de Polietileno y Poliestireno Expandido a dosis del 15% permitió mantener la variación en largo y ancho en niveles similares a los de los ladrillos patrón, mientras que se mejoró la resistencia a la absorción, reduciendo así la permeabilidad. Esto es crucial para mejorar las propiedades físicas sin comprometer la estructura de los ladrillos, lo que implica una mayor durabilidad en aplicaciones prácticas.
3. Los resultados indicaron que los polímeros termoplásticos influyen de manera significativa en las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto, particularmente en la resistencia a la compresión axial y diagonal. Las pruebas ANOVA mostraron diferencias significativas en la resistencia a la compresión axial ($F=1158,425$; $p\text{-valor}=0,000$). Se observó que la inclusión de dosis bajas de Polietileno mejora la resistencia a la compresión, alcanzando valores comparables o superiores al ladrillo patrón, mientras que dosis elevadas de Poliestireno Expandido reducen dicha resistencia debido a la mayor elasticidad que confieren. Estos hallazgos sugieren que la optimización de la dosificación de estos polímeros podría mejorar la resistencia mecánica de los ladrillos, lo que es vital para aplicaciones estructurales.

4. En cuanto a la influencia de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes, se concluye que su aplicación altera significativamente la resistencia a la compresión diagonal. Los análisis indicaron que dosis mayores de Poliestireno Expandido y Polietileno disminuyen la resistencia en comparación con la muestra patrón ($F=217,280$; $p\text{-valor}=0,000$). Sin embargo, se identificó que una dosis adecuada de Tereftalato de Polietileno permite mantener o incluso mejorar la resistencia en relación con los muretes convencionales, lo que sugiere un potencial uso en muros de carga, siempre que se optimice la dosificación para maximizar la resistencia y estabilidad de la estructura.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda la publicación de la presente investigación en los repositorios de la Universidad Continental e investigar la dosificación óptima de Polietileno y Poliestireno Expandido para maximizar la resistencia a la compresión y minimizar la absorción de agua. También se sugiere para futuros estudios evaluar cómo estos polímeros afectan la durabilidad a largo plazo de los ladrillos en condiciones ambientales extremas.
2. Se sugiere profundizar la relación entre la variación dimensional y la absorción de agua para identificar posibles mecanismos por los cuales los polímeros influyen en estas propiedades. Además, se recomienda comparar los resultados con otros materiales o mezclas que se utilicen en la industria para contextualizar mejor tus hallazgos.
3. En futuras investigaciones se recomienda evaluar cómo la combinación de diferentes polímeros a diversas dosis podría optimizar la resistencia a la compresión en diversas direcciones (axial y diagonal). Asimismo, se sugiere realizar estudios a escala real de muros construidos con los ladrillos modificados bajo condiciones de carga típicas, para validar la aplicabilidad de estos resultados en obras reales. Además, podrías investigar el impacto de factores externos, como la humedad o la temperatura, en la estabilidad y resistencia de los muretes.
4. Se sugiere considerar la aplicación de Polietileno en la construcción de ladrillos de concreto teniendo en cuenta una baja dosificación dentro de la mezcla, siempre que se requiere un ladrillo que tenga mayor resistencia y que sea más impermeable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández Escobar, Arturo Andrés, y otros. 2018. *Metodología de la Investigación Científica*. Primera. s.l. : Editorial Científica 3Ciencia, 2018. 978-84-948257-0-5.

Análisis de las propiedades mecánicas en bloques de cemento con incorporación de plástico, reforzado con poliestireno revestido en malla hexagonal galvanizada. **Jaramillo, Haidee, Regino, Fernando y Gómez, July. 2020.** 35, 2020, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 1, págs. 9-15. ISSN: 1692-7257.

Analysis of physical and mechanical properties of pressed concrete blocks. **Lima Barreto, José Maurício, y otros. 2019.** 2, Brasil : s.n., 2019, *Materia*, Vol. 24.

Askeland, Donald, Fulay, Pradeep y Wright, Wendelin. 2017. *Ciencia e ingeniería de materiales*. Séptima. México D.F. : Cengage Learning Editores, 2017. 978-607-526-063-1.

Astopilco, Alexander. 2015. *Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015* . Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2015.

Bernal Torres, César Augusto. 2010. *Metodología de la investigación*. [ed.] Orlando Fernández Palma. Tercera. Bogotá : PEARSON EDUCACIÓN, 2010. pág. 59. 978-958-699-128-5.

Caracterización de ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado. **Benavidez Rubio, Diana y Benavidez Núñez, Claudia. 2021.** 2, Cajamarca : s.n., 2021, *Revista Ciencia Nor@ndina*, Vol. 4, págs. 34-46. 2707-9848.

Cárdenas Gutiérrez, Javier Alfonso, Acevedo Peñaloza, Carlos Humberto y Sánchez Molina, Jorge. 2022. *Ciencia e ingeniería los materiales en la industria de construcción*. Primera. Bogotá : Ecoe Ediciones S.A.S., 2022. 78-958-503-294-1.

Chero, Karen y Rodríguez, Jhomny. 2020. *Influencia del tereftalato de polietileno adicionado al concreto en el módulo de elasticidad*. Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2020.

Concreto-ASOCRETO, Asociación Colombiana de Productores de. 2010. *Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas*. Tercera. Bogotá : s.n., 2010. 978-958-8564-03-6.

Espinoza Montes, Ciro. 2010. *Metodología de investigación tecnológica.* Huancayo : Imagen Grafica SAC, 2010. 978-612-00-0222-3.

Flavio, Abanto Castillo. 2009. *Tecnología del concreto.* Segunda. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2009. 978-612-302-060-6.

Gallegos, Héctor y Casabonne, Carlos. 2005. *Albañilería estructural.* Tercera. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.

Güemes Gordo, Alfredo y Martín Piris, Nuria. 2012. *Ciencia de materiales para ingenieros.* Madrid : Pearson educación, 2012. 978-84-8322-719-0.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* Sexta. México D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. pág. 95. 978-1-4562-2396-0.

Ladrillo de plástico comparado con el ladrillo tradicional. **Perico Granados, Néstor Rafael, y otros. 2020.** 1, Colombia : Universidad de San Buenaventura (USB), Medellín: Facultad de Ingenierías, 2020, Ingenierías USBmed, Vol. 13, págs. 56-63. 2027-5846.

Lapa Ramos, Jordy Sleyter. 2020. *Efecto del poliestireno expandido en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de concreto en la ciudad de Huancayo.* Huancayo : Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2020.

Lopez, Edy. 2023. *Influencia porcentual de la Fibras de Polietileno Tereftalato en las propiedades físico – Mecánicas de Bloques de Concreto – Huaraz - 2023.* Huaraz, Perú : Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2023. pág. 117, Tesis de pregrado.

Marín Aguilar, José Otiniano. 2020. *Resistencia Compresión axial del ladrillo de concreto con sustitución del agregado fino por papel y PET, 2020.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería. Carrera de Ingeniería Civil, 2020. pág. 309.

Monroy Vargas, Édgar Ricardo, y otros. 2019. *Conceptos básico de materiales de ingeniería.* Primera. Boyacá : Fundación Universitaria Juan de Castellanos, 2019. 978-958-8966-29-8.

Monroy Ramos, Luis Nikolay. 2020. *Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de la albañilería con ladrillos de suelo - cemento, para uso estructural en Huancayo - Junín.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020.

Muñoz Rocha, Carlos. 2015. *Metodología de la investigación*. Primera. México D.F. : Progreso S.A, 2015. 9786074265422.

Newell, James. 2010. *Ciencias de materiales. Aplicaciones en ingeniería*. Primera. México D.F. : Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2010. pág. 150. 978-607-707-114-3.

NTP 339.047. 2006. *HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*. Lima, Perú : s.n., 2006.

NTP 399.185. 2013. *AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú : s.n., 2013.

NTP 399.604. 2002. *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Primera. Lima : s.n., 2002.

NTP 399.613. 2017. *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Segunda. Lima : s.n., 2017.

NTP 399.621. 2002. *Unidades de albañilería: métodos de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. Primera. Lima : s.n., 2002.

NTP 400.011. 2001. *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú : s.n., 2001.

NTP 400.012. 2001. *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado*. Segunda. Lima, Perú : s.n., 2001.

NTP 400.017. 2011. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú : s.n., 2011.

NTP 400.021. 2018. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima : s.n., 2018.

NTP 400.022. 2013. *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. Lima : s.n., 2013.

NTP E.070. 2006. *Norma Técnica E.070 Albañilería*. Lima : s.n., 2006.

Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos.
Gareca, Mireya, y otros. 2020. 21, 2020, *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Vol. 18, págs. 25-61.

Núñez Ruiz, Kevin Alberto. 2019. *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019.

Pasquel Carbajal, Enrique. 1998. *Tópicos de tecnología del concreto.* Segunda. Lima : s.n., 1998. pág. 400.

Pérez Collantes, Diego Saul. 2021. *Influencia del plástico PET en las propiedades de ladrillos de concreto ecológicos para viviendas unifamiliares, Carabaylo – 2021.* Lima : Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2021.

Polímeros Termoplásticos como Amortecedores Estruturais Passivos: visão geral e exemplo de aplicação. **Fruet, Gustavo, Fadel Miguel, Letícia Fleck y Riera, Jorge Daniel. 2019.** 3, 2019, Sul-Americana de Engenharia Estrutural, Vol. 16, págs. 1-25. 2316-2457.

Polyethylene terephthalate waste utilisation for production of low thermal conductivity cement sand bricks. **Deraman, Rafikullah, y otros. 2021.** 3, 2021, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, Vol. 88. ISSN: 2180-1363.

San Bartolomé, Ángel, Quiun, Daniel y Silva, Wilson. 2018. *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería.* Segunda. Lima : Fondo Editorial PUCP, 2018. pág. 343. 978-612-317-366-1.

Serrano Ramos, Francisco López, Mendizábal Mijares, Eduardo y Ortega Gudiño, Pedro. 2015. *Introducción a la ciencia de los polímeros.* Primera. Guadalajara, Jalisco : Universidad de Guadalajara, 2015.

The effect of polymer waste addition on the quality of concrete composite. **Pietrzak, Alina . 2021.** Poland : Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 2021, SCIENDO, Vol. 3, págs. 326-338.

UNICON. 2023. UNICON. [En línea] Marzo de 2023. <https://www.unicon.com.pe/prefabricados/ladrillos-koncreto/>.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Consistencia

Título: INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.

Autor: Bach. GUZMÁN LOAYZA, JEAN PAUL

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología	Muestra	Técnicas e instrumentos
<p>General: ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023?</p> <p>Específicos P1. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de los ladrillos de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023? P2. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas de</p>	<p>General: Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023</p> <p>Específicos: O1. Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas de ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023. O2. Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en las propiedades mecánicas de ladrillo de</p>	<p>General: Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.</p> <p>Específicos: H1. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en las propiedades físicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023. H2. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en</p>	<p>Variable independiente: Polímeros termoplásticos -PET (Tereftalato de Polietileno) -PS (Poliestireno expandido) -PT (Polietileno)</p> <p>Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas -Propiedades físicas -Propiedades mecánicas</p>	<p>Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Método general: Científico Diseño: Cuasi experimental comparativo</p>	<p>Población: Ladrillos con adición de polímeros. 1. Polímero PET 1.1 PET 15% 1.2 PET 10% 1.3 PET 05%</p> <p>2. Polímero PS 2.1 PS 15% 2.2 PS 10% 2.3 PS 05%</p> <p>3. Polímero PT 3.1 PT 15% 3.2 PT 10% 3.3 PT 05%</p> <p>4. Sin adición</p> <p>Muestra:550 Ladrillos</p>	<p>Técnica: Observación Instrumento: Ficha de recolección de datos</p>

ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023?
P3. ¿Cuál es la influencia de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023?

concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
O3. Determinar la influencia de los polímeros termoplásticos en la resistencia en muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.

las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto en la ciudad de Huancayo, 2023.
H3. Existe una influencia significativa de los polímeros termoplásticos en la resistencia de los muretes en la ciudad de Huancayo, 2023.

Anexo 2

Matriz de Operación de Variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Propiedades físicas y mecánicas	Propiedades físicas	Variación dimensional (%)	$V=100*(Mf-Mp)/Mf$ Mf: Medida de fábrica Mp: medida promedio
		Alabeo (mm)	Medida en mm de concavidad y convexidad
		Absorción (%)	$Abs (\%) = (Ps - Psat) / Psat$ Ps: Peso seco (kg) Psat: Peso saturado (kg)
	Propiedades mecánicas	Succión (g/200 cm ² -min)	$S=200*(Ph-Ps)/Ab$ Ph: Peso húmedo Ps: Peso seco Ab: Área bruta
		Resistencia a la compresión axial (kg/cm ²)	$f^{\circ}c=P/Ab$ P: Carga máxima Ab: Área bruta
		Resistencia a la compresión diagonal en murete (kg/cm ²)	$f^{\circ}m=Pmax/Ab$ Pmax: Carga máxima Ab: Área bruta

VARIABLE	DIMENSIONES
Polímeros Termoplásticos	Tereftalato de polietileno (PET)
	Poliestireno expandido (PS)
	Polietileno (PT)

Anexo 3

Instrumento de investigación Evaluación de variación dimensional

VARIACIÓN DIMENSIONAL			CÓDIGO: LD003
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.		
ENSAYO:	Medición de dimensiones (Variación dimensional)		
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FECHA DE ENSAYO:			

$$V\% = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

V%: Variación dimensional
ME: Medida especificada por el fabricante
MP: Medida promedio

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON

Nº ladrillo	SIN ADICIÓN			---			---		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1				---	---	---	---	---	---
2				---	---	---	---	---	---
3				---	---	---	---	---	---
4				---	---	---	---	---	---
5				---	---	---	---	---	---
6				---	---	---	---	---	---
7				---	---	---	---	---	---
8				---	---	---	---	---	---
9				---	---	---	---	---	---
10				---	---	---	---	---	---
Promedio:				---	---	---	---	---	---
MP=				---	---	---	---	---	---
ME=				---	---	---	---	---	---
σ =				---	---	---	---	---	---
V%=				---	---	---	---	---	---

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET

Nº ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Promedio:									
MP=									
ME=									
σ =									
V%=									

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)									
N° ladrillo	5% DE PS			10% DE PS			15% DE PS		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Promedio:									
MP=									
ME=									
σ =									
V%=									

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PT)									
N° ladrillo	5% DE PT			10% DE PT			15% DE PT		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Promedio:									
MP=									
ME=									
σ =									
V%=									

Evaluación de Alabeo

ALABEO				CÓDIGO: LD002
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.			
ENSAYO:	Alabeo			
NORMA:	NTP 399.613	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
FECHA DE ENSAYO:				

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON												
N° ladrillo	SIN ADICIÓN				---				---			
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)										
1					---	---	---	---	---	---	---	---
2					---	---	---	---	---	---	---	---
3					---	---	---	---	---	---	---	---
4					---	---	---	---	---	---	---	---
5					---	---	---	---	---	---	---	---
6					---	---	---	---	---	---	---	---
7					---	---	---	---	---	---	---	---
8					---	---	---	---	---	---	---	---
9					---	---	---	---	---	---	---	---
10					---	---	---	---	---	---	---	---
Promedio alabeo:					---	---	---	---	---	---	---	---

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET													
N° ladrillo	5% DE PET				10% DE PET				15% DE PET				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Promedio Alabeo:													

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)													
N° ladrillo	5% DE PET				10% DE PET				15% DE PET				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Promedio Alabeo:													

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)													
N° ladrillo	5% DE PET				10% DE PET				15% DE PET				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Promedio Alabeo:													

Evaluación de absorción

ABSORCIÓN						CÓDIGO: LD005			
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.								
ENSAYO:	Absorción								
NORMA:	NTP 399.613			DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL				
UBICACIÓN:	HUANCAYO			LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL				
FECHA DE ENSAYO:									

$$Absorción(\%) = 100 \times \frac{Peso_{saturado} - Peso_{seco}}{Peso_{seco}}$$

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON										
N° ladrillo	SIN ADICION			---			---			
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción	
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio:				Promedio:				Promedio:		

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET										
N° ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET			
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción	
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio:				Promedio:				Promedio:		

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)										
N° ladrillo	5% DE PS			10% DE PS			15% DE PS			
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción	
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio:				Promedio:				Promedio:		

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PT)										
N° ladrillo	5% DE PT			10% DE PT			15% DE PT			
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción	
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	
1										
2										
3										
4										
5										
Promedio:				Promedio:				Promedio:		

Evaluación de Succión

SUCCIÓN				CÓDIGO: LD004		
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.					
ENSAYO:	Succión					
NORMA:	NTP E.070	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL			
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
FECHA DE ENSAYO:						
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; width: 150px; margin: 0 auto; padding: 10px; display: inline-block;"> $S = \frac{200 \times W}{L \times B}$ </div> <p style="margin-top: 10px;"> S: Succión normalizada en 200 cm² W: Aumento de peso (gr) L: Largo promedio de la superficie de contacto (cm) B: Ancho promedio de la superficie de contacto (cm) </p>						
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON						
N° ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm ² xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET						
5% DE PET						
N° ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm ² xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
10% DE PET						
N° ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm ² xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
15% DE PET						
N° ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm ² xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)						
5% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
10% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
15% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PT)						
5% DE PT						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
10% DE PT						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	
15% DE PT						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g/200 cm2xmin)
1						
2						
3						
4						
5						
					Promedio:	

Evaluación de resistencia a la compresión de unidades de albañilería

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				CÓDIGO: LD001
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.			
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
FECHA DE ENSAYO:				

$$f'c = \frac{Pu}{Ab}$$

$$f'b = f'cprom - \sigma$$

f'c: Resistencia a la compresión axial (kg/cm²)

f'b: Resistencia característica a la compresión axial (kg/cm²)

Pu: Carga máxima registrada (kg)

f'c prom: Resistencia promedio a la compresión axial(kg/cm²)

Ab: Área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm²).

σ : Desviación estándar

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
Desviación promedio						
desviación estandar						
Resistencia f'b (kg/cm ²)						

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET						
5% DE PET						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
Desviación promedio						
desviación estandar						
Resistencia f'b (kg/cm ²)						
10% DE PET						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
Desviación promedio						
desviación estandar						
Resistencia f'b (kg/cm ²)						

15% DE PET						
N° Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)

5% DE PS						
N° Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

10% DE PS						
N° Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

15% DE PS						
N° Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PT)

5% DE PT						
N° Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
4						
5						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

Evaluación de compresión en muretes

COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES						CÓDIGO: LD006
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.					
ENSAYO:	Compresión diagonal en muretes					
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613			DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	LIMA			LABORATORIO:	GEOCONTROL PERU SAC	
FECHA DE ENSAYO:						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 30%; text-align: center;"> $V_m = 0.70 * \frac{P}{A_b}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 30%; text-align: center;"> $A_b = \frac{(l + h)}{2} * t$ </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;"> V_m: Esfuerzo cortante sobre el área bruta (MPa) l: largo de murete (mm) P: Carga aplicada (N) h: altura del murete (mm) A_b: Área bruta del espécimen (mm²) t: espesor del murete (mm) </p>						
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON						
N° Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Resistencia promedio	
					Desviación estandar	
					Resistencia V _m (kg/cm ²)	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET						
5% DE PET						
N° Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f _b (kg/cm ²)	
10% DE PET						
N° Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f _b (kg/cm ²)	
15% DE PET						
N° Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f _b (kg/cm ²)	

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)						
5% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	
10% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	
15% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PT)						
5% DE PT						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	
10% DE PT						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	
15% DE PT						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1						
2						
3						
					Desviación promedio	
					desviación estandar	
					Resistencia f'b (kg/cm ²)	

Anexo 4
Pruebas

Prueba de normalidad: %Variación Largo - %Variación Ancho - %Variación Alto

Indicadores	Muestra	Kolmogorov-Smirnova		
		Estadístico	gl	Sig.
% Variación Largo	Patrón	0.19	10	0.200*
	PET (5%)	0.242	10	0.099
	PET (10%)	0.235	10	0.124
	PET (15%)	0.166	10	0.200*
	PS (5%)	0.143	10	0.200*
	PS (10%)	0.214	10	0.200*
	PS (15%)	0.161	10	0.200*
	PT (5%)	0.146	10	0.200*
	PT (10%)	0.161	10	0.200*
	PT (15%)	0.163	10	0.200*
% Variación Ancho	Patrón	0.173	10	0.200*
	PET (5%)	0.156	10	0.200*
	PET (10%)	0.18	10	0.200*
	PET (15%)	0.178	10	0.200*
	PS (5%)	0.2	10	0.200*
	PS (10%)	0.162	10	0.200*
	PS (15%)	0.201	10	0.200*
	PT (5%)	0.196	10	0.200*
	PT (10%)	0.282	10	0.024
	PT (15%)	0.219	10	0.192
% Variación Alto	Patrón	0.164	10	0.200*
	PET (5%)	0.251	10	0.074
	PET (10%)	0.238	10	0.116
	PET (15%)	0.328	10	0.003
	PS (5%)	0.164	10	0.200*
	PS (10%)	0.167	10	0.200*
	PS (15%)	0.166	10	0.200*
	PT (5%)	0.312	10	0.006
	PT (10%)	0.138	10	0.200*
	PT (15%)	0.186	10	0.200*

Nota. Elaborado en base a los instrumentos aplicados

Pruebas Variación Dimensional

%Variación Largo

Scheffe(a)		Subconjunto para alfa = 0.05	
Muestra	N	1	
PET (15%)	10	-0.064	
PET (5%)	10	-0.007	
PS (15%)	10	0.156	
PT (5%)	10	0.189	
PT (10%)	10	0.191	
PT (15%)	10	0.216	
PS (5%)	10	0.485	
Patrón	10	0.590	
PS (10%)	10	0.627	
PET (10%)	10	0.765	
Sig.		0.335	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

(a) Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

%Variación Ancho

Scheffe(a)		Subconjunto para alfa = 0.05	
Muestra	N	1	
PET (10%)	10	-,5523	
PS (15%)	10	-,3008	
PET (5%)	10	-,2729	
PET (15%)	10	-,0394	
PS (10%)	10	,1050	
Patrón	10	,1146	
PT (15%)	10	,1482	
PT (5%)	10	,1952	
PS (5%)	10	,1979	
PT (10%)	10	,2025	
Sig.		,408	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

(a) Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

%Variación Alto

Scheffe (a)		Subconjunto para alfa = 0.05				
Muestra	N	1	2	3	4	5
PT (15%)	10	-74,707				
PT (10%)	10		-36,856			
PET (5%)	10		-34,244	-34,244		
PS (15%)	10		-34,172	-34,172		
PET (10%)	10		-22,013	-22,013	-22,013	
PS (10%)	10			-16,399	-16,399	-16,399
PT (5%)	10				-,8859	-,8859
PET (15%)	10					-,0144
Patrón	10					,0000
PS (5%)	10					,0487
Sig.		1,000	,301	,090	,488	,139

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

(a) Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 10.000.

Cara A Convexo (mm)

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Scheffe ^{a,b}	Patrón	8	0.0000
	PS (5%)	8	0.1250
	PS (10%)	8	0.1875
	PT (5%)	7	0.2143
	PET (10%)	9	0.2444
	PET (15%)	8	0.2625
	PT (10%)	8	0.2750
	PS (15%)	6	0.3000
	PT (15%)	7	0.3286
	PET (5%)	9	0.3333
	Sig.		0.074

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7.695.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Cara B Cóncavo (mm)

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	
Scheffe ^{a,b}	PET (5%)	2	1.3000	
	Patrón	2	1.3500	
	PS (5%)	3	1.4000	
	PET (10%)	2	1.5500	
	PET (15%)	2	1.6500	
	PT (5%)	3	1.8000	
	PS (10%)	3	2.5333	
	PT (10%)	2	2.7500	
	PS (15%)	3	3.2333	3.2333
	PT (15%)	2		5.6000
	Sig.		0.297	0.115

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.308.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Cara B Convexo (mm)

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Scheffe ^{a,b}	Patrón	8	1.2375		
	PET (5%)	8	1.6000		

PS (5%)	7	1.7286			
PET (10%)	8	1.8875	1.8875		
PT (5%)	7	1.9429	1.9429		
PET (15%)	8	1.9750	1.9750		
PS (10%)	7	2.1000	2.1000		
PT (10%)	8		3.2875	3.2875	
PS (15%)	7			4.0143	
PT (15%)	8				6.0250
Sig.		0.703	0.075	0.869	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7.568.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Cara B Convexo (mm)

		Subconjunto para alfa = 0.05			
Muestra	N	1	2	3	4
Scheffe^{a,b}	Patrón	8	1.2375		
	PET (5%)	8	1.6000		
	PS (5%)	7	1.7286		
	PET (10%)	8	1.8875	1.8875	
	PT (5%)	7	1.9429	1.9429	
	PET (15%)	8	1.9750	1.9750	
	PS (10%)	7	2.1000	2.1000	
	PT (10%)	8		3.2875	3.2875
	PS (15%)	7		4.0143	
	PT (15%)	8			6.0250
	Sig.		0.703	0.075	0.869
					1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7.568.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Prueba Absorción

		<i>Absorción</i>		
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
	PS (15%)	5	7.1340	
	PET (15%)	5	7.3960	7.3960
	PS (10%)	5	7.4840	7.4840
	PT (15%)	5	7.5700	7.5700
	PET (10%)	5	7.7916	7.7916
Scheffe^a	PT (10%)	5	7.8820	7.8820
	PS (5%)	5	7.8866	7.8866
	PET (5%)	5	8.2260	8.2260
	PT (5%)	5	8.6120	8.6120
	Patrón	5		9.0260
	Sig.		0.162	0.081

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Prueba Succión

		<i>Succión</i>	
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
	PET (15%)	5	12.7300
	PT (15%)	5	12.9880
	PS (15%)	5	13.5420
	PT (10%)	5	13.5960
	PET (10%)	5	13.8380
Scheffe^a	PS (10%)	5	13.9100
	PS (5%)	5	14.4060
	PET (5%)	5	15.6060
	PT (5%)	5	16.4820
	Patrón	5	17.1880
	Sig.		0.400

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Prueba Resistencia

		<i>Resistencia</i>								
Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Scheffe a	PS (15%)	5	44.332 0							
	PS (10%)	5		58.010 0						
	PET (5%)	5			135.028 0					
	PT (15%)	5				147.702 0				
	PS (5%)	5				155.460 0	155.460 0			
	PET (10%)	5					160.636 0			
	PT (10%)	5						176.282 0		
	PET (15%)	5						181.752 0		
	Patrón	5						183.284 0		
	PT (5%)	5							203.604 0	
	Sig.		1.000	1.000	1.000	0.233	0.780	0.373	1.000	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Prueba Resistencia Axial

Resistencia Axial

Scheffe^a		Subconjunto para alfa = 0.05						
Muestra	N	1	2	3	4	5	6	7
PS (15%)	5	44.3320						
PS (10%)	5		58.0100					
PET (5%)	5			135.0280				
PT (15%)	5				147.7020			
PS (5%)	5				155.4600	155.4600		
PET (10%)	5					160.6360		
PT (10%)	5						176.2820	
PET (15%)	5						181.7520	
Patrón	5						183.2840	
PT (5%)	5							203.6040
Sig.		1.000	1.000	1.000	0.233	0.780	0.373	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Prueba Resistencia Compresión Diagonal

Restinencia Compresión Diagonal

Scheffe^a		Subconjunto para alfa = 0.05			
Muestra	N	1	2	3	4
PS (15%)	3	2.0000			
PS (10%)	3	3.0667			
PET (5%)	3		7.8667		
PT (15%)	3		8.9000		
PS (5%)	3		8.9667		
PET (10%)	3		9.3333		
PET (15%)	3			11.3667	
PT (10%)	3			11.4333	
Patrón	3			11.6333	
PT (5%)	3				13.4667
Sig.		0.471	0.113	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

Anexo 5

Resultados de Laboratorio

Resultados Variación Dimensional

VARIACIÓN DIMENSIONAL				CÓDIGO: LD003
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.			
ENSAYO:	Medición de dimensiones (Variación dimensional)			
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
FECHA DE ENSAYO:				

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON			
Nº ladrillo	Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1	248.500	119.750	76.500
2	247.250	120.000	77.250
3	249.000	119.750	76.000
4	247.750	120.250	77.250
5	249.000	119.625	77.000
6	248.500	120.625	76.375
7	246.875	120.250	77.250
8	250.500	119.125	78.250
9	249.125	120.250	77.750
10	248.750	119.000	76.375
Promedio :	248.525	119.863	77.000
MP=	248.525	119.863	77.000
ME=	250.000	120.000	77.000
σ =	1.039	0.519	0.695
V%=	0.590	0.115	0.000

$$V\% = \frac{ME - MP}{ME} \times 100$$

V%: Variación dimensional
 ME: Medida especificada por el fabricante
 MP: Medida promedio

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET									
Nº ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1	252.035	119.080	78.310	246.950	121.518	77.703	251.563	120.678	77.299
2	250.025	120.058	80.583	247.998	119.513	78.165	251.385	119.260	76.358
3	248.433	120.275	79.555	248.495	120.720	78.748	249.385	119.258	76.385
4	254.568	120.405	80.693	247.038	120.588	78.990	248.568	119.785	77.350
5	248.265	121.298	78.498	246.205	121.620	78.125	251.230	121.058	76.996
6	251.980	121.005	80.373	248.983	120.440	79.010	250.236	120.586	77.365
7	247.080	120.010	79.090	249.233	121.590	80.450	249.365	119.034	76.289
8	247.845	120.025	80.290	248.443	120.108	78.623	248.997	120.589	77.385
9	251.668	119.823	80.480	249.070	119.925	78.875	250.002	119.875	77.358
10	248.265	121.298	78.498	248.465	120.608	78.263	250.870	120.350	77.326
Promedio :	250.016	120.328	79.637	248.088	120.663	78.695	250.160	120.047	77.011
MP=	250.016	120.328	79.637	248.088	120.663	78.695	250.160	120.047	77.011
ME=	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000
σ =	2.435	0.701	0.963	1.025	0.726	0.752	1.068	0.704	0.474
V%=	-0.006	-0.273	-3.424	0.765	-0.552	-2.201	-0.064	-0.039	-0.014

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)									
Nº ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1	249.000	120.000	78.125	246.625	119.375	78.125	247.038	121.620	79.125
2	247.375	119.875	76.250	247.750	119.875	77.000	246.205	121.590	79.555
3	247.500	119.125	77.000	248.250	119.250	77.500	248.983	119.513	80.693
4	248.750	120.250	76.875	247.000	118.750	77.560	249.233	120.720	78.498
5	251.125	119.500	77.750	249.675	119.793	78.385	252.125	121.518	79.385
6	248.000	119.000	77.500	248.730	120.533	79.275	248.433	119.925	80.275
7	248.500	120.125	76.625	249.253	119.988	77.510	254.568	120.113	78.510
8	248.375	119.875	76.000	249.528	120.113	79.990	248.265	118.750	80.990
9	249.250	119.625	77.500	248.775	120.533	78.008	250.250	119.875	79.008
10	250.000	120.250	76.000	248.730	120.533	79.275	251.000	119.988	80.275
Promedio	248.788	119.763	76.963	248.432	119.874	78.263	249.610	120.361	79.631
MP=	248.788	119.763	76.963	248.432	119.874	78.263	249.610	120.361	79.631
ME=	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000
σ =	1.141	0.443	0.748	1.029	0.604	0.964	2.476	0.972	0.885
V%=	0.485	0.198	0.049	0.627	0.105	-1.640	0.156	-0.301	-3.417

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)									
Nº ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET		
	Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
1	249.358	119.876	77.258	249.329	119.285	79.847	249.318	119.349	82.469
2	249.876	119.358	77.368	248.976	119.486	78.416	249.790	119.458	83.186
3	250.358	119.684	78.638	248.679	120.387	79.847	249.188	119.789	82.943
4	251.879	119.128	77.127	250.035	120.040	81.358	250.040	120.316	82.319
5	247.683	120.395	77.486	251.039	121.040	80.395	250.249	121.398	82.170
6	248.397	120.358	77.026	250.697	119.387	81.037	249.876	120.398	82.697
7	249.356	119.784	77.247	248.397	119.349	79.684	250.380	119.687	82.996
8	249.986	119.318	78.684	248.695	119.369	79.318	248.388	119.540	82.388
9	247.986	120.389	77.329	249.387	119.486	79.987	247.999	119.249	83.157
10	250.398	119.368	78.659	250.003	119.741	78.490	249.386	119.039	83.199
Promedio	249.528	119.766	77.682	249.524	119.757	79.838	249.461	119.822	82.752
MP=	249.528	119.766	77.682	249.524	119.757	79.838	249.461	119.822	82.752
ME=	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000	250.000	120.000	77.000
σ =	1.266	0.481	0.687	0.894	0.572	0.955	0.780	0.704	0.393
V%=	0.189	0.195	-0.886	0.191	0.203	-3.686	0.216	0.148	-7.471

Resultado de Alabeo

ALABEO													CÓDIGO: LD002
PROYECTO:		INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.											
ENSAYO:		Alabeo											
NORMA:		NTP 399.613				DENOMINACIÓN:		ARTEZANAL					
UBICACIÓN:		HUANCAYO				LABORATORIO:		LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL					
FECHA DE ENSAYO:													
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON													
Nº ladrillo	CARA A		CARA B										
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)									
1		0.0		0.9									
2		0.0		1.3									
3	0.5			1.2									
4		0.0		1.3									
5		0.0	1.6										
6		0.0		1.6									
7	0.5			1.6									
8		0.0		1.3									
9		0.0	1.1										
10		0.0		0.7									
Promedio alabeo:	0.50	0.00	1.35	1.24									
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET													
Nº ladrillo	5% DE PET				10% DE PET				15% DE PET				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
1		0.4		2.3		0.5		2.6		0.0		1.6	
2		0.5		1.6		0.3		1.2		0.3		1.9	
3		0.4		1.1		0.4		2.1	0.1	0.3		1.6	
4		0.4		2.1	0.5			1.7		0.4		1.8	
5		0.3		1.2		0.0		1.9		0.3		2.8	
6		0.4		1.4		0.3		1.5		0.4		2.4	
7	0.5			0.8		0.4		1.8		0.3		1.6	
8		0.3		1.0		0.3		2.0		0.4		1.7	
9		0.0		2.6		0.0		1.6	0.1			1.3	
10		0.3		1.3		0.0		1.8		0.0		2.4	
Promedio Alabeo:	0.50	0.33	1.30	1.60	0.50	0.24	1.55	1.89	0.10	0.26	1.65	1.98	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)													
Nº ladrillo	5% DE PS				10% DE PS				15% DE PS				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
1		0.5		1.9		0.0		1.6		0.4		4.5	
2		0.0		1.6		0.0		2.1		0.4		3.2	
3		0.0		1.2		0.5		2.4		0.0		3.8	
4	0.3			1.6		0.3		1.9	0.4			3.1	
5	0.5			1.4		0.0		1.8	0.3			4.6	
6		0.0		1.7		0.3		3.6	0.0			4.1	
7		0.0		1.3	0.3			2.4	0.3			4.8	
8		0.5		2.1	0.0			2.4		0.5		2.3	
9		0.0		2.3		0.0		2.4		0.5		3.5	
10		0.0		1.2		0.4		1.7		0.0		3.9	
Promedio Alabeo:	0.40	0.13	1.40	1.73	0.15	0.19	2.53	2.10	0.25	0.30	3.23	4.01	
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)													
Nº ladrillo	5% DE PE				10% DE PE				15% DE PE				
	CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		CARA A		CARA B		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
1		0.2		2.4		0.3		2.8		0.4		5.6	
2		0.2		1.4		0.4		2.7		0.2		4.9	
3		0.1		2.3		0.2		2.3	0.4			5.7	
4		0.3		1.7		0.3		2.8	0.3			6.5	
5	0.3			1.9		0.3		3.4	0.4			6.1	
6	0.4			1.4		0.4		5.0	0.3			5.1	
7		0.2		2.7		0.2		4.3	0.4			5.9	
8		0.3		1.7		0.2		2.3	0.2			8.9	
9	0.4			1.6		0.3		2.7	0.4			5.4	
10		0.2		1.9		0.3		3.5	0.4			5.3	
Promedio Alabeo:	0.37	0.21	1.80	1.94	0.35	0.28	2.75	3.29	0.37	0.33	5.60	6.03	

Resultados de Absorción

ABSORCIÓN				CÓDIGO: LD005
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.			
ENSAYO:	Absorción			
NORMA:	NTP 399.613	DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
FECHA DE ENSAYO:				

RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON			
Nº ladrillo	Peso		Absorción
	Seco	Saturado	%
1	4474.4	4842.6	8.23%
2	4553.8	4980.9	9.38%
3	4557.4	4922.4	8.01%
4	4498.7	4924.3	9.46%
5	4562.3	5020.8	10.05%
Promedio:			9.03%

$$Absorción(\%) = 100 \times \frac{Peso_{saturado} - Peso_{seco}}{Peso_{seco}}$$

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET											
Nº ladrillo	5% DE PET			10% DE PET			15% DE PET				
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción		
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%		
1	4440.4	4805.8	8.23%	4265.2	4566.2	7.06%	4163.4	4454.0	6.98%		
2	4436.5	4811.4	8.45%	4324.4	4680.7	8.24%	4150.2	4475.6	7.84%		
3	4489.7	4849.3	8.01%	4274.8	4595.4	7.50%	4173.2	4497.5	7.77%		
4	4500.5	4926.2	9.46%	4328.2	4704.3	8.69%	4186.3	4481.4	7.05%		
5	4459.6	4770.9	6.98%	4289.3	4609.7	7.47%	4155.8	4460.8	7.34%		
Promedio:			8.23%	Promedio:			7.79%	Promedio:			7.40%

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)											
Nº ladrillo	5% DE PS			10% DE PS			15% DE PS				
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción		
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%		
1	4308.8	4649.6	7.91%	3836.2	4137.3	7.85%	3565.9	3839.4	7.67%		
2	4330.6	4692.6	8.36%	3795.3	4074.2	7.35%	3456.8	3693.2	6.84%		
3	4296.3	4595.3	6.96%	3758.3	4028.5	7.19%	3528.4	3789.9	7.41%		
4	4320.7	4676.0	8.22%	3894.1	4203.7	7.95%	3486.7	3714.0	6.52%		
5	4300.1	4643.2	7.98%	3724.7	3988.4	7.08%	3502.1	3755.3	7.23%		
Promedio:			7.89%	Promedio:			7.48%	Promedio:			7.13%

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)											
Nº ladrillo	5% DE PE			10% DE PE			15% DE PE				
	Peso		Absorción	Peso		Absorción	Peso		Absorción		
	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%	Seco	Saturado	%		
1	4326.8	4728.8	9.29%	4115.3	4447.8	8.08%	3795.2	4055.9	6.87%		
2	4191.3	4524.5	7.95%	4001.7	4311.8	7.75%	3900.5	4206.3	7.84%		
3	4119.7	4429.5	7.52%	4102.3	4442.8	8.30%	3825.3	4114.5	7.56%		
4	4353.5	4764.9	9.45%	4089.6	4418.0	8.03%	3960.6	4282.2	8.12%		
5	4226.6	4600.7	8.85%	3976.2	4264.5	7.25%	3812.7	4097.1	7.46%		
Promedio:			8.61%	Promedio:			7.88%	Promedio:			7.57%

Resultados de Succión

SUCCIÓN				CÓDIGO: LD004		
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.					
ENSAYO:	Succión					
NORMA:	NTP E.070	DENOMINACIÓN:		ARTEZANAL		
UBICACIÓN:	HUANCAYO	LABORATORIO:		LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD CONTINENTAL		
FECHA DE ENSAYO:						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $S = \frac{200 \times W}{L \times B}$ </div>						
<p>S: Succión normalizada en 200 cm² W: Aumento de peso (gr) L: Largo promedio de la superficie de contacto (cm) B: Ancho promedio de la superficie de contacto (cm)</p>						
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	247.750	120.250	297.919375	4474.4	4501.3	18.06
2	249.000	119.625	297.86625	4553.8	4574.2	13.70
3	248.500	120.625	299.753125	4557.4	4586.3	19.28
4	246.875	120.250	296.8671875	4498.7	4529.3	20.62
5	250.500	119.125	298.408125	4562.3	4583.6	14.28
					Promedio:	17.19
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET						
5% DE PET						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	252.035	119.080	300.123278	4440.4	4464.3	15.89
2	250.025	120.058	300.1737644	4436.5	4458.4	14.59
3	248.433	120.275	298.8021894	4489.7	4517.6	18.67
4	254.568	120.405	306.5119984	4500.5	4523.9	15.27
5	248.265	121.298	301.1392384	4459.6	4480.1	13.61
					Promedio:	15.61
10% DE PET						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	246.950	121.518	300.0874663	4265.2	4285.8	13.73
2	247.998	119.513	296.3880122	4324.4	4349.2	16.73
3	248.495	120.720	299.983164	4274.8	4294.4	13.07
4	247.038	120.588	297.8963453	4328.2	4350.5	14.97
5	246.205	121.620	299.434521	4289.3	4305.3	10.69
					Promedio:	13.84
15% DE PET						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm ²)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	251.563	120.678	303.5819518	4163.4	4186.2	15.02
2	251.385	119.260	299.801751	4150.2	4165.6	10.27
3	249.385	119.258	297.4115633	4173.2	4188.3	10.15
4	248.568	119.785	297.7471788	4186.3	4209.5	15.58
5	251.230	121.058	304.1340134	4155.8	4175.0	12.63

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)						
5% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	249.000	120.000	298.8	4308.8	4324.9	10.78
2	247.375	119.875	296.5407813	4330.6	4356.6	17.55
3	247.500	119.125	294.834375	4296.3	4313.1	11.40
4	248.750	120.250	299.121875	4320.7	4343.9	15.51
5	251.125	119.500	300.094375	4300.1	4325.3	16.79
					Promedio:	14.41
10% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	246.625	119.375	294.4085938	3836.2	3855.7	13.25
2	247.750	119.875	296.9903125	3795.3	3812.8	11.82
3	248.250	119.250	296.038125	3758.3	3779.6	14.39
4	247.000	118.750	293.3125	3894.1	3913.9	13.49
5	249.675	119.793	299.0919244	3724.7	3749.5	16.60
					Promedio:	13.91
15% DE PS						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	247.038	121.620	300.4470075	3565.9	3581.8	10.58
2	246.205	121.590	299.3606595	3456.8	3476.1	12.89
3	248.983	119.513	297.5652103	3528.4	3548.9	13.78
4	249.233	120.720	300.873474	3486.7	3512.2	16.95
5	252.125	121.518	306.3759969	3502.1	3522.8	13.51
					Promedio:	13.54
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)						
5% DE PE						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	249.358	119.876	298.9203961	4326.8	4352.9	17.46
2	249.876	119.358	298.2474958	4191.3	4218.7	18.37
3	250.358	119.684	299.6384687	4119.7	4143.8	16.09
4	251.879	119.128	300.0591708	4353.5	4376.5	15.33
5	247.683	120.395	298.1979479	4226.6	4249.2	15.16
					Promedio:	16.48
10% DE PE						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	249.329	119.285	297.4127264	4115.3	4140.3	16.81
2	248.976	119.486	297.4925687	4001.7	4020.2	12.44
3	248.679	120.387	299.3781824	4102.3	4123.4	14.10
4	250.035	120.040	300.1415139	4089.6	4107.7	12.06
5	251.039	121.040	303.8572909	3976.2	3995.3	12.57
					Promedio:	13.60
15% DE PE						
Nº ladrillo	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (cm2)	W seco (g)	W húmedo (g)	Succión (g)
1	249.318	119.349	297.5579006	3795.2	3811.9	11.22
2	249.790	119.458	298.3935409	3900.5	3921.8	14.28
3	249.188	119.789	298.4998325	3825.3	3844.3	12.73
4	250.040	120.316	300.8373857	3960.6	3978.1	11.63
5	250.249	121.398	303.7979104	3812.7	3835.6	15.08
					Promedio:	12.99

Resultados de Resistencia a la Compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN							CÓDIGO: LD001
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.						
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA						
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613			DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL		
UBICACIÓN:	HUANCAYO			LABORATORIO:	LABORATORIOS DE PAVIMENTOS, SUELOS Y CONCRETO DE LA UNIVERSIDAD		
FECHA DE ENSAYO:							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> $f'c = \frac{Pu}{Ab}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> $f'b = f'cprom - \sigma$ </div> </div> <p> f'c: Resistencia a la compresión axial (kg/cm²) Pu: Carga máxima registrada (kg) Ab: Área bruta o sección transversal promedio de la unidad (cm²). </p> <p> f'b: Resistencia característica a la compresión axial (kg/cm²) f'cprom: Resistencia promedio a la compresión axial(kg/cm²) σ : Desviación estándar </p>							
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON							
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	
1	24.85	11.98	7.65	297.58	55020.00	184.89	
2	24.73	12.00	7.73	296.70	55570.00	187.29	
3	24.90	11.98	7.60	298.18	54090.00	181.40	
4	24.78	12.03	7.73	297.92	55040.00	184.75	
5	24.90	11.96	7.70	297.87	53048.00	178.09	
						Desviación promedio	183.29
						desviación estandar	3.58
						Resistencia f'b (kg/cm ²)	179.70
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET							
5% DE PET							
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	
1	25.20	11.91	7.83	300.12	40890.00	136.24	
2	25.00	12.01	8.06	300.17	39550.00	131.76	
3	24.84	12.03	7.96	298.80	41380.00	138.49	
4	25.46	12.04	8.07	306.51	40890.00	133.40	
5	24.83	12.13	7.85	301.14	40730.00	135.25	
						Desviación promedio	135.03
						desviación estandar	2.59
						Resistencia f'b (kg/cm ²)	132.44
10% DE PET							
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	
1	24.85	12.07	7.87	299.98	47250.00	157.51	
2	24.70	12.06	7.90	297.90	48580.00	163.08	
3	24.62	12.16	7.81	299.43	49350.00	164.81	
4	24.90	12.04	7.90	299.87	47280.00	157.67	
5	24.92	12.16	8.05	303.04	48520.00	160.11	
						Desviación promedio	160.63
						desviación estandar	3.25
						Resistencia f'b (kg/cm ²)	157.38
15% DE PET							
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	
1	25.14	11.93	7.64	299.80	54090.00	180.42	
2	24.94	11.93	7.64	297.41	52990.00	178.17	
3	24.86	11.98	7.74	297.75	54480.00	182.97	
4	25.12	12.11	7.70	304.13	55820.00	183.54	
5	25.02	12.06	7.74	301.75	55420.00	183.66	
						Desviación promedio	181.75
						desviación estandar	2.39
						Resistencia f'b (kg/cm ²)	179.36

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)						
5% DE PS						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	24.74	11.99	7.63	296.54	45570.00	153.67
2	24.75	11.91	7.70	294.83	47640.00	161.58
3	24.88	12.03	7.69	299.12	45260.00	151.31
4	25.11	11.95	7.78	300.09	46660.00	155.48
5	24.80	11.90	7.75	295.12	45820.00	155.26
Desviación promedio						155.46
desviación estandar						3.81
Resistencia f' b (kg/cm ²)						151.66
10% DE PS						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	24.78	11.99	7.70	296.99	18560.00	62.49
2	24.83	11.93	7.75	296.04	15320.00	51.75
3	24.70	11.88	7.76	293.31	17920.00	61.10
4	24.97	11.98	7.84	299.09	16820.00	56.24
5	24.87	12.05	7.93	299.80	17530.00	58.47
Desviación promedio						58.01
desviación estandar						4.25
Resistencia f' b (kg/cm ²)						53.76
15% DE PS						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	24.62	12.16	7.96	299.36	11500.00	38.42
2	24.90	11.95	8.07	297.57	14410.00	48.43
3	24.92	12.07	7.85	300.87	13600.00	45.20
4	25.21	12.15	7.94	306.38	13480.00	44.00
5	24.84	11.99	8.03	297.93	13590.00	45.61
Desviación promedio						44.33
desviación estandar						3.68
Resistencia f' b (kg/cm ²)						40.65
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)						
5% DE PE						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	24.77	12.04	7.85	298.20	62780.00	210.53
2	24.84	12.04	7.80	298.97	60110.00	201.06
3	24.94	11.98	7.82	298.69	59020.00	197.60
4	25.00	11.93	7.97	298.28	60580.00	203.10
5	24.80	12.04	7.83	298.55	61420.00	205.73
Desviación promedio						203.60
desviación estandar						4.88
Resistencia f' b (kg/cm ²)						198.72
10% DE PE						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	25.10	12.10	8.04	303.86	54520.00	179.43
2	25.07	11.94	8.10	299.30	52820.00	176.48
3	24.84	11.93	7.97	296.46	53290.00	179.76
4	24.87	11.94	7.93	296.86	51280.00	172.74
5	24.94	11.95	8.00	297.98	51550.00	173.00
Desviación promedio						176.28
desviación estandar						3.37
Resistencia f' b (kg/cm ²)						172.91
15% DE PE						
Nº Ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	25.02	12.14	8.22	303.80	45280.00	149.05
2	24.99	12.04	8.27	300.85	44620.00	148.32
3	25.04	11.97	8.30	299.67	44820.00	149.56
4	24.84	11.95	8.24	296.92	42780.00	144.08
5	24.80	11.92	8.32	295.73	43620.00	147.50
Desviación promedio						147.70
desviación estandar						2.17
Resistencia f' b (kg/cm ²)						145.53

Resultado Compresión de Muretes

COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES						
PROYECTO:	INFLUENCIA DE POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLO DE CONCRETO, HUANCAYO - 2023.					
ENSAYO:	Compresión diagonal en muretes					
NORMA:	NTP 399.604 / NTP 399.613			DENOMINACIÓN:	ARTEZANAL	
UBICACIÓN:	LIMA			LABORATORIO:	GEOCONTROL PERU SAC.	
FECHA DE ENSAYO:						
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 40%;"> $V_m = 0.70 * \frac{P}{A_b}$ </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 40%;"> $A_b = \frac{(l + h)}{2} * t$ </div> </div> <p> V_m: Esfuerzo cortante sobre el área bruta (MPa) P: Carga aplicada (N) A_b: Área bruta del espécimen (mm) </p> <p> l: largo de murete (mm) h: altura del murete (mm) t: espesor del murete (mm) </p>						
RESULTADOS DE LA MUESTRA PATRON						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	620	635.2	135	119829.44	13456.2	11.2
2	620	635.1	130.5	115825.79	14182	12.2
3	620.2	635	135	119828.99	13741	11.5
Resistencia promedio						11.65
Desviación estandar						0.53
Resistencia V_m (kg/cm²)						11.12
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON PET						
5% DE PET						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	620.5	635	135	119857.29	9663	8.1
2	620	635.1	130	115382.01	9287	8.0
3	620.5	635.1	135	119866.94	8945	7.5
Resistencia promedio						7.86
Desviación estandar						0.34
Resistencia V_m (kg/cm²)						7.52
10% DE PET						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	620.5	635	135	119857.29	10546	8.8
2	620.5	635	130.5	115862.05	11256	9.7
3	620	635	135	119810.12	11360	9.5
Resistencia promedio						9.33
Desviación estandar						0.48
Resistencia V_m (kg/cm²)						8.86
15% DE PET						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)
1	620	635	135.5	120253.86	13489	11.2
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	12868	11.1
3	620.5	635	135	119857.29	14098	11.8
Resistencia promedio						11.36
Desviación estandar						0.35
Resistencia V_m (kg/cm²)						11.01

RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (PS)						
5% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	9972.6	8.3
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	10836	9.3
3	620.5	635	135	119857.29	11099	9.3
Resistencia promedio						8.98
Desviación estandar						0.57
Resistencia V'm (kg/cm2)						8.41
10% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	3521	2.9
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	3489	3.0
3	620.5	635	135	119857.29	4012	3.3
Resistencia promedio						3.10
Desviación estandar						0.22
Resistencia V'm (kg/cm2)						2.88
15% DE PS						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	2468	2.1
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	2541	2.2
3	620.5	635	135	119857.29	2056	1.7
Resistencia promedio						1.99
Desviación estandar						0.25
Resistencia V'm (kg/cm2)						1.74
RESULTADOS DE LA MUESTRA CON POLIETILENO (PE)						
5% DE PE						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	15562	13.0
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	16095	13.9
3	620.5	635	135	119857.29	16127	13.5
Resistencia promedio						13.44
Desviación estandar						0.45
Resistencia V'm (kg/cm2)						12.99
10% DE PE						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	14098	11.8
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	13561	11.7
3	620.5	635	135	119857.29	12985	10.8
Resistencia promedio						11.43
Desviación estandar						0.52
Resistencia V'm (kg/cm2)						10.91
15% DE PE						
Nº Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Area (mm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)
1	620	635.2	135	119829.44	11092	9.3
2	620.5	635.5	130.5	115908.72	10463	9.0
3	620.5	635	135	119857.29	10102	8.4
Resistencia promedio						8.90
Desviación estandar						0.43
Resistencia V'm (kg/cm2)						8.48

Anexo 6

Diseño de mezcla recalculado

Tabla de adición de PET

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 5% DE PET											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PET 5%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.09584	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.20150	m3	201.50	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.24811	m3	649.06	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.13565	m3	337.50	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.29554	m3	767.23	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	%	0.00800	%	0.80	%
PET	1390.00	0.00	kg	17.58	kg	0.01265	m3	0.01265	m3	17.58	kg
Total		2262.00	kg/m3	2262.00	kg/m3	0.99300	m3	1.00000	m3	2277.78	kg/m3
						0.00700					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 10% DE PET											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PET 10%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.09331	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.19897	m3	198.97	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.24538	m3	642.44	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.13312	m3	331.21	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.29301	m3	760.67	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	%	0.00800	%	0.80	%
PET	1390.00	0.00	kg	35.16	kg	0.02529	m3	0.02529	m3	35.16	kg
Total		2262.00	kg/m3	2279.58	kg/m3	1.00565	m3	1.00000	m3	2263.39	kg/m3
						-0.00565					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 15% DE PET											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PET 15%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.09078	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.19644	m3	196.44	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.24305	m3	635.83	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.13059	m3	324.91	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.29049	m3	754.10	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	%	0.00800	%	0.80	%
PET	1390.00	0.00	kg	52.74	kg	0.03794	m3	0.03794	m3	52.74	kg
Total		2262.00	kg/m3	2297.16	kg/m3	1.01830	m3	1.00000	m3	2252.99	kg/m3
						-0.01830					

Tabla de adición de PT

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 05% DE PT											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PT 5%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.09326	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.19891	m3	198.91	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.24553	m3	642.30	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.14132	m3	0.14013	m3	348.65	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.29296	m3	760.52	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	m3	0.00800	m3	0.80	%
PT	950.00	0.00	kg	17.58	kg	0.01851	m3	0.01851	m3	17.58	kg
Total		2262.00	kg/m3	2262.00	kg/m3	1.00593	m3	1.00000	m3	2264.73	kg/m3
						-0.00593					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 10% DE PT											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PT 10%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.08956	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.19521	m3	195.21	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.24183	m3	632.62	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.14132	m3	0.13643	m3	339.44	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.28926	m3	750.91	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	m3	0.00800	m3	0.80	%
PT	950.00	0.00	kg	35.16	kg	0.03701	m3	0.03701	m3	35.16	kg
Total		2262.00	kg/m3	2279.58	kg/m3	1.02443	m3	1.00000	m3	2238.45	kg/m3
						-0.02443					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 15% DE PT											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PT 15%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
		CEMENTO	3150.00	297.50	kg	297.50	kg	0.09444	m3	0.08586	m3
AGUA	1000.00	200.10	kg	200.10	kg	0.20010	m3	0.19151	m3	191.51	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	645.40	kg	0.24671	m3	0.23812	m3	622.93	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.14132	m3	0.13273	m3	330.23	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	763.60	kg	0.29414	m3	0.28556	m3	741.31	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.20	kg	0.00202	m3	0.00202	m3	2.20	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.80	kg	0.00068	m3	0.00068	m3	0.80	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.80	%	0.00800	m3	0.00800	m3	0.80	%
PT	950.00	0.00	kg	52.74	kg	0.05552	m3	0.05552	m3	52.74	kg
Total		2262.00	kg/m3	2297.16	kg/m3	1.04294	m3	1.00000	m3	2212.18	kg/m3
						-0.04294					

Tabla de adición de PS

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 05% PS											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PS 5%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
CEMENTO	3150.00	297.50	kg	282.63	kg	0.09444	m3	0.09725	m3	306.34	kg
AGUA	1000.00	200.10	kg	190.10	kg	0.19010	m3	0.19290	m3	192.90	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	613.13	kg	0.23438	m3	0.23718	m3	620.47	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.13706	m3	341.00	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	725.42	kg	0.27944	m3	0.28224	m3	732.70	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.09	kg	0.00192	m3	0.00192	m3	2.09	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.76	kg	0.00065	m3	0.00065	m3	0.76	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.08	%	0.00080	m3	0.00080	m3	0.80	%
PS	25.00	0.00	kg	1.25	kg	0.05000	m3	0.05000	m3	1.25	kg
Total		2262.00	kg/m3	2149.47	kg/m3	0.98597	m3	1.00000	m3	2197.51	kg/m3
						0.01403					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 10% DE PS											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PS 10%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
CEMENTO	3150.00	297.50	kg	282.63	kg	0.09444	m3	0.08725	m3	274.84	kg
AGUA	1000.00	200.10	kg	190.10	kg	0.19010	m3	0.18290	m3	182.90	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	613.13	kg	0.23438	m3	0.22718	m3	594.31	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.12706	m3	316.12	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	725.42	kg	0.27944	m3	0.27224	m3	706.74	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.09	kg	0.00192	m3	0.00192	m3	2.09	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.76	kg	0.00065	m3	0.00065	m3	0.76	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.08	%	0.00080	m3	0.00080	m3	0.80	%
PS	25.00	0.00	kg	2.50	kg	0.10000	m3	0.10000	m3	2.50	kg
Total		2262.00	kg/m3	2150.72	kg/m3	1.03597	m3	1.00000	m3	2080.26	kg/m3
						-0.03597					

DISEÑO DE MEZCLA REAJUSTADO- ADICIÓN DE 15% DE PS											
Materiales	P.E sss (kg/m3)	Diseño para 1 M3		PS 15%		Volumen muestra patron alterada		Diseño correg. para 1 M3 en volumen		Diseño correg. para 1 M3 en peso	
CEMENTO	3150.00	297.50	kg	282.63	kg	0.09444	m3	0.07725	m3	243.34	kg
AGUA	1000.00	200.10	kg	190.10	kg	0.19010	m3	0.17290	m3	172.90	kg
AG. GRUESO 2 (1/2")	2616.00	645.40	kg	613.13	kg	0.23438	m3	0.21718	m3	568.15	kg
AG. FINO 1 (ARENA DE CANTERA)	2488.00	351.60	kg	334.02	kg	0.13425	m3	0.11706	m3	291.24	kg
AG. FINO 2 (ARENA DE RIO)	2596.00	763.60	kg	725.42	kg	0.27944	m3	0.26224	m3	680.78	kg
FLUXCRETE 1000	1090.00	2.20	kg	2.09	kg	0.00192	m3	0.00192	m3	2.09	kg
PLASTCON Rf 25	1170.00	0.80	kg	0.76	kg	0.00065	m3	0.00065	m3	0.76	kg
Aire	100.00	0.80	%	0.08	%	0.00080	m3	0.00080	m3	0.80	%
PS	25.00	0.00	kg	3.75	kg	0.15000	m3	0.15000	m3	3.75	kg
Total		2262.00	kg/m3	2151.97	kg/m3	1.08597	m3	1.00000	m3	1963.01	kg/m3
						-0.08597					

Anexo 7
Fotos

Medición de agregados

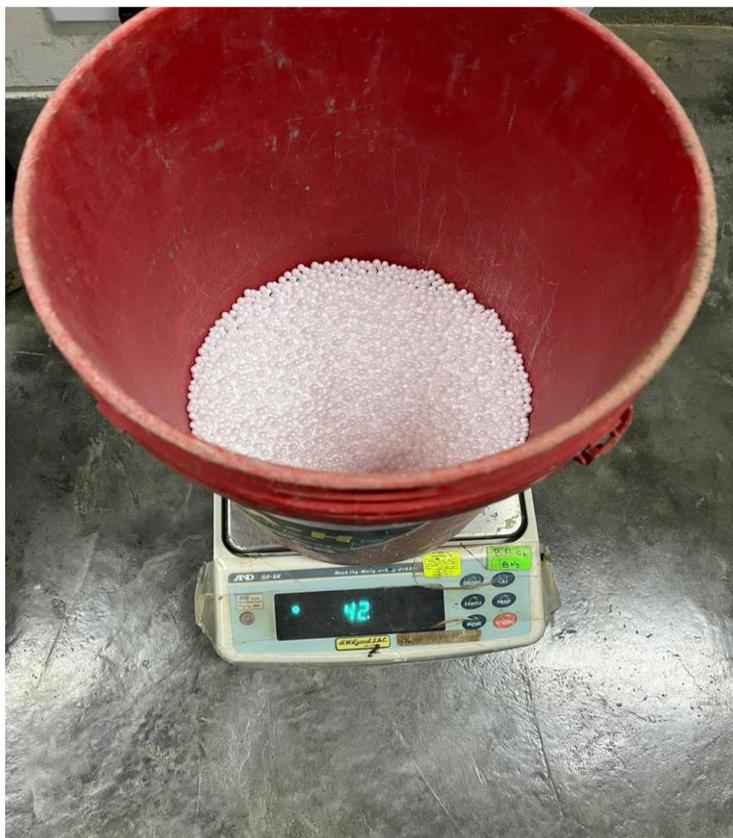


Dosificación de agregado grueso



Dosificación de agregado fino de cantera

Medición de Polímeros



Polímero termoplástico (poliestireno)



Polímero termoplástico (PET)

Mezcla de agregados y polímeros



Mezcla de concreto con adición Polímero termoplástico (PET)



Mezcla de concreto con adición Polímero termoplástico (PET)

Elaboración de muestras



Proceso de curado de ladrillos de concreto



Proceso de desencofrado de las unidades de albañilería

Tratamiento de muestras



Proceso de fraguado de unidades de albañilería



Proceso de curado de unidades de albañilería

Muestras concretadas



Preparación de muestras para los ensayos de propiedades físicas



Preparación de muestras para los ensayos de propiedades físicas

Previo a ensayo de compresión

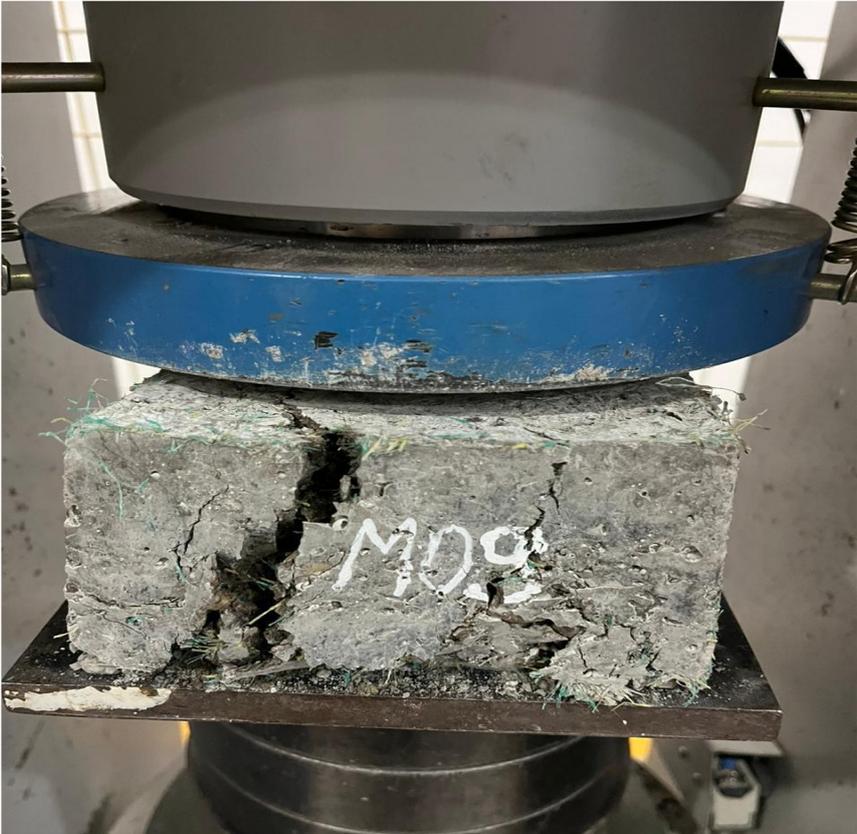


Ensayos de compresión de unidades de albañilería



Ensayos de compresión de unidades de albañilería

Muestras sometidas a pruebas



Rotura de las unidades de albañilería



Rotura de las unidades de albañilería