

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto al sustituir  
agregado fino por tereftalato de polietileno (PET) en un 5%**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**Autora:**

Minaya Medina, Alicia Beatriz

Código ORCID: 0009-0001-8184-6467

**Asesor:**

Salazar Sánchez, Dante Orlando

Código ORCID: 0000-0003-2710-3416

**Chimbote-Perú**

**2024**

## Índice General

	<b>Pág.</b>
Índice General	i
Índice de Tablas	ii
Índice de Figuras	iv
Palabras Clave	vi
Constancia de originalidad	vii
Título	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
Metodología	24
Resultados	33
Análisis y Discusión	47
Conclusiones	51
Recomendaciones	53
Referencias Bibliográficas	54
Anexos	59

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición de químicos del clinker .....	10
<b>Tabla 2.</b> Porcentajes de materias primas del clinker.....	11
<b>Tabla 3.</b> Requisitos Granulométricos del Agregado Fino.....	13
<b>Tabla 4.</b> Límites permisibles del agua .....	16
<b>Tabla 5.</b> Propiedades del PET .....	17
<b>Tabla 6.</b> Variable dependiente: Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto.....	21
<b>Tabla 7.</b> Variable independiente: Reemplazo en un 5% de PET .....	22
<b>Tabla 9.</b> Número de ladrillos necesarios para realizar la prueba de compresión .....	25
<b>Tabla 10.</b> Observación científica.....	27
<b>Tabla 11.</b> Resultados obtenidos en el laboratorio de polímeros UNT.....	33
<b>Tabla 12.</b> Granulometría de Arena Gruesa.....	33
<b>Tabla 13.</b> Propiedades del agregado fino.....	34
<b>Tabla 14.</b> Ensayo Granulométrico de piedra chancada.....	34
<b>Tabla 15.</b> Propiedades del piedra chancada.....	35
<b>Tabla 16.</b> Ensayo del Asentamiento.....	35
<b>Tabla 17.</b> Proporción de materiales a utilizar para un ladrillo.....	36
<b>Tabla 18.</b> Cantidad de agregados a utilizar para el asentamiento.....	36
<b>Tabla 19.</b> Proporción de agregados para fabricar ladrillos control y experimental.....	37
<b>Tabla 20.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 7 días de ladrillos control y experimental.....	37

<b>Tabla 21.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 14 días de ladrillos control y experimental.....	39
<b>Tabla 22.</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a 28 días de ladrillos control y experimental.....	40
<b>Tabla 23.</b> Medidas estadísticas de diseño patrón y experimental.....	46

## Índice de Figuras

<b>Figura 01.</b> Diseño de muestra control.....	25
<b>Figura 02.</b> Diseño de muestra experimental.....	25
<b>Figura 03.</b> Proceso de información.....	28
<b>Figura 04.</b> Densidad del agregado fino vs Densidad del PET.....	41
<b>Figura 05.</b> Absorción del agregado fino vs Absorción del PET.....	42
<b>Figura 06.</b> Comparación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de ladrillos control .....	42
<b>Figura 07.</b> Comparación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de ladrillos experimentales.....	43
<b>Figura 08.</b> Comparación de resistencias a los 7 días de grupo control vs experimental.....	44
<b>Figura 09.</b> Comparación de resistencias a los 14 días de grupo control vs experimental.....	44
<b>Figura 10.</b> Comparación de resistencias a los 28 días de grupo control vs experimental.....	45
<b>Figura 11.</b> Comparación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de grupo control vs experimental.....	46
<b>Figura 12.</b> Obtención de los agregados.....	60
<b>Figura 13.</b> PET molido.....	60
<b>Figura 14.</b> Tamizado del PET.....	60
<b>Figura 15.</b> Ensayo de granulometría de la arena y piedra chancada.....	61
<b>Figura 16.</b> Secado de arena saturada para ensayo de peso específico.....	61
<b>Figura 17.</b> Fiola llena de la arena SS con agua hasta los 500 cm <sup>3</sup> .....	61
<b>Figura 18.</b> Secado superficialmente la piedra previamente saturada.....	62

<b>Figura 19.</b> Retirando la piedra sumergido en agua.....	62
<b>Figura 20.</b> Realizando el ensayo de peso unitario suelto y compactado de la arena y piedra.....	62
<b>Figura 21.</b> Taras con muestras de arena y piedra para el ensayo de contenido de humedad .....	63
<b>Figura 22.</b> Ensayo al concreto fresco (asentamiento) a la mezcla patrón.....	63
<b>Figura 23.</b> Ensayo al concreto fresco (asentamiento) a la mezcla experimental.....	63
<b>Figura 24.</b> Mesa vibradora que se usó para la fabricación de los ladrillos.....	64
<b>Figura 25.</b> La elaboración de la mezcla para los ladrillos fue manual.....	64
<b>Figura 26.</b> Arena con la incorporación del PET molido.....	64
<b>Figura 27.</b> Elaboración de las unidades de albañilería.....	64
<b>Figura 28.</b> Ladrillos fraguando sobre un triplay.....	65
<b>Figura 29.</b> Tomando medidas del ladrillo con el vernier.....	65
<b>Figura 30.</b> Pesaje de ladrillos antes de la rotura.....	65
<b>Figura 31.</b> Ladrillo patrón de 7 días luego del ensayo de compresión.....	65
<b>Figura 32.</b> Curado de grupo de ladrillos control y experimental.....	66
<b>Figura 33.</b> Ensayo a la compresión de ladrillos patrón y experimentales .....	66
<b>Figura 34.</b> Visita a la UNT para uso del laboratorio de polímeros.....	67
<b>Figura 35.</b> Horario de atención del laboratorio de polímeros en la UNT .....	67
<b>Figura 36.</b> Equipos que se usan dentro del laboratorio de polímeros de la UNT .....	67

### Palabras clave

Tema	Ladrillos de concreto, resistencia a la compresión, resistencia del concreto, ingeniería civil
Especialidad	Tecnología de los materiales

### Keywords

Topic	Concrete bricks, compressive strenght, concrete strenght, civil engineering
Speciality	Materials technology

### Línea de investigación

<b>Línea de investigación</b>	Construcción y gestión de la construcción
<b>Área</b>	Ingeniería y Tecnología
<b>Sub área</b>	Ingeniería civil
<b>Disciplina</b>	Ingeniería civil Ingeniería de la Construcción



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

### HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%**" del (a) estudiante: **MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ**, identificado(a) con Código N° **1113200105**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **30%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 11 de junio de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN  
VICERRECTOR



**NOTA:** Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

**Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto al sustituir agregado fino  
por tereftalato de polietileno (PET) en un 5%**

## Resumen

El presente proyecto investigó la viabilidad de usar PET reciclado como sustituto parcial del agregado fino en la fabricación de ladrillos de concreto. Se evaluó el impacto de reemplazar el 5% de arena por PET sobre la resistencia a la compresión, comparando un grupo control sin PET y un grupo experimental con la sustitución. El PET, proveniente de botellas plásticas, fue triturado y tamizado para alcanzar una granulometría similar a la arena gruesa. Se empleó un diseño de mezcla de 130 kg/cm<sup>2</sup> para ambos grupos, con pruebas de resistencia a la compresión realizadas a los 7, 14 y 28 días.

Los resultados demostraron que los ladrillos con PET presentaron una resistencia significativamente superior al grupo control. A los 28 días, el grupo experimental alcanzó una resistencia promedio de 177.122 kg/cm<sup>2</sup>, superando tanto al grupo control, que obtuvo 135.201 kg/cm<sup>2</sup>, como los estándares establecidos para ladrillos convencionales.

Se concluye que la incorporación de un 5% de PET como sustituto del agregado fino en ladrillos de concreto mejora su resistencia a la compresión, lo que sugiere que el PET reciclado puede ser un material innovador y sostenible para la industria de la construcción, contribuyendo además a la reducción de residuos plásticos.

## **Abstract**

This project investigated the feasibility of using recycled PET as a partial substitute for fine aggregate in the manufacture of concrete bricks. The impact of replacing 5% of sand with PET on compressive strength was evaluated, comparing a control group without PET and an experimental group with the substitution. PET, from plastic bottles, was crushed and sieved to achieve a particle size similar to coarse sand. A mix design of 130 kg/cm<sup>2</sup> was used for both groups, with compressive strength tests performed at 7, 14 and 28 days.

The results showed that the bricks with PET had significantly higher strength than the control group. At 28 days, the experimental group reached an average strength of 177.122 kg/cm<sup>2</sup>, surpassing both the control group, which obtained 135.201 kg/cm<sup>2</sup>, and the standards established for conventional bricks.

It is concluded that the incorporation of 5% PET as a substitute for fine aggregate in concrete bricks improved their compressive strength, suggesting that recycled PET can be an innovative and sustainable material for the construction industry, also contributing to the reduction of plastic waste.

## Introducción

Esta tesis tiene los siguientes antecedentes. Según Gareca et al. (2019), en su proyecto “Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado”, se menciona el tema de la contaminación ambiental y se proponen nuevas alternativas de reciclaje para que los productos plásticos sean un recurso aprovechable en el área de la construcción. El objetivo es determinar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos ecológicos y encontrar el proceso más apropiado para su producción, de tal manera que se obtenga un ladrillo de calidad y que estos residuos plásticos se usen como material constructivo. Utilizan un enfoque cuantitativo, y su diseño de investigación es de nivel experimental, utilizando la modelación como método. En su muestra, tienen tres dosificaciones distintas para el polietileno, polietileno de baja densidad, polipropileno y tereftalato de polietileno (PET), obteniendo un total de 78 probetas. Como resultado, encuentran que los ladrillos ecológicos cumplen con la normativa de Colombia, Perú y Chile. En cuanto al porcentaje de absorción, disminuye en un 22.6% en comparación con el ladrillo patrón, aunque incrementa su peso. De esta manera, concluyen que es posible elaborar ladrillos ecológicos de calidad para ser usados en construcciones, contribuyendo a un impacto positivo en el medio ambiente gracias al uso de plástico reciclado.

De acuerdo con Moya et al. (2019), en su *proyecto “La construcción sostenible a partir del empleo de ladrillos tipo PET”*, se afirma que el PET no se desecha de manera apropiada, ya que un gran porcentaje termina en las calles o en rellenos sanitarios informales. El proyecto propone al PET como un elemento favorable para una construcción sostenible. El objetivo es otorgar a la sociedad un material de construcción que sea a base del reciclaje de las botellas de plástico, cumpliendo con los requerimientos normativos que certifiquen que sea un ladrillo apto para una mampostería segura. Se emplean botellas de 600 ml rellenas de espuma flex reciclada y triturada, y un grupo de ellas es adherido con clavos e incorporado con mortero a los ladrillos. Otro grupo se trata de la misma manera, pero incorporando un aditivo plastificante, y un tercer grupo es relleno con suelo in situ; siendo un proyecto de

investigación experimental ya que compara resultados. Se analizan los valores obtenidos, y los ladrillos de PET con clavos poseen menor densidad, pero un ligero aumento de peso. Los resultados indican que los ladrillos rellenos con suelo in situ son los que presentan mayor resistencia en tensión diagonal (2.22 MPA) y en compresión axial (3.47 MPA), siendo aptos para construcciones según la norma. Además, se evidencia que las botellas con clavos permiten una mejor adherencia entre el mortero y la fabricación del ladrillo, incrementando la resistencia en tensión diagonal y en compresión axial. Las botellas rellenas con suelo in situ resultan ser las más económicas. Finalmente, se afirma que se ha mejorado la densidad, el peso y la resistencia axial y en tensión diagonal al emplear botellas rellenas de suelo in situ, aunque surge el problema de la adherencia entre el mortero y las botellas, lo cual debe mejorarse para obtener un sistema de mampostería más factible.

Citando a Maure et al. (2018), en su artículo “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas”, se propone la fabricación de ladrillos de plástico fundido con virutas metálicas como un elemento constructivo. Esta investigación permite comprobar si el PET, al incorporarse con el concreto, es resistente y contribuye a disminuir la contaminación ambiental. En una primera etapa, se utilizan 720 gramos de PET y 240 gramos de virutas metálicas a 126°C como temperatura inicial fuera de la caldera y 70°C dentro del recipiente. En una segunda etapa, se emplean 800 gramos de PET con 100 gramos de virutas metálicas, 1000 gramos de PET con 125 gramos de viruta metálica, y 800 gramos de PET con 200 gramos de viruta metálica. Todos los ladrillos elaborados pasan por la prueba de compresión y, en cierta medida, cumplen con los objetivos, dejando como antecedente las investigaciones previas para plantear estudios futuros, mejorando algunos aspectos como la realización artesanal de los ladrillos.

Desde el punto de vista de Sulaiman H. et al. (2023), en el artículo “¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con materiales reciclados en el

centro de Argentina”, se sugiere la posibilidad de desarrollar viviendas usando ladrillos PET con mano de obra local y financiamiento del municipio. Además, integran la simulación higrotérmica, que es una futura exigencia para la ejecución de casas con dinero estatal. Los resultados obtenidos se transfieren al gobierno local como una propuesta sustentable. El objetivo es analizar la factibilidad de desarrollar proyectos de viviendas multifamiliares en Río Cuarto, construidas a base de ladrillos PET. La metodología que utilizan consiste en deducir el costo adicional de los muros internos y externos, evaluando los resultados que arroja la simulación higrotérmica energética sobre un modelo de vivienda. Esta simulación se realiza a través del software ECOTEC, en base al sitio elegido, con tres grupos diferentes: bloques cerámicos huecos, ladrillos PET y bloques de hormigón celular. Los resultados obtenidos mediante la simulación energética y el comportamiento térmico demuestran que es posible crear un diseño de construcción para una vivienda usando PET, siendo bioclimática y económicamente rentable al utilizar este material reciclable. Se concluye que, comparando los tres grupos mencionados inicialmente y con fundamentos comprobables y positivos, es altamente factible la aplicación del PET como material reciclable y accesible en todo el país. No obstante, el bajo porcentaje de reciclaje de botellas es un punto a mejorar para que este proyecto sea posible a gran escala. Se espera que en trabajos futuros se incorpore este análisis para viviendas sostenibles.

Desde la posición de Vargas Guerra M. y Febres Ballón G. (2021), en su tesis “Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET”, se propone un sistema necesario para fabricar ladrillos PET a gran escala. Su objetivo es determinar la viabilidad existente en el mercado para la construcción de una planta de elaboración de ladrillos ecológicos a base de PET, investigando sus características, propiedades físico-mecánicas y los beneficios que puede ofrecer a la sociedad. En su metodología, utilizan el método cualitativo, abarcando diferentes opiniones mediante encuestas a ferreterías. Además, se realizan pruebas a los ladrillos para determinar sus propiedades, establecidas según la norma

peruana. Los resultados indican que el 90% de la población de Lima Metropolitana aprueba los ladrillos de PET, mientras que el 85% de los ferreteros estarían dispuestos a comprarlos para su venta. Afirman que iniciar un proyecto de construcción de una planta fabricadora de ladrillos a base de PET es viable y positivo, al contar con un mercado favorable para este nuevo producto y, sobre todo, por cumplir con las normas técnicas e ingenieriles.

De acuerdo con Díaz Romero A. y Sánchez Gonzales L. (2019), en su tesis “Incorporación del plástico PET en la fabricación de ladrillos artesanales en Jaén”, consideran que aprovechar un material reciclado para emplearlo en métodos constructivos es beneficioso, por lo que proponen usar el PET y evalúan el comportamiento y la adherencia de este material en la fabricación de un ladrillo de arcilla artesanal ecológico. Su objetivo es evaluar la resistencia a la compresión, la variación dimensional, el alabeo y la absorción del ladrillo artesanal con la adición de PET en 0%, 3%, 6% y 10%, según la norma E.070. La investigación es de tipo descriptiva experimental, ya que utilizan una muestra patrón y otras muestras experimentales. Primero, ubican el lugar de la ladrillera donde se fabricarán los ladrillos. Luego, obtienen el PET de una planta chancadora de plásticos en la misma ubicación, donde se tritura el plástico hasta obtener hojuelas de PET de ½ pulgada. También extraen la arcilla de una cantera y la zarandean para finalmente elaborar los ladrillos. El ensayo de variación dimensional de los ladrillos patrón y los que incorporan PET es mínimo, ya que ambos grupos se fabrican con el mismo molde. En el ensayo de alabeo, todos los tipos de ladrillos presentan un alabeo menor a 6 mm. La resistencia de los ladrillos con PET no aumenta, pero cumplen con los requisitos para ser utilizados como ladrillos no estructurales. En cuanto al porcentaje de absorción, según la norma, es aceptable, ya que no supera el 22%. Según los resultados de los ensayos, los ladrillos de arcilla con PET cumplen mínimamente con los criterios de absorción, variación dimensional y alabeo; sin embargo, no logran alcanzar la resistencia requerida para clasificarse como ladrillos de arcilla estructurales según la norma que clasifica las unidades de albañilería para fines estructurales. Se recomienda

utilizar estos ladrillos de arcilla con un 3% de PET en construcciones con fines no estructurales y contar con un control de calidad en la elaboración de estos ladrillos artesanales para asegurar

## Fundamentación científica

### Tecnología de los materiales

Smith, W., y Hashemi, J. (2006), exponen que “La ingeniería de los materiales se interesa principalmente por el empleo del conocimiento fundamental y aplicado acerca de los materiales, de modo que éstos puedan ser convertidos en los productos que la sociedad necesita o desea” (p. 6).

### Ladrillo

La Norma Técnica Peruana E.070 (RNE, 2006) define a la albañilería como “Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (p.8).

La Albañilería es definida como un “conjunto de unidades adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda” (San Bartolomé, 1994, p.2).

Existen ladrillos de diferente material como los “arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, éstas son denominadas Ladrillos y Bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos”. (San Bartolomé, 1994, p.105).

Según el RNE (2006) las unidades de albañilería son “Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular” (p.9).

#### Clasificación de ladrillos

Según las normas peruanas los ladrillos se pueden clasificar por el área de huecos, resistencia y durabilidad. En lo que respecta al área de huecos se basan a la respuesta frente a una rotura. Y respecto a su resistencia y durabilidad va depender de las condiciones que el ladrillo se encuentra al conformar una estructura.

De acuerdo al área de orificios: Esta no dependerá si el ladrillo es de arcilla, adobe o concreto, será en base a los huecos que tenga.

Entonces si los huecos están alineados paralelamente a la superficie de asiento, la falla será frágil. Por otro lado, si los huecos son perpendiculares, la falla dependerá de la relación entre el área de estos huecos y el área total del ladrillo. (Seminario, R. C. 2013, p.7.)

#### Unidades Solidas

De acuerdo al RNE (2006), la define como “unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano” (p.10).

La Norma Técnica Peruana (2003), la denomina como “ladrillo en donde hay un área paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% de la misma sección” (p.2).

#### Unidades huecas

De acuerdo al RNE (2006), la define como “Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano” (p.10).

La Norma Técnica Peruana (2003), la denomina como “Ladrillo que en cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección” (p.2).

Unidades alveolares

De acuerdo al RNE (2006), la define como “Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados” (p.9).

Unidades tubulares o pandereta

La Norma Peruana, tanto como el RNE (2006), coinciden en la definición “Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento” (p,10).

Estas se usan en muros no portantes, ya que posee una porción de vacíos alta.

De acuerdo a su resistencia y durabilidad: Esta dependerá de su aplicación en el campo de la construcción teniendo como base sus propiedades estructurales y durabilidad

Según la NTP 331.017

Los ladrillos lo dividen en 4 grupos, que se basan en su resistencia y la identificamos mediante un número que refiere a su capacidad de resistencia en MPa:

Tipo 21: Destinadas a aplicaciones que exijan una alta resistencia, problemas de humedad y condiciones climáticas extremadamente frías.

Tipo 17: Diseñado para ser utilizado en aplicaciones generales donde se necesite una resistencia moderada, resista humedad y frío.

Tipo 14 y Tipo 10: Adecuado para aplicaciones generales que necesite resistencia moderada.

Según la norma E.070

Clasifica en 5 grupos siendo el tipo I el de calidad más baja y el tipo V el de más alta, teniendo en cuenta la variabilidad dimensional, absorción, alabeo y porcentaje de vacíos.

Tipo I: Tiene una resistencia de 50 kg/cm<sup>2</sup> conocido como King Kong artesanal.

Tipo II: Su resistencia es de 70 kg/cm<sup>2</sup>.

Tipo III: Su resistencia es de 95 kg/cm<sup>2</sup>.

Tipo IV: Tiene una resistencia de 130 kg/cm<sup>2</sup> conocido como King Kong industrial.

Tipo V: Tiene una resistencia de 180 kg/cm<sup>2</sup> conocido como King Koncreto

### Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un ladrillo son la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, variabilidad dimensional, alabeo, succión y porcentaje de vacíos.

#### Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión del ladrillo de concreto se refiere a la capacidad del material para soportar cargas aplicadas de manera perpendicular a su superficie. Este parámetro es fundamental para evaluar el comportamiento estructural del ladrillo y se determina mediante ensayos específicos, donde se somete el material a una carga axial hasta que se produce la ruptura. Generalmente, la resistencia se mide en intervalos de tiempo, como a los 7, 14 y 28 días, lo que permite analizar el incremento de la resistencia con el proceso de curado. Diversos factores influyen en esta propiedad, tales como la proporción de agua y cemento, la calidad de los agregados y las condiciones de curado (Abanto, como se citó en Benites & Leiva, 2015).

Por otro lado, Smith y Hashemi (2006) señalan que la resistencia a la compresión del concreto depende no solo de los materiales utilizados, sino también del control durante la fabricación, como el proceso de mezclado y el tiempo de hidratación. A medida que el concreto se cura, la resistencia aumenta debido a la formación de compuestos cristalinos que refuerzan su estructura interna. Esta propiedad mecánica es crítica para

garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones que emplean ladrillos de concreto.

La resistencia a la compresión es una de las propiedades fundamentales del ladrillo de concreto, ya que indica la capacidad del material para resistir fuerzas de compresión sin romperse o deformarse. Esta característica es esencial en la ingeniería de construcción, ya que permite evaluar la viabilidad del concreto en estructuras, asegurando su estabilidad y durabilidad. Los ensayos normalizados de compresión consisten en aplicar una carga progresiva sobre una muestra de concreto hasta que se produzca su falla, lo que permite determinar su resistencia final (López, 2020).

#### Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un ladrillo de concreto, como la eflorescencia, la absorción de agua y el coeficiente de saturación, pueden influir significativamente en su resistencia a la compresión. La eflorescencia, que es la formación de depósitos de sales en la superficie, puede indicar problemas de porosidad, lo que debilita la estructura interna del ladrillo. La absorción de agua, por su parte, afecta la capacidad del material para resistir ciclos de congelación y descongelación, lo que puede generar fisuras y reducir su resistencia. El coeficiente de saturación, que mide el grado de saturación de los poros, está directamente relacionado con la durabilidad del ladrillo en ambientes húmedos, y su valor elevado tiende a comprometer la resistencia a la compresión (Pérez, 2019).

#### Materia prima de ladrillos de concreto

##### Cemento portland

Según la NTP 334.001 (2011), es un cemento hidráulico que se produce mediante la molienda del clinker, este es obtenido mediante un proceso de calcinación a grandes temperaturas de entre 1400 a 1450 °C de diferentes materiales compuestos por calcáreo y arcilla.

En términos generales el cemento es un conglomerante, que en su etapa final ya molido y en contacto con agua se logra fraguar y finalmente endurecer,

Sus principales compuestos químicos son:

- Silicato tricálcico (C3S) o Alita
- Silicato dicálcico (C2S) o Belita
- Aluminato tricálcico (C3A) o Celita
- Aluminio – ferrito tetracálcico (C4AF) o Felita
- óxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Estos compuestos para llegar a formarse se necesitan de los siguientes químicos:

Tabla 1

*Composición de químicos del clinker*

%	Componente químico	Procedencia
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5%	Oxido de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Pasquel, E. (1998). Tópico de tecnología del concreto en el Perú.

Tabla 2

*Porcentajes de materias primas del clinker*

Compuestos	Porcentajes	Abreviatura
CaO	61% a 67%	C
SiO <sub>2</sub>	20% a 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% a 7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% a 4%	F
SO <sub>3</sub>	1% a 3%	S1
MgO	1% a 3%	M
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% a 1.5%	Alcalis

Fuente: Pasquel, E. (1998). Tópico de tecnología del concreto en el Perú.

De acuerdo a la NTP 331.009 los cementos se clasifican en Tipo I, II, III, IV y V.

### Cemento Tipo I

Destinada a aplicaciones generales, es decir, que no requieran propiedades especiales especificadas.

El cemento Tipo I es un material ampliamente utilizado en la construcción debido a su capacidad para proporcionar buena resistencia inicial y final en una variedad de aplicaciones. Según las especificaciones técnicas, este cemento es conocido como un cemento portland ordinario, que no tiene requisitos especiales para generar resistencia en condiciones agresivas o ambientes extremos, siendo adecuado para obras generales como pavimentos, puentes, edificios y prefabricados (Sánchez, 2018). Su composición incluye clínker y pequeñas cantidades de yeso, lo que permite regular el tiempo de fraguado y desarrollar una adecuada resistencia mecánica (Norma Técnica Peruana, 2017).

El cemento Tipo I tiene un desempeño adecuado en ambientes no agresivos debido a su composición química balanceada. No incluye componentes adicionales para proteger contra ataques químicos severos, como los sulfatos. Sin embargo, la cantidad

de óxido de aluminio y hierro presentes en su formulación le otorgan una resistencia inicial y final adecuada para la mayoría de las obras civiles. La Norma Técnica Peruana (NTP) especifica que el cemento debe cumplir con ciertos requisitos de resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días, logrando resultados que van desde los 12 MPa hasta los 35 MPa en condiciones estándar (Norma Técnica Peruana, 2017).

La composición química del cemento Tipo I también influye en su tiempo de fraguado y resistencia mecánica. El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), presente en pequeñas cantidades (2-5%), regula el tiempo de fraguado al retrasar la hidratación del aluminato tricálcico, permitiendo un manejo adecuado del concreto durante su aplicación. La reacción de los silicatos tricálcico y dicálcico con el agua es responsable del desarrollo de la resistencia a la compresión. De acuerdo con estudios, el cemento Tipo I alcanza una resistencia promedio de 25 MPa a los 7 días, lo que lo convierte en un material eficiente para proyectos que requieren tiempos de construcción cortos sin comprometer la calidad estructural (Gómez & Ramírez, 2020).

Finalmente, el cemento Tipo I es valorado por su simplicidad y economía en obras donde no se exigen propiedades específicas adicionales, como alta resistencia a sulfatos o condiciones ambientales severas. Según la NTP 334.009, su composición debe estar controlada para cumplir con los parámetros de calidad establecidos, lo que garantiza una uniformidad en su desempeño (Norma Técnica Peruana, 2017).

## Arena

Según la NTP 400.037 (2014) la arena es un agregado fino derivado de la desintegración natural o artificial de las rocas, este material se clasifica al pasar por el tamiz 9.51mm (3/8”) y reteniéndose en el tamiz 74um (N° 200).

La norma nos indica que es necesario que el agregado pase ciertos requisitos que definen la calidad y características físicas de este, para poder usarlo en la elaboración de concreto.

## Propiedades físicas de la arena

### Peso Específico

Según la NTP 400.022 (2013), la densidad específica se define como la relación entre la masa seca del agregado y su volumen total, incluyendo los poros, pero excluyendo los vacíos entre partículas. Por otro lado, el peso específico de masa se define como la relación entre la densidad específica de la arena y la densidad del agua destilada, excluyendo el aire.

### Peso unitario

De acuerdo a la NTP 400.017 (2011), se refiere a la relación entre la masa del agregado y su volumen total, teniendo en cuenta los huecos entre las partículas. Indica que el peso unitario se expresa en forma suelta y compactado y en Kg/cm<sup>3</sup>.

### Granulometría

La NTP 400.012 (2001), la define como la distribución del agregado de acuerdo al tamaño de las partículas, por medio de los diferentes tamices normados, y se representa mediante una curva granulométrica en escala logarítmica. Esta propiedad es fundamental sobre el cemento fresco y endurecido.

### Tabla 3

#### *Requisitos Granulométricos del Agregado Fino*

Tamiz	Porcentaje Pasando (%)
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 um (N°30)	25 a 60
300 um (N°50)	5 a 30
150 um (N°100)	0 a 10

Fuente: ASTM C 33-03. Especificación estándar para agregados para concreto

### Módulo de Fineza

La NTP 400.011 (2008), la define como la representación de la suma del material retenido en los tamices 3", 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N°100 dividida entre 100. La ASTM C 125 sugiere que una arena tenga un MF entre 2.3 y 3.1

### Material Fino que pasa la Malla N°200

La NTP 400.018 (2002) establece un método húmedo que consiste en atravesar la muestra por el tamiz N°200 realizando la acción de lavado, de tal manera se elimina partículas de arcilla o suciedad.

### Contenido de Humedad

Según NTP 400.011 (2008), es la cantidad total de agua que posee el agregado de forma natural, en relación al peso seco de la muestra y se expresa en porcentaje, el cual no debe exceder del 5%.

### Porcentaje de absorción

La NTP 400.011 (2008), tiene por definición, a la cantidad de agua total que puede absorber el agregado en un estado saturado superficialmente seco con relación al peso de la muestra seca, y se expresa en porcentaje.

### Grava

Conocido también como piedra triturada, esta tiene un tamaño que iguala o supera los 5 mm. Según la normativa ASTM, suele referirse a partículas con dimensiones comprendidas entre 9.5 y 75 mm (3/8" a 3").

Este agregado debe estar libre de barro, limo, sales, materia orgánica u otras sustancias perjudiciales para el concreto. De forma angular y rugoso sería lo conveniente. Por ello, la norma nos indica ensayos que son requisitos para concretar su calidad y características físicas.

## Propiedades de la grava

### Peso específico

Según la NTP 400.021 (2013), se refiere a la relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura específica; estos valores no tienen dimensiones.

### Peso unitario

De acuerdo a la NTP 400.017 (2011), se refiere a la relación entre la masa del agregado y su volumen total, teniendo en cuenta los huecos entre las partículas. Indica que el peso unitario se expresa en forma suelta y compactado y en Kg/cm<sup>3</sup>.

### Granulometría

La NTP 400.012 (2001), la define como la distribución del agregado de acuerdo al tamaño de las partículas, por medio de los diferentes tamices normados, y se representa mediante una curva granulométrica en escala logarítmica. Esta propiedad es fundamental sobre el cemento fresco y endurecido.

La gradación recomendada está establecida en la ASTM C 33-03. En este proceso se puede hallar el TM y el TMN.

### Contenido de humedad

Según NTP 400.011 (2008), es la cantidad total de agua que posee el agregado de forma natural, en relación al peso seco de la muestra y se expresa en porcentaje, el cual no debe exceder del 3%.

### Porcentaje de absorción

Conforme la NTP 400.021, tiene por definición, a la cantidad de agua total que puede absorber el agregado en un estado saturado superficialmente seco, que antes fue sumergido 24 horas en agua con relación al peso de la muestra seca, y se expresa en porcentaje. Medida de porosidad de la grava necesaria para un diseño de mezcla.

## Agua

El agua desempeña un papel esencial en las mezclas de concreto pues facilita el proceso de fraguado del cemento, permitiendo cumplir su función aglutinante.

Su función primordial consiste en activar la hidratación del cemento, pero también mejora la manejabilidad de la mezcla. Sin embargo, si se requiere agua adicional sería optar por aditivos plastificantes, ya que ese extra puede afectar la resistencia.

“El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas”. (El concreto, 2009).

Guide to External Curing of Concrete (2016), menciona que el agua durante el proceso de curado cumple la conservación de la humedad óptima y temperatura de la mezcla recién colocada, con el objetivo de favorecer el proceso de hidratación del concreto

La NTP 339.088 (2019), indica que el agua debe ser potable, están prohibidas las aguas acidas, calcáreas, las que son derivadas de minas o relaves, que contengan cloruro de sodio mayor a 3% o sulfato mayor a 1%, materias orgánicas, minerales y otros.

A continuación, por medio de una tabla podemos identificar más a detalle los límites permisibles que el agua a usar en el concreto debe tener.

Tabla 4

### *Límites permisibles del agua*

Sustancia	Límite máximo
Cloruros	1000 ppm
Sulfatos	600 ppm
Alcalinos	1000 ppm
Ph	6 a 8
Residuos sólidos	5000 ppm
Materia orgánica	3 ppm

Fuente: NTP 339.088 (2019)

## Tereftalato de polietileno (PET)

Alesmar et al. (2008), menciona que, el PET es un material muy reconocido a la actualidad, es ligero y resistente, tiene brillo y es transparente. Se usa para conservar alimentos y es reciclable. A menudo, las botellas fabricadas con este material son desechables, terminando en bolsas de basura y en vertederos de residuos municipales.

Según la Asociación Latinoamericana de la Industria Plástica (ALIPLAST), en su estudio afirma que, aproximadamente el 64% del peso de un kilogramo de PET proviene del petróleo, mientras que el 23% proviene de gas natural y el 13% restante corresponde al aire.

### Origen

Alesmar et al. (2008), en su artículo refiere que el PET fue originado y registrado por J. R. Whinfield y J. T. Dickson como un polímero para fibra en 1941. Desde 1955, comenzó a utilizarse en la producción de envases especialmente para líquidos.

### Propiedades

De acuerdo con Juárez, M., Santiago M. E., Vera, J., (2011), la incorporación del PET representa un avance significativo en la ingeniería. Este material posee ciertas propiedades que se detalla a continuación:

Tabla 5

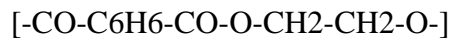
#### *Propiedades del PET*

Propiedades	Valor típico
Densidad	1.33 – 1.34 g/cm <sup>3</sup>
Forma física	Hojuela
Resistencia a la tracción	55.89 kg f/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	599.96 kg f/cm <sup>2</sup>
Densidad aparente	0.85/cm <sup>3</sup>

Fuente: Juárez M., et al, 2011

## Composición

Según Ambientum, el PET se produce por un proceso el cual inicia mediante la combinación clave del ácido tereftálico y el etilenglicol. Químicamente se resume en la siguiente fórmula:



## Técnicas de reciclado

El PET es completamente reciclable y para maximizar su reutilización, se requiere un avance tecnológico y de estudio más amplio.

El principal obstáculo es que no existe una formalidad ni leyes que respalden el reciclaje de plásticos PET, por lo que tiene un destino equivocado contaminando grandes áreas del Perú.

## Reciclado mecánico

Actualmente, el método más común y empleado es el de triturar, separar y lavar los envases. A esta magnitud del proceso pueden ser usadas directas, sin requerir la conversión de pellets (Arpec, 2011-2018).

“El Polietileno es reciclable, es decir, se vuelve a fundir y transformar en productos finales. El Polietileno reciclado es utilizado para fabricar bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, marcos, film para agricultura, etc.” (New polymer, 2002).

## Recuperación energética

“Los residuos plásticos –incluidos los de Polietileno– contienen energía comparable con la de los combustibles fósiles, de ahí que constituyen una excelente alternativa para ser usados como combustible para producir energía eléctrica y calor” (New polymer, 2002).

## Reciclado químico

Los procesos más importantes que tiene el reciclado químico son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis. Estas tecnologías se vienen desarrollando a escalas industriales (Arpec, 2011-2018).

“Se están desarrollando nuevas técnicas de gran complejidad que permitirán reciclar químicamente no sólo al Polietileno sino a todos los plásticos. De esta manera se podrán recuperar los componentes naturales para volverlos a utilizar como materias primas y así optimizar aún más los recursos naturales” (New polymer, 2002).

## Rellenos sanitarios

El polietileno, es un material reciclable. “Pero de no mediar otra opción, si tienen que ser enterrados en un Relleno Sanitario, es importante saber que los residuos de polietileno son absolutamente inocuos para el medio ambiente”. (New polymer, 2002).

## Justificación de la investigación

### Justificación teórica

El presente proyecto encontrará la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto con adición del PET en un 5% con el fin de comprobar si su resistencia es mayor.

### Justificación científica

Los resultados obtenidos sobre esta investigación de un diseño de mezcla con PET como reemplazo del agregado fino en un 5% nos ayudaran en definir si se puede dar el uso al PET correspondiente en las construcciones de albañilerías en viviendas.

“Con especial atención al reciclaje de tereftalato de polietileno (en adelante, PET) ya que el artículo 10 de la ley N°30884 dispone la obligación del uso de material reciclado postconsumo en botellas de PET, en al menos 15% de su composición”. (CER, 2020, p.10)

En base a un estudio para ver qué tan viable es una planta de pet reciclado con el fin que genere un nuevo material para ser usado en la construcción, se “proyecta un crecimiento sostenido, es así que para el primer año de producción (2002), de los 10,917.27 millones de ladrillos que producirían los potenciales clientes, de los cuales el 15% corresponde el agregado de gránulos de PET reciclado”. (Prada & Del Carpio, 2022, p.34).

Al finalizar la investigación se tendrá una base para estudios a futuro de este material reciclable incorporado en la fabricación de ladrillos de concreto.

## Problema

Estos últimos años se ha observado un aumento en la cantidad de proyectos que priorizan la protección del medio ambiente, incorporando el reciclaje como una parte integral de la solución para abordar la eliminación de materiales contaminantes que son difíciles de descomponer.

El Ministerio de Ambiente (2018, como se citó en CER,2020) afirma que “la tasa de reciclaje en el Perú es muy baja (<3.5%) y que Lima Metropolitana y Callao generan alrededor del 50% de los residuos plástico a nivel nacional”

En el ámbito de la construcción existen proyectos e iniciativas que proponen el uso del PET. Prada y Del Carpio (2022) en su estudio revela que “pese a que el 20% de los entrevistados tiene conocimiento acerca de los beneficios económicos y ambientales del uso del PET como material de construcción, ni una de las empresas emplea este material al momento de la entrevista” (p.33).

Según Condori y Navarrete (2022) menciona que “la cantidad de PET en la dosis y su tamaño de partícula también puede influir en las resistencias a la compresión” (p. 86). Por lo que se requiere realizar ensayos a diferentes porcentajes para encontrar la óptima cantidad.

De esta manera, la presente investigación pretende utilizar el PET como material de construcción. Comparando la resistencia del ladrillo macizo de concreto sin PET con otro incorporándole PET, llevando a cabo estudios previos.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la influencia del PET adicionado en un 5% en remplazo del agregado fino sobre la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto?

### Conceptualización y operacionalización de variables

Tabla 6

*Variable dependiente: Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto	Se refiere a la relación entre la carga máxima soportada por compresión de un ladrillo de concreto y su sección transversal (NTP 399.611, 2010).  Ladrillo de concreto: elemento fundamental de la albañilería (NTP E-070, 2006)	La evaluación de la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto se llevará a cabo utilizando una máquina de ensayo de compresión. Se determinará dividiendo la carga de ruptura entre el área de la sección que soporta la carga, y los resultados se expresaran en kg/cm2 (NTP 399.604, 2002).	Edad del concreto  Fuerza axial	Kg/cm2  %

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

*Variable independiente: Reemplazo en un 5% de PET*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Reemplazo en un 5% de PET	El PET, es un tipo de plástico que se fabrica a partir de la combinación de etileno paraxileno. Es transparente, rígido y altamente resistente. (RECICLAMÁS, 2021)	Se reemplazará el agregado fino por PET, este 5% se pesará de acuerdo al diseño de mezcla (ACI 211).	Dosificación para ladrillo de concreto con 5% de PET	Proporción (%)

Fuente: Elaboración propia

### Hipótesis

Al sustituir el agregado fino por PET en un 5% se producirá un ladrillo de concreto que cumplirá con los estándares de resistencia a la compresión establecidos en la norma técnica E-070.

El objetivo general es: Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto al sustituir la arena por PET en un 5%.

Los objetivos específicos son:

- ❖ Describir las características físico mecánicas del PET
- ❖ Determinar la relación agua/cemento del ladrillo de concreto patrón y experimental.
- ❖ Determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto patrón y experimentales a los 7, 14 y 28 días.
- ❖ Analizar, comparar e interpretar los resultados de la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto con validez estadística a los 7, 14 y 28 días.

## **Metodología**

### **Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación:**

Según su finalidad: Es una investigación aplicada puesto que los resultados encontrados en la investigación están orientada a lograr un nuevo conocimiento sobre la resistencia a la compresión incluyendo al PET como material constituyente para los ladrillos de concreto.

Según su alcance: Es una investigación explicativa porque describirá y relacionará los resultados, encontrando las causas





















#### **Diseño de investigación:**

Se trata de un diseño experimental a nivel experimental, ya que implica un proceso de estudio sobre la resistencia del ladrillo de concreto mediante la sustitución del 5% de arena por PET en la mezcla. Se conformarán dos grupos de estudio: uno de control y otro experimental, que empleará el nuevo diseño de mezcla con PET triturado.

El método experimental se basa en pruebas, ensayos, repetición y utilización de un laboratorio especializado. La mayor parte del estudio se llevará a cabo en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro, donde se observarán y discutirán los resultados obtenidos.

Tabla 9

*Número de ladrillos necesarios para realizar la prueba de compresión*

Días de curado	Grupo control 0%	Grupo experimental 5%
7 DÍAS		
		
		
		
14 DÍAS		
		
		
		
28 DÍAS		
		
TOTAL	9 und	9 und

Fuente: Elaboración propia

El diseño es el siguiente:

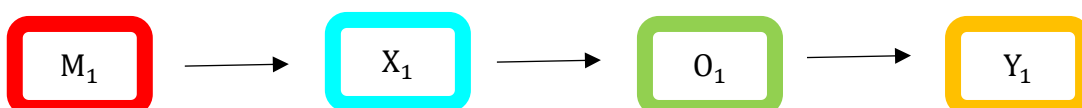


Figura 01. Diseño de muestra de control

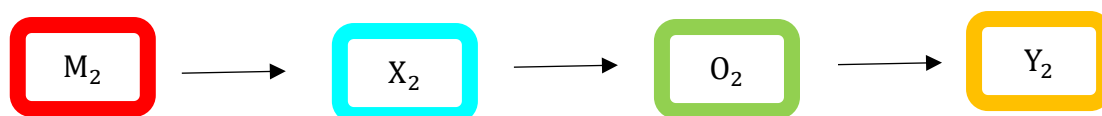


Figura 02. Diseño de muestra de experimental

Donde:

M1: Muestras de ladrillo de concreto del grupo control

X1: Diseño de ladrillos de concreto sustituyendo la arena en un 0% por PET.

O1: Observación del comportamiento de las muestras

Y1: La resistencia a la compresión del grupo control

M2: Muestras de ladrillo de concreto del grupo experimental

X2: Diseño de ladrillos de concreto al sustituir arena en un 5% por PET.

O2: Observaciones del comportamiento de las muestras

Y2: La resistencia a la compresión del grupo experimental

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que examina las variables y sus indicadores midiendo y registrando objetivamente sus valores. Utiliza métodos de recolección de datos cuantitativos, como observaciones, y se fundamenta en la aplicación de técnicas estadísticas.

## **Población y muestra**

### **Población**

Grupo de ladrillos de concretos hechos de manera artesanal donde están incluidos los ladrillos patrones y experimentales, teniendo como base los parámetros que indica la Norma Técnica Peruana. La población fue de 40 ladrillos.

### **Muestra**

No Probabilística

La muestra está compuesta por: 18 ladrillos

Nueve (9) muestras como patrón

Nueve (9) muestras experimentales (al sustituir 5% de arena por pet)

Se identificará al ser rotuladas con algún código.

### **Técnica e instrumentos de investigación**

Tabla 10

Observación científica

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación resumen Fichas técnicas de los ensayos a realizar (laboratorio)

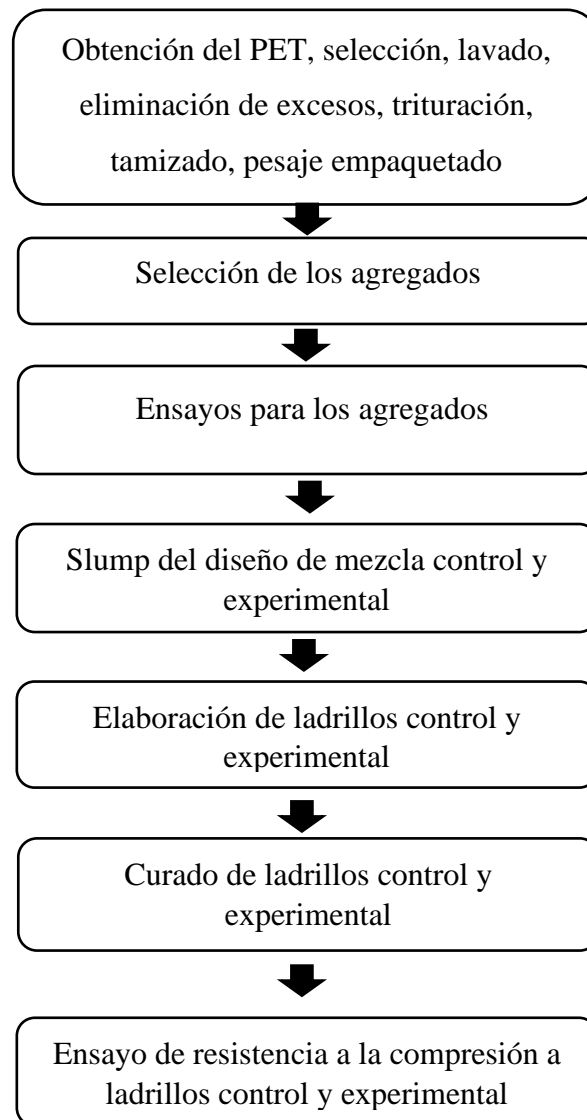
Fuente: Elaboración propia

### **Proceso de información**

Todos los datos obtenidos se procesaron por el programa Excel. Para el análisis se usó métodos estadísticos tanto descriptivos como inferenciales.

Se crearon tablas y gráficas comparativas, con porcentajes y promedios que nos permitieron evaluar y observar el comportamiento viable en estudio.

Fue importante seguir un orden, cumpliendo con las normativas establecidas. Por ello, el desarrollo de este trabajo de investigación consistió en los siguientes procedimientos:



*Figura 03.* Proceso de información

**Obtención del PET, selección, lavado, eliminación de excesos, trituración, tamizado, pesaje**

Este procedimiento consistió en cambiar la forma original encontrada al momento del reciclaje del PET a un molido. Se realizó las siguientes actividades:

Recolectar las botellas de plástico

Se seleccionó aquellas que estén libre de aceite, petróleo u otras sustancias que llegaron a contaminarla.

Se lavó las botellas para eliminar impurezas o materias orgánicas presentes.

Se eliminó todo lo que no corresponda al Pet, como etiquetas, tapas, etc.

Se traslado a una planta recicladora ubicada en Coishco donde se trituro hasta el punto que el pet tenga casi la misma apariencia del agregado fino.

La geometría del PET obtenida no fue la mejor, de hecho, se pudo observar que, por la misma, el plástico afectó en la trabajabilidad de la mezcla fresca, ya que este debía tener una forma angular y rugosa con un área menor. Ante ese inconveniente, se realizó un tamizado; utilizándose el pasante de la Malla N°16. Esta propiedad jugó un factor importante. Para ser más precisos se tamizo lo triturado, de tal manera que se seleccionó la misma granulometría de la arena.

Se peso y separo para su uso posteriormente.

### **Selección y ensayos de los agregados**

Se obtuvo la arena gruesa de la cantera Vesique y la piedra chancada de la cantera La Sorpresa. Puestos en saco se llevó al laboratorio de suelos para los respectivos ensayos correspondientes como:

Contenido de humedad

Peso unitario

Peso específico

Absorción

Granulometría

Todos ellos según el procedimiento que manda la NTP, y con las fichas donde se llenó los resultados obtenidos.

### **Slump del diseño de mezcla control y experimental**

Con este ensayo se encontró el asentamiento que tiene la mezcla en su estado fresco, esta medida indicó que tan trabajable es la mezcla. Dependiendo la estructura tiene mucho que ver el asentamiento.

El ensayo consistió en preparar la mezcla según diseño como para la proporción de 3 ladrillos. Puesto en el mixer y en proceso de mezclado, se preparó el cono de Abrams.

Primero se humedeció el interior y luego puesto sobre una base plana y asegurada por las dos orejas en una posición firme, se procedió a introducir la mezcla en 3 capas. Cada capa varillada 25 veces alrededor de todo el cono y de manera uniforme, en la última capa se enrasó eliminando el exceso para que quedara a nivel del molde.

Finalmente, se levantó el molde verticalmente rápidamente y se colocó al lado de manera invertida, sobre ella la varilla de manera horizontal para poder medir con una wincha el slump o asentamiento.

### **Elaboración de ladrillos control y experimental**

En este proceso se elaboró la muestra de la investigación, que consistió en 9 ladrillos patrón y 9 ladrillos experimentales con la dosificación propuesta.

Se empezó con el pesaje de los agregados, cemento, agua y pet de acuerdo al diseño

Primero se verificó que el interior del mixer este húmedo, seguido se agregó toda la piedra con un poco de agua. Se encendió el equipo y se mezcló por unos segundos para que se acomode la piedra. Posteriormente, se agregó toda la arena, todo el cemento y el sobrante del agua. Después se mezcló por 3 minutos, se procedió a apagar el equipo para que repose la mezcla por 3 minutos más y por último se retornó a mezclar por 2 minutos más.

Para la fabricación de nuestros ladrillos se utilizó un molde con 2 espacios para la elaboración de un par de ladrillos solidos con medidas de: 23 cm de largo, 23 cm de ancho y 8 cm de alto. Además, de una mesa vibradora con un motor de ½ HP y una plancha de empaste para el acabado final de los ladrillos. El molde se apoyó sobre una mesa vibradora para que obtenga mejores resultados durante 30 segundos de vibrado, rellenando después con más mezcla debido al asentamiento producto de la acción del vibrado. La máquina fue operada de manera empírica, es decir esta actividad puede tener algún cambio o mejora dependiendo del investigador para llegar a un resultado más optimo. Importante saber también que a la actualidad no existe un procedimiento

que este normado para la fabricación de ladrillos de concreto, por lo que en esta investigación se hizo de la manera más certera posible.

Rápidamente se procedió a quitar algún exceso de mezcla y enrasar, para obtener un acabado lo más nivelado y prolijo posible. Fue necesario que todo el proceso se llevara de la manera más rápida posible ya que aquí el tiempo si es un factor importante al momento de elaborar los ladrillos.

Finalmente procedimos a desmoldar y se dejó fraguar durante 24 horas sobre una plancha de triplay.

### **Curado de ladrillos patrón y experimentales**

Al día siguiente del vaciado se colocaron los ladrillos en una poza con agua potable para el proceso de curado por inmersión por 24 horas y se retiraron del recipiente 24 horas antes de ser ensayados.

### **Ensayo de resistencia a la compresión a ladrillos control y experimental**

A este punto que hemos llegado se determinó la resistencia máxima que llegó a tener las muestras de ladrillos, a los 7, 14 y 28 días.

Antes de ingresar las muestras al equipo, estas se midieron con un vernier, obteniendo las longitudes de los ladrillos y también se pesó cada una de ellos. Recién ahí, se colocó el ladrillo sobre los retenedores superior e inferior y entró al equipo.

Dentro ya el ladrillo de la prensa hidráulica, la pantalla fue mostrando la carga aplicada que se estuvo incrementando hasta que este llegó a fallar, en ese momento preciso fue carga máxima soportada.

El equipo registró esos datos que luego nos sirvió para hallar la resistencia. Aplicamos la formula establecida en la norma que es la siguiente:

$$f'c = P * A$$

Donde:

$f'c$ : Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

P: Carga máxima total (kgf)

A: Área de la superficie de carga (cm<sup>2</sup>)

Se repitió el mismo procedimiento a los 7, 14 y 28 días.

## Resultados

### Resultados del ensayo de densidad y absorción del pet molido

Tabla 11

*Resultados obtenidos en el Laboratorio de Polímeros UNT*

Masa Inicial (suministro)	4.6120 g
Masa húmeda-2hr/100°C	4.6216 g
Masa seca-24hr/50°C	4.6090 g
Volumen desplazado	3.45 ml
Densidad = (Masa inicial/Volumen desplazado)	1.34 g/cm <sup>3</sup>
Capacidad de absorción = (Masa húmeda-Masa seca) / (Masa seca)	0.27%

Fuente: Ensayos realizados en el Laboratorio de Polímeros de la UNT

### Resultados de los ensayos realizados al agregado fino

Tabla 12

*Granulometría de la Arena Gruesa*

N°	Tamiz Abert. (mm.)	Peso reten. (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumul.	% Que pasa
					100
N° 4	4.760	5.00	0.70	0.70	99.30
N° 8	2.360	15.00	2.10	2.80	97.20
N° 16	1.180	255.00	35.20	37.90	62.10
N° 30	0.590	250.00	34.50	72.40	27.60
N° 50	0.300	130.00	17.90	90.30	9.70
N° 100	0.149	40.00	5.50	95.90	4.10
N° 200	0.074	25.00	3.40	99.30	0.70
PLATO		5.00	0.70	100.00	0.00
TOTAL		725.00			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos USP

Tabla 13

*Propiedades del agregado fino*

Ensayos al agregado fino	
Módulo de fineza	3.00
Peso específico	2.70 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	0.44 %
Absorción	0.50 %
Peso unitario suelto	1513.03 kg/m <sup>3</sup>
PUS corregido por humedad	1506 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1655.31 kg/m <sup>3</sup>
PUC corregido por humedad	1648 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos USP

**Resultados de los ensayos hechos al agregado grueso**

Tabla 14

*Ensayo Granulométrico de piedra chancada*

Tamiz		Peso reten. (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido acumul.	% Que pasa
Nº	Abert. (mm.)				
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.760	85.00	12.90	12.90	87.10
Nº 8	2.360	535.00	81.10	93.90	6.10
Nº 16	1.180	40.00	6.10	100.00	0.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		660.00	100.00		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos USP

Tabla 15

*Propiedades de piedra chancada*

Ensayos a la piedra chancada	
TMN	N° 4
Peso específico	2.87 gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	0.57 %
Absorción	1.65 %
Peso unitario suelto	1356.41 kg/m <sup>3</sup>
PUS corregido por humedad	1349 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1435.92 kg/m <sup>3</sup>
PUC corregido por humedad	1428 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos USP

**Resultados del ensayo en estado fresco**

Tabla 16

*Ensayo del Asentamiento*

Mezclas	% adición de PET	Asentamiento (pulg)
Patrón	0%	1.0
Convencional	5%	1.5

Fuente: Elaboración propia

## Resultados de cantidad de agregados a usar

Tabla 17

*Proporción de materiales a utilizar para un ladrillo*

Descripción	Agregados				Nuevo material	Relación
	Cemento	Piedra	Arena	Agua	Pet	A/C
Control	0.58 kg	1.34 kg	3.03 kg	0.54 lt	0	0.90
Experimental (5%)	0.58 kg	1.34 kg	2.88 kg	0.54 lt	0.15 kg	0.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

*Cantidad de agregados a utilizar para el asentamiento*

Descripción	Agregados				Nuevo material
	Cemento	Piedra	Arena	Agua	Pet
Control	1.74 kg	4.02 kg	9.09 kg	1.62 lt	0
Experimental (5%)	1.74 kg	4.02 kg	8.64 kg	1.62 lt	0.45 kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

*Proporción de agregados para fabricar ladrillos control y experimental*

Materiales	Cantidad de especímenes=18	
	Patrón (9 unidades)	Experimental 5% de pet (9 unidades)
Cemento (Kg)	5.22	5.22
Agregado fino (Kg)	27.27	25.92
Agregado Grueso (Kg)	10.72	10.72
Agua (lt)	4.86	4.86
Pet (Kg)	0	1.359

Fuente: Elaboración propia

### **Resultados de ensayo de resistencia a la compresión**

Tabla 20

*Resultados del Ensayo de Resistencia a la compresión a 7 días de ladrillos control y experimental*

Porcentaje de sustitución de agregado fino por PET	Peso (Kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>0 %</b>	LP1	5.324	23.17	13.00	8.18	301.15	34990.00	116.190
	LP2	5.190	23.06	12.62	8.09	290.93	33220.00	114.184
	LP3	5.250	23.11	13.00	8.11	300.40	34120.00	113.583

								Resistencia a la compresión promedio:	114.652
									(88.19%)
								Varianza:	1.242
								Desviación Típica:	1.115
								Coefficiente de Variación:	0.97%
LE1	5.076	23.07	13.03	8.19	300.63	40660.00		135.247	
LE2	5.042	23.05	13.18	8.13	303.65	41800.00		137.658	
LE3	4.990	23.11	12.85	8.09	296.96	40030.00		134.798	
								Resistencia a la compresión promedio:	135.901
									(104.54%)
								Varianza:	1.577
								Desviación Típica:	1.256
								Coefficiente de Variación:	0.92 %

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los ladrillos control a 7 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=114.652$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 88.19% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

Mientras a los ladrillos experimental a 7 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=135.901$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 104.54% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 21

*Resultados del Ensayo de Resistencia a la compresión a 14 días de ladrillos control y experimental*

Porcentaje de sustitución de agregado fino por PET		Peso (Kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
	LP1	5.118	23.12	12.90	8.00	298.28	36570.00	122.603
	LP2	5.432	23.17	13.15	8.24	304.72	37050.00	121.588
	LP3	5.396	23.11	13.18	8.31	304.52	38280.00	125.704
<b>0%</b>	Resistencia a la compresión promedio:							123.298
								(94.84%)
	Varianza:							3.066
	Desviación Típica:							1.751
Coeficiente de Variación:							1.42%	
	LE1	5.030	23.10	13.00	8.23	302.12	45900.00	151.929
	LE2	5.080	23.18	13.14	8.23	304.44	46930.00	154.154
	LE3	5.055	23.15	12.95	8.25	299.79	45920.00	153.173
<b>5%</b>	Resistencia a la compresión promedio:							153.085
								(117.76 %)
	Varianza:							0.829
	Desviación Típica:							0.910
Coeficiente de Variación:							0.59%	

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los ladrillos control a 14 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=123.298$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 94.84% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

Mientras a los ladrillos experimental a 14 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=153.085$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 117.76% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 22

*Resultados del Ensayo de Resistencia a la compresión a 28 días de ladrillos control y experimental*

Porcentaje de sustitución de agregado fino por PET	Peso (Kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	
<b>0%</b>	LP1	5.385	23.13	13.10	8.21	302.82	41260.00	136.252
	LP2	5.320	23.14	12.85	8.17	297.32	39900.00	134.200
	LP3	5.365	23.09	13.05	8.21	301.29	40720.00	135.151
	Resistencia a la compresión promedio:							135.201
								(104%)
	Varianza:							0.703
	Desviación Típica:							0.838
Coeficiente de Variación:							0.62%	
<b>5%</b>	LE1	5.095	23.11	13.10	8.07	302.74	57080.00	178.635
	LE2	5.145	23.12	13.20	8.12	305.00	53620.00	175.802
	LE3	5.095	23.17	12.57	8.12	291.25	51530.00	176.929
	Resistencia a la compresión promedio:							177.122
								(136.25%)
	Varianza:							1.356
	Desviación Típica:							1.164
Coeficiente de Variación:							0.66%	

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los ladrillos control a 28 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=135.201$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 104% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

Mientras a los ladrillos experimental a 28 días, se obtuvo una resistencia de  $f'c=117.122$  kg/cm<sup>2</sup> que es el promedio de las 3 muestras, lo que viene a representar un 136.25% logrado respecto a un diseño de  $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>.

### Comparaciones de resultados de ensayos

Comparamos la diferencia de la densidad del agregado fino y el PET, obteniendo 2.70 gr/cm<sup>3</sup> y 1.34 gr/cm<sup>3</sup> correspondientemente. Teniendo una diferencia de 50.37% a comparación del agregado fino.

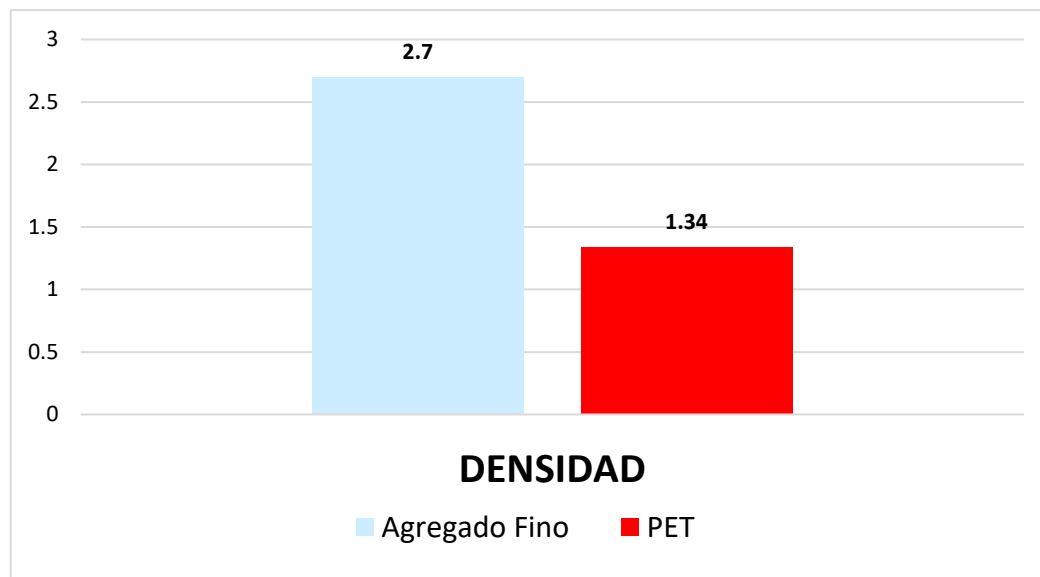


Figura 04. Densidad del agregado fino vs Densidad del PET

Su capacidad de absorción del PET es 0.27% y del agregado fino 0.50%. teniendo una diferencia del 46% respecto a su capacidad de absorción.

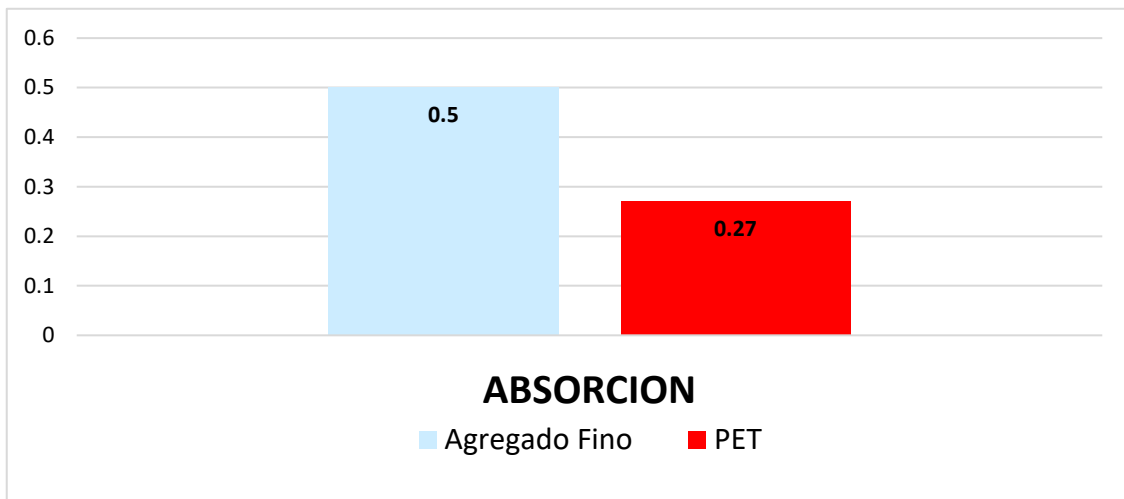


Figura 05. Absorción del agregado fino vs Absorción del PET

Comparamos las resistencias que llegaron a alcanzar los ladrillos control a los 7, 14 y 28 días. Observamos que al pasar los días este incrementa teniendo así a los 7 días una resistencia de 114.652 kg/cm<sup>2</sup>; a los 14 días, 123.298 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 133.90 kg/cm<sup>2</sup>

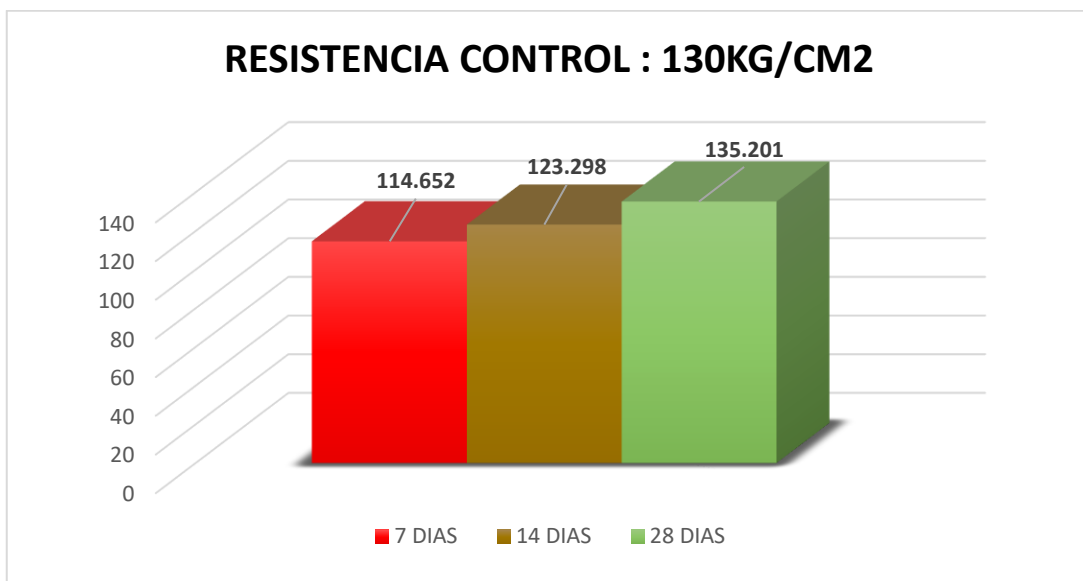
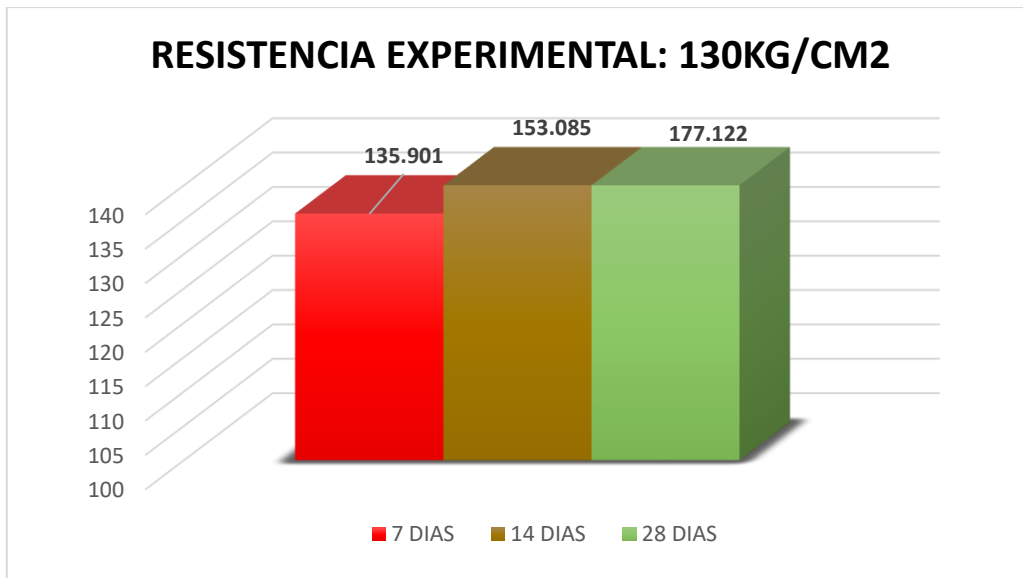


Figura 06. Comparación de resistencias a los 7. 14 y 28 días de ladrillos control

Comparamos las resistencias que llegaron a alcanzar los ladrillos experimentales a los 7, 14 y 28 días. Observamos que al pasar los días este incrementa teniendo así a los 7 días

una resistencia de 135.901 kg/cm<sup>2</sup>; a los 14 días, 153.085 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días 177.122 kg/cm<sup>2</sup>



*Figura 07.* Comparación de resistencias a los 7. 14 y 28 días de ladrillos control

Aquí comparamos la resistencia promedio que llegó a los 7 días el grupo control y experimental. Alcanzando el grupo control 114.652 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 88.19% del diseño establecido. Siendo superado por el grupo experimental al obtener 135.901 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 104.54%.

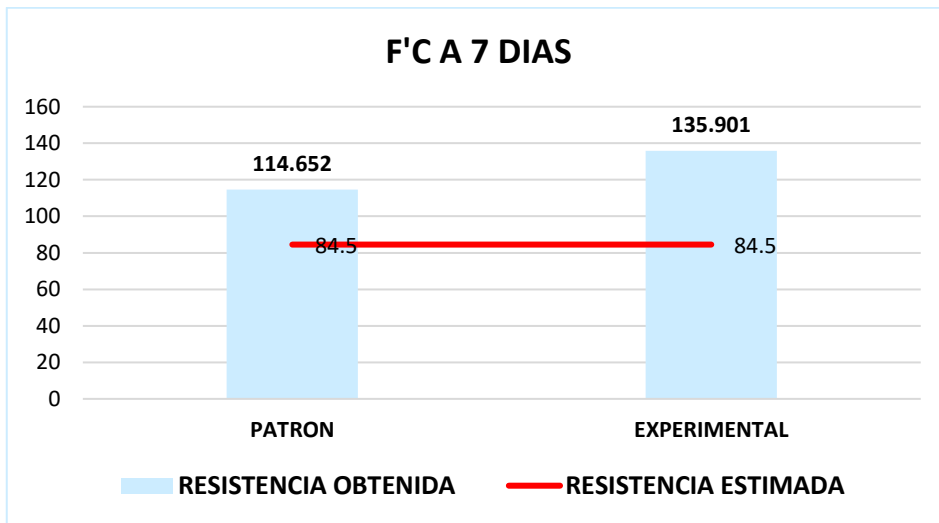


Figura 08. Comparación de resistencias a los 7 días de grupo control vs experimental

En este grafico comparamos la resistencia promedio que llego a los 14 días el grupo control y experimental. Alcanzando el grupo control 123.298 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 94.84% del diseño establecido. Siendo superado por el grupo experimental al obtener 153.085 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 117.76%.

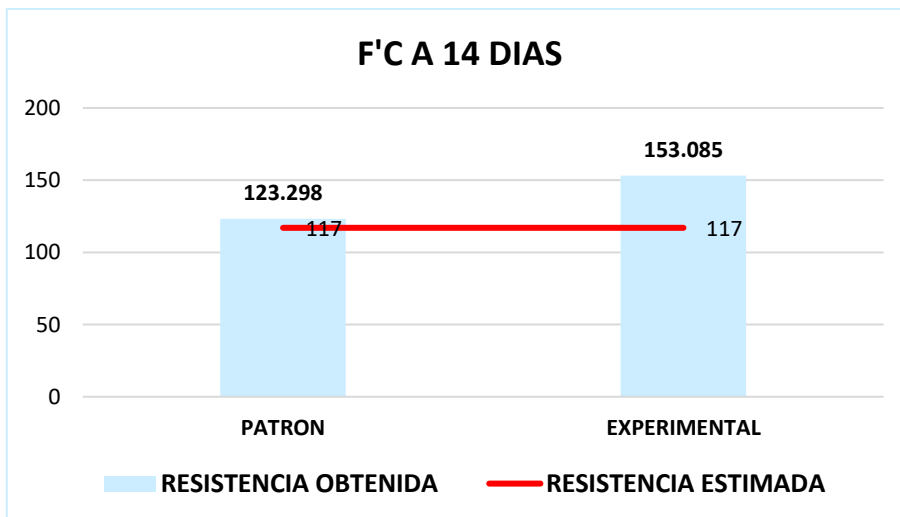


Figura 09. Comparación de resistencias a los 14 días de grupo control vs experimental

Según el gráfico podemos ver la comparación de la resistencia promedio que llegó a los 28 días el grupo control y experimental. Alcanzando el grupo control 135.201 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 104.54% del diseño establecido. Siendo superado por el grupo experimental al obtener 177.122 kg/cm<sup>2</sup> que representa un 136.25%.

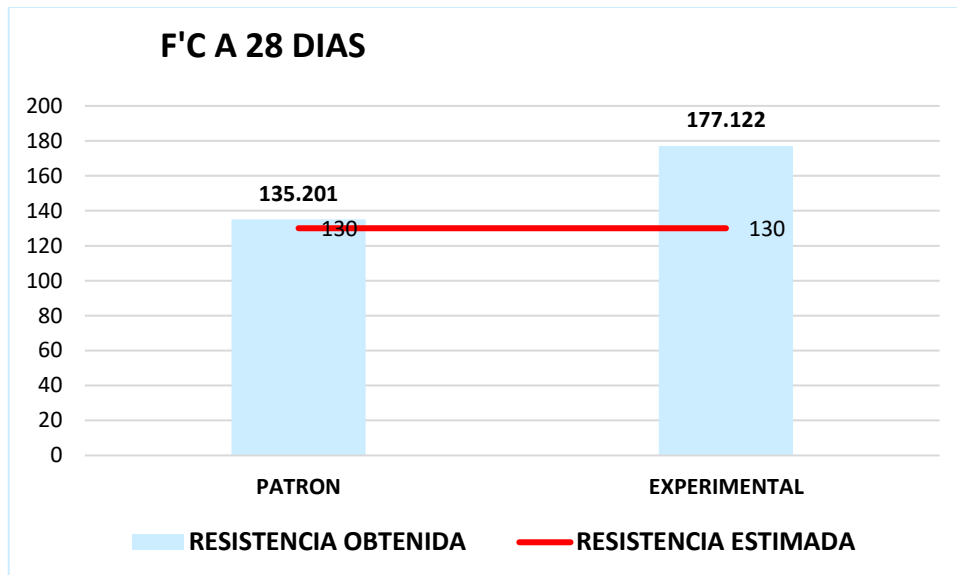


Figura 10. Comparación de resistencias a los 28 días de grupo control vs experimental

En este gráfico podemos observar como el grupo control y experimental fue aumentando su resistencia al pasar los días hasta llegar a los 28. Comparamos ambos grupos para ver su crecimiento de resistencias, siendo que el experimental obtuvo 177.122 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 136.25%, siguiendo el grupo control con 135.201 kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 104.54%.

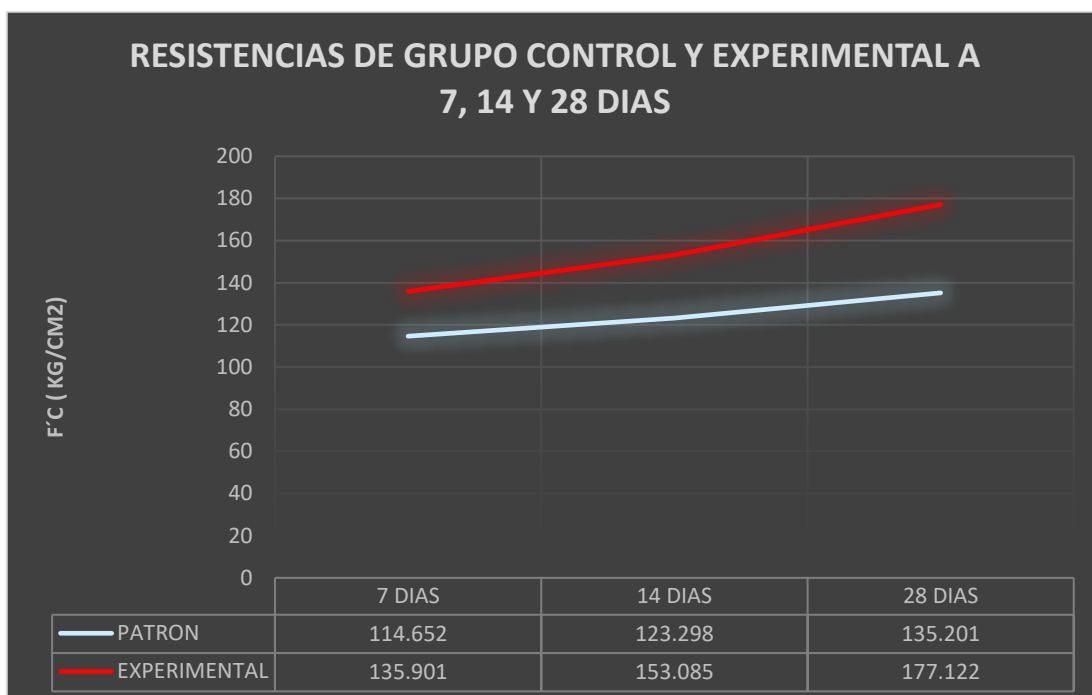


Figura 11. Comparación de resistencias a los 7, 14 y 28 días de grupo control vs experimental

Tabla 23

Medidas estadísticas de diseño patrón y experimental

Medidas estadísticas	Diseño patrón			Diseño experimental (5%pet)		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
Media aritmética (kg/cm <sup>2</sup> )	114.652	123.298	135.201	135.901	153.085	177.122
Varianza	1.242	3.066	0.703	1.577	0.829	1.356
Desviación típica	1.115	1.751	0.838	1.256	0.91	1.164
Coefficiente de variación	0.97%	1.42%	0.62%	0.92%	0.59%	0.66%

Fuente: Elaboración propia

## Análisis y discusión de resultados

Partiendo de la premisa de que el uso del PET como sustituto del agregado fino en un 5% podría mejorar la resistencia a la compresión, los resultados obtenidos avalan esta hipótesis, pero también invitan a reflexionar sobre las implicancias y limitaciones del estudio.

Los antecedentes destacan el creciente interés por incorporar materiales reciclados en la industria de la construcción, como una respuesta a la problemática ambiental de la acumulación de plásticos. Investigaciones previas, como la de Gareca et al. (2019) y Moya et al. (2019), coinciden en la posibilidad de fabricar ladrillos con PET reciclado que no solo cumplen con las normativas técnicas, sino que además representan una opción más sostenible. Sin embargo, algunas investigaciones, como la de Díaz Romero y Sánchez Gonzales (2019), muestran que, si bien el PET puede ser útil en términos de reducción de peso y costos, no siempre se logra un incremento significativo en la resistencia del material, lo cual plantea una discrepancia interesante respecto a los resultados obtenidos en este trabajo.

En este proyecto de investigación se muestra que la incorporación del PET no solo es viable, sino que mejora significativamente la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto. Esta mejora es observable desde los primeros días de curado en la *tabla 23*, observamos que a los 7 días el patrón tiene 114.652 kg/cm<sup>2</sup> y el experimental 135.901 kg/cm<sup>2</sup>, una ventaja del 16.35% por parte del experimental; a los 14 días el patrón obtuvo 123.298 kg/cm<sup>2</sup> y el experimental 153.085 kg/cm<sup>2</sup>, superando el experimental en un 22.92% al patrón. Finalmente, a los 28 días el patrón tuvo 135.201 kg/cm<sup>2</sup> y el experimental 177.122 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un 32.25% más de resistencia que el patrón. Fue un incremento progresivo superando el ladrillo experimental a la resistencia diseñada a los 28 días de 130 kg/cm<sup>2</sup> en un 36.25%. Estos resultados contradicen algunas investigaciones previas, como la de Díaz Romero, donde se sugería que el PET no proporcionaba una mejora sustancial en la resistencia. La diferencia clave radica probablemente en el tipo de ladrillo y las proporciones utilizadas. Mientras que Díaz Romero trabajó con ladrillos de arcilla, en este estudio

se emplearon ladrillos de concreto, que tienen una composición y comportamiento distintos ante la adición de polímeros.

El incremento en la resistencia puede explicarse por las propiedades inherentes del PET, que al ser un material menos denso que la arena, disminuye la absorción de agua y, por lo tanto, reduce la porosidad del ladrillo final. La porosidad es un factor crucial en la resistencia y durabilidad, ya que una mayor cantidad de espacios vacíos en la mezcla puede comprometer la integridad estructural del ladrillo bajo cargas axiales. En la **Figura 02**. Absorción del agregado fino vs Absorción del PET, muestra que el PET su capacidad de absorción es 0.27% menor al del agregado fino que es 0.50%, dando a ver que se usara menor cantidad de agua. En este sentido, consideramos la relación agua/cemento que es de 0.90, factor importante en la resistencia. El método ACI para 150 kg/cm<sup>2</sup> es de 0.80 entonces para el uso de nuestro ladrillo de 130 kg/cm<sup>2</sup> (tipo IV) extrapolamos, obteniendo 0.90. Esta relación se usó en el diseño de ladrillos patrones y experimentales. Además, como observamos en la **Figura 01**. Densidad del agregado fino vs Densidad del PET, muestra que el PET es menos denso que la arena gruesa teniendo una diferencia de 50.37% a comparación del agregado fino, indicándonos que su masa es menor y mayor el espacio que ocupa las hojuelas de PET. Como consecuencia al incorporarlo a la mezcla de diseño, la unidad de ladrillo será de menor peso al convencional, y por ende sería más productivo si se lograra usar en construcción. A comparación del proyecto de Gareca (2019) “*diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado*”, que obtuvo una disminución de 22.6% en su porcentaje de absorción en su ladrillo ecológico y a pesar de ello este incremento su peso.

Para llegar a elaborar el diseño de mezcla se elaboró todos los ensayos previos a los agregados según las NTP y la ASTM. El agregado fino y grueso según el ensayo de granulometría se ubica dentro de los límites como se ve en la **tabla 12 y 14**. Sus otras propiedades necesarias para el diseño de mezcla si cumplen según lo establecido en las normas y lo vemos en la **tabla 13 y 15**.

El análisis comparativo de los resultados de los ensayos de compresión a 7, 14 y 28 días muestra una tendencia constante al alza en los ladrillos con PET, alcanzando

resistencias que superan con creces el valor de diseño de 130 kg/cm<sup>2</sup>. Este comportamiento sugiere que la adición de PET no afecta negativamente el proceso de curado del concreto, sino que, por el contrario, podría estar contribuyendo a una mejora en la distribución interna de las tensiones dentro del material. La presencia del PET parece actuar como un amortiguador en la estructura interna del ladrillo, redistribuyendo las cargas de manera más uniforme y evitando concentraciones de estrés que podrían generar fallos prematuros en el material.

Sin embargo, a pesar de los resultados positivos obtenidos, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones importantes para futuros estudios. En primer lugar, si bien el PET ha demostrado ser un sustituto viable del agregado fino en un 5%, no se han explorado otros porcentajes de sustitución que podrían ofrecer resultados aún más óptimos. Investigaciones como la de Condori y Navarrete (2022) sugieren que el tamaño de partícula del PET y su proporción en la mezcla pueden tener un impacto significativo en las propiedades mecánicas del ladrillo, por lo que sería interesante realizar ensayos con diferentes proporciones de PET para determinar cuál es la cantidad óptima que maximice la resistencia sin comprometer otras propiedades, como la manejabilidad de la mezcla o el costo de producción.

Asimismo, un aspecto que merece una discusión más profunda es la durabilidad de estos ladrillos a largo plazo. Si bien se ha comprobado que la resistencia a la compresión aumenta con el uso de PET, no se ha evaluado cómo estos ladrillos se comportan bajo condiciones extremas de humedad o variaciones de temperatura. El PET, al ser un material plástico, podría tener una respuesta diferente a los cambios térmicos o a la exposición prolongada a la intemperie en comparación con los agregados convencionales. Sería necesario realizar estudios de durabilidad y envejecimiento para garantizar que los ladrillos fabricados con PET mantengan sus propiedades a lo largo del tiempo y no sufran degradaciones significativas que comprometan su uso en construcciones estructurales.

Por último, desde una perspectiva ambiental, el uso de PET reciclado en la fabricación de ladrillos representa un avance significativo en la gestión de residuos plásticos. Este estudio contribuye a consolidar la viabilidad técnica de utilizar PET en la construcción,

como lo hizo Sulaiman H. et al. (2023) en “¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con materiales reciclados en el centro de Argentina”, donde confirma que es posible una construcción de una vivienda usando PET, siendo bioclimática y económicamente rentable. Estudios como este nos abre la puerta a nuevas investigaciones que evalúen el impacto ambiental completo del proceso, considerando no solo la reducción de residuos plásticos, sino también el ciclo de vida del PET dentro de los materiales de construcción.

En resumen, los resultados obtenidos en esta tesis confirman que la sustitución del 5% de arena por PET en la fabricación de ladrillos de concreto es una opción técnicamente viable que mejora la resistencia a la compresión, al tiempo que aporta beneficios medioambientales significativos. Sin embargo, es necesario continuar explorando otras variables, como diferentes porcentajes de sustitución, durabilidad a largo plazo y el impacto ambiental total del proceso, para maximizar el potencial de esta innovación en la industria de la construcción.

## Conclusiones

El PET utilizado en el estudio presenta propiedades adecuadas para su integración en materiales de construcción, especialmente en la fabricación de ladrillos de concreto. Su densidad es considerablemente inferior a la de la arena convencional ( $1.34 \text{ g/cm}^3$  frente a  $2.70 \text{ g/cm}^3$ ), lo que genera ladrillos más ligeros. Además, su capacidad de absorción de agua es del 0.27%, lo que es un factor clave en la reducción de la porosidad del material final. Estas características hacen que el PET sea un componente viable para mejorar la resistencia sin afectar negativamente la integridad estructural del ladrillo.

La relación agua/cemento usado en el diseño de mezcla es de 0.90, ligeramente superior a lo recomendado para un concreto de  $130 \text{ kg/cm}^2$ . Esta proporción fue crucial para lograr una adecuada trabajabilidad de la mezcla, especialmente considerando que la incorporación de PET disminuye la capacidad de absorción de agua de los ladrillos. La mezcla resultante es homogénea y manejable para la fabricación de los ladrillos experimentales, garantizando un buen fraguado y resistencia.

Los ladrillos experimentales con 5% de PET supera consistentemente la resistencia a la compresión de los ladrillos control en todas las etapas de curado. A los 7 días, el ladrillo con PET alcanza una resistencia de  $135.901 \text{ kg/cm}^2$  (104.54% del diseño), mientras que el control alcanza solo  $114.652 \text{ kg/cm}^2$ . A los 14 días el ladrillo experimental obtuvo  $123.298 \text{ kg/cm}^2$  y el ladrillo control  $153.085 \text{ kg/cm}^2$ . A los 28 días, la diferencia se hace más notable, con el ladrillo experimental se logra  $177.122 \text{ kg/cm}^2$ , un 36.25% por encima de la resistencia del ladrillo control que obtuvo  $135.201 \text{ kg/cm}^2$ . Esto demuestra que la adición de PET mejora significativamente la resistencia a la compresión de los ladrillos.

Los análisis estadísticos demuestran una diferencia significativa entre el comportamiento de los ladrillos experimentales y los de control. La desviación estándar y el coeficiente de variación son menores en los ladrillos con PET, lo que indica una mayor consistencia en su resistencia. Además, la varianza más baja observada en los ladrillos con PET refuerza la estabilidad del material en términos de su capacidad para soportar cargas de compresión. Los resultados estadísticos confirman que el PET no solo incrementa la resistencia, sino que también mejora la uniformidad y calidad del producto final.

## **Recomendaciones**

Considerando los resultados que muestran una mejora en la resistencia a la compresión al usar un 5% de PET, se recomienda estudiar más detalladamente las propiedades mecánicas del PET reciclado utilizado en el concreto, evaluando otras características como la durabilidad y el comportamiento a largo plazo en diferentes condiciones ambientales.

Con base en los resultados que muestran una relación adecuada de agua/cemento tanto en el grupo control como en el experimental, se sugiere explorar cómo variar dicha relación podría mejorar aún más las propiedades de los ladrillos con PET. Especialmente, identificar si es posible reducir la cantidad de agua sin comprometer la manejabilidad de la mezcla o incorporar un aditivo. También, se puede variar los tamaños de las partículas del PET, para conocer su comportamiento

A la luz de los resultados que indican una mejora en la resistencia a la compresión al usar un 5% de PET, se recomienda evaluar cómo otros porcentajes (por ejemplo, 3%, 7%, 10%) afectan la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto. Esto permitiría determinar el porcentaje óptimo para maximizar la resistencia sin afectar otras propiedades del material. Para futuras investigaciones experimentales, se recomienda probar con diferentes tiempos de duración, frecuencias y amplitudes en la vibración, para estudiar si su resistencia es variable.

Dado que los ladrillos con PET han superado los valores de resistencia de los ladrillos convencionales, se recomienda realizar estudios comparativos más amplios, analizando no solo la resistencia a la compresión, sino también otras propiedades como la absorción de agua y el comportamiento térmico. Esto podría consolidar la viabilidad de los ladrillos con PET como una opción para la industria de la construcción sostenible.

## Referencias bibliográficas

- Abanto, C., como se citó en Benites, A., & Leiva, C. (2015). *Ensayos de resistencia a la compresión en elementos de concreto*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ambientum (18 de octubre de 2023). *Reciclado de envases pet*. <http://luizmeira.com/dados/recicla/envases.htm#>
- ACI Committee 308. (2016). *Guide to External Curing of Concrete*. American Concrete Institute. [https://www.concrete.org/portals/0/files/pdf/previews/308r\\_16\\_preview.pdf](https://www.concrete.org/portals/0/files/pdf/previews/308r_16_preview.pdf)
- Alesmar, L, Rendón, N, & Korody, M. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) - cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(1), 76-86. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000100006&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100006&lng=es&tlng=es)
- CER/GEA (2020). *Acelerando el cambio hacia una economía circular en plástico en Lima Metropolitana y el Callao* [Archivo PDF]. [https://grupogea.org.pe/wp-content/uploads/2021/01/aechuec\\_compressed.pdf](https://grupogea.org.pe/wp-content/uploads/2021/01/aechuec_compressed.pdf)
- Condori Santibañez, D. A. y Navarrete Huachallanqui J. W. (2022). *Diseño de un prototipo de ladrillo a base de PET y jarava ichu para construcciones termoaislantes en asentamientos humanos de Lima* [Tesis de titulación, Universidad Científica del Sur]. <https://doi.org/10.21142/tl.2022.2615>
- Díaz Romero A. y Sánchez Gonzales L. (2019). *Incorporación del plástico PET en la fabricación de ladrillos artesanales en Jaén* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Jaén]. <https://core.ac.uk/download/pdf/287369509.pdf>
- El concreto (17 de octubre de 2023). *El agua del concreto*. <http://elconcreto.blogspot.com/2009/01/el-agua-del-concreto.html>

- Gallegos, H. y Casabonne Rasselet, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/9789972427541>
- Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F. y Villarpando, H. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista ciencia, tecnología e innovación*, 18(21), 25-61. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2225-87872020000100003](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872020000100003)
- Gómez, L., & Ramírez, F. (2020). *Evaluación de las propiedades mecánicas del cemento tipo I en mezclas de concreto de alto desempeño*. *Revista Ingeniería y Construcción*, 12(3), 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.ingconst.2020.03.002>
- J. Rincón y M. Romero. (2000). Fundamentos y clasificación de las eflorescencias en ladrillos de construcción. *Materiales de Construcción*, 50(260), 63-69. <https://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/391/437>
- Juárez N, M., Santiago J, ME, y Vera M, J. (2011). Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado. *Revista e-Gnosis*, 9 (2), 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73020063002>
- Maure, J., Candanedo, M., Madrid J., Bolobosky M. y Marín N. (2018). Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas. *Revista de iniciación científica*, 4, 33-38. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1816/2626>
- Moya, J., Cevallos, E. y Endera, E. (2019). La construcción sostenible a partir del empleo de ladrillos tipo PET. *Revista Ingenio*, 1(2), 24-32. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/1632/1802>
- López, R. G. (2020). *Evaluación de la resistencia a la compresión en ladrillos de concreto elaborados con agregados reciclados* (Tesis de maestría, Universidad

- Nacional de Ingeniería). Repositorio Institucional UNI.  
<https://doi.org/10.12345/tesisuni>
- New Polymer (19 de octubre de 2023). *Polietileno reciclado*.  
<https://newpolymer.tripod.com/recicladope.htm>
- Norma Técnica E.070 (2019). *Albañilería*
- NTP 331.009 (2013). *Tipos de cemento*.
- NTP 331.017 (2003). *Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos*.
- NTP 334.090 (2011). *Cemento*.
- NTP 339.088 (2014). *Requisitos de calidad del agua para el concreto*.
- N.T.P. 339.185 (2021). *AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo*.
- NTP 399.601. (2016). *Unidades de albañilería. Ladrillos de concreto*.
- NTP 400.011. (2008). *Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*
- NTP 400.012. (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
- NTP 400.017 (2011), *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*.
- NTP 400.018 (2002), *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um (N°200) por lavado en agregados*.
- NTP 400.021 (2013), *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*.

- N.T.P. 400.022 (2013), AGREGADOS. *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*
- N.T.P. 400.037 (2014), AGREGADOS. *Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.*
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú.* Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional. <https://es.scribd.com/doc/145311372/TOPICOS-DE-TECNOLOGIA-DE-CONCRETO-EN-EL-PERU-pdf>
- Pérez, J. M. (2019). *Impacto de las propiedades físicas en la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto en climas húmedos* (Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid). Repositorio Institucional UPM. <https://doi.org/10.12345/upmtesis>
- Prada Tello, M. C. y Del Carpio Castillo, R. R. (2022). *Estudio de pre-factibilidad para una planta de PET reciclado como agregado para materiales de construcción en la ciudad de Arequipa, 2021.* [Tesis de titulación, Universidad Antonio Ruiz de Montoya]. <http://hdl.handle.net/20.500.12833/2425>
- Reciclámás (17 de octubre de 2023). *El reciclaje de plástico PET, esencial para proteger el medio ambiente.* <https://reciclamas.eu/blog/reciclaje-plastico-pet/#:~:text=El%20PET%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como,transparente%2C%20duro%20y%20muy%20resistente>
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural.* Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://doi.org/10.18800/9788483909652>
- Sánchez, A. (2018). *Propiedades del cemento Tipo I y su uso en obras civiles comunes en Perú.* *Revista de Ingeniería Civil*, 32(2), 102-112. <https://doi.org/10.1016/j.revcivil.2018.02.005>
- Seminario Colán, R.C. (2013). *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura* [Tesis de titulación,

Universidad de Piura].  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1749/ICI\\_193.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1749/ICI_193.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Smith, W., & Hashemi, J. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. McGraw-Hill.

Sulaiman, H., Oga Martinez, L. y Filipín C. (2023). ¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con materiales reciclados en el centro de Argentina. *Revista 180*, 180(51), 41-55.  
<http://revista180.cl/index.php/revista180/article/view/1006/515>

Vargas Guerra M. y Febres Ballon G. (2021) *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de ladrillos ecológicos a base de material reciclado PET* [Tesis de titulación, Universidad de Lima].  
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/14042>

**ANEXO 1**

**PANEL FOTOGRAFICO**



*Figura 12.* Obtención de los agregados



*Figura 13.* PET molido



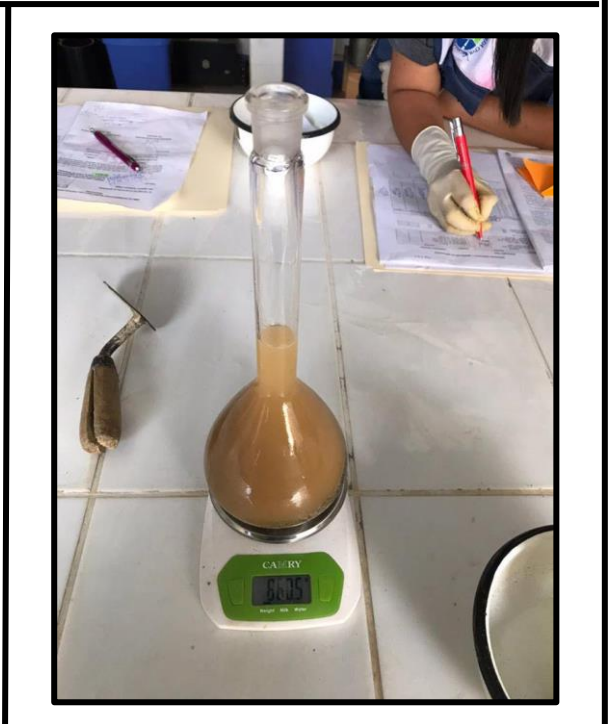
*Figura 14.* Tamizado del PET



**Figura 15.** Ensayo de granulometría de la arena y piedra chancada



**Figura 16.** Secado de arena saturada para ensayo de peso específico



**Figura 17.** Fiola llena de arena SS con agua hasta los 500 cm<sup>3</sup>



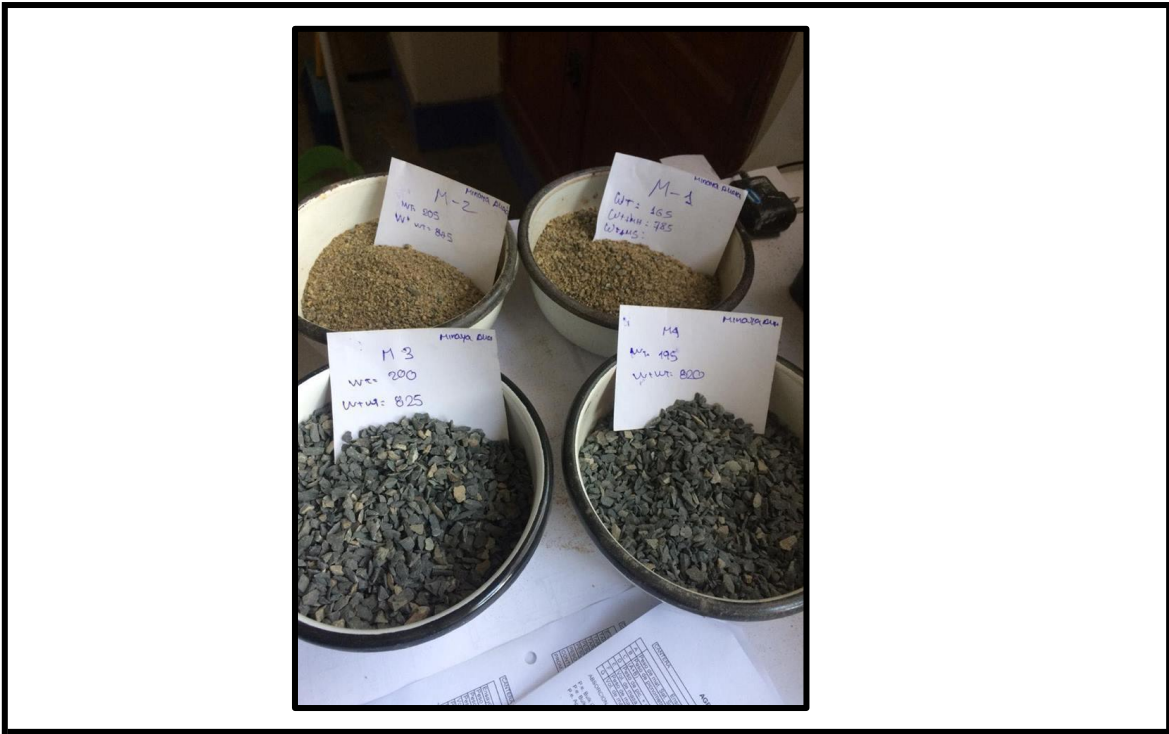
**Figura 18.** secando superficialmente la piedra previamente saturada



**Figura 19.** retirando la piedra sumergida en agua.



**Figura 20.** Realizando el ensayo de peso unitario suelto y compactado de la arena y piedra



**Figura 21.** Taras con muestras de arena y piedra para el ensayo de contenido de humedad



**Figura 22.** Ensayo al concreto fresco (asentamiento) a la mezcla patrón



**Figura 23.** Ensayo al concreto fresco (asentamiento) a la mezcla experimental.



**Figura 24.** Mesa vibradora que se usó para la fabricación de los ladrillos



**Figura 25.** La elaboración de la mezcla para los ladrillos fue manual



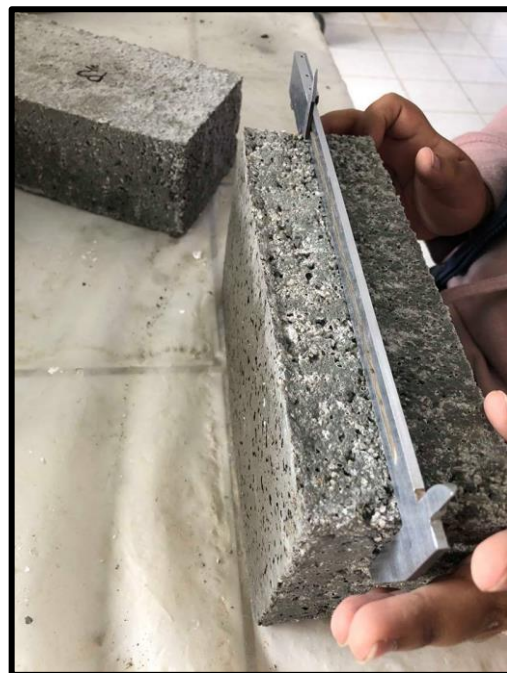
**Figura 26.** Arena con la incorporación del PET molido



**Figura 27.** Elaboración de las unidades de albañilería



**Figura 28.** Ladrillos fraguando sobre un triplay



**Figura 29.** Tomando medidas del ladrillo con el vernier



**Figura 30.** Pesaje de los ladrillos antes de la rotura



**Figura 31.** Ladrillo patrón de 7 días luego del ensayo a compresión



**Figura 32.** Curado de grupo de ladrillos control y experimental



**Figura 33.** Ensayo a la compresión de los ladrillos patrón y experimentales



**Figura 34.** Visita a la UNT para uso del laboratorio de polímeros

HORARIO DE USO DE LABORATORIO					
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
PRACANTANTES Y TESISAS 9-11 AM	PRACANTANTES Y TESISAS 9-11 AM	PRACANTANTES Y TESISAS 9-11	PRACANTANTES Y TESISAS 9-11	PRACANTANTES Y TESISAS 9-11	TECN. CUERO Y CALZADO 9 - 1PM Prof. D. Chávez
PRACANTANTES Y TESISAS 11-1 PM	LAB. POLÍMEROS 11-1 PM Prof. D. Chávez	PRACANTANTES Y TESISAS 11 - 1	PRACANTANTES Y TESISAS 11 - 1	LAB. POLÍMEROS 11-1 PM Prof. D. Chávez	
PRACANTANTES Y TESISAS 3-5 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 3-5 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 3-5 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 3-5 PM	LAB. POLÍMEROS 11-1 PM Prof. D. Chávez	
PRACANTANTES Y TESISAS 5-7 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 5-7 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 5-7 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 5-7 PM	PRACANTANTES Y TESISAS 5-7 PM	

Mac. Dany Chaves  
 Prof. T.C. Dpto. Ing. A.  
 PROCESOS INDUSTRIALES  
 Ing. Danny Chaves  
 Jefe de Laboratorio y Asesor

**Figura 35.** Horario de atención del laboratorio de polímeros en la UNT



**Figura 36.** Equipos que se usan dentro del laboratorio de polímeros de la UNT

**ANEXO 2**

**INFORME DE ENSAYOS REALIZADOS EN**

**LA UNT**



Trujillo, 20 de Diciembre del 2023

## INFORME N° 221 - Diciembre-23

Solicitante: Alicia Minaya Medina– Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. C.P. 84953

### 1. MUESTRA: PET (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	P-221S	4.6120 g	.....

### 2. ENSAYOS A APLICAR

- Densidad.
- Capacidad de absorción.

### 3. EQUIPO E INSTRUMENTOS EMPLEADO Y CONDICIONES

- Estufas de secado
- Balanza Analítica
- Picnómetro
- Sistema de medición adaptable a principio de Arquímedes.
- Medición de densidad según norma ASTM D792
- Medición de capacidad de absorción según norma ASTM D570

LABORATORIO DE POLÍMEROS  
JEFATURA

Danny M. Chávez Novoa

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



Trujillo, 20 de Diciembre del 2023

INFORME N° 221 - Diciembre-23

4. Resultados:

Masa Inicial (suministro)	4.6120 g
Masa húmeda-2hr/100°C	4.6216 g
Masa seca - 24 hr/50°C	4.6090 g
Volumen desplazado	3.45 ml

Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = (Masa inicial / Volumen desplazado) = 1.34

Capacidad de absorción = (Masa húmeda - Masa seca) / (Masa seca)  $\times$  100 = 0.27 %



Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

Trujillo, 20 de Diciembre del 2023



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

**ANEXO 3**

**FICHAS ORIGINALES DE LOS  
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS  
REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS EN LA USP**



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

[ASTM D-2216]

SOLICITA : BACH. BENAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 25/12/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	673.5	712.5
TARA + SUELO SECO (gr)	668.5	710
PESO DEL AGUA (gr)	5	2.5
PESO DE LA TARA (gr)	200	206.5
PESO DEL SUELO SECO (gr)	468.5	503.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.64	0.50
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.57	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Ángel Jara  
Especialista en Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

( ASTM D-2216)

SOLICITA : DACH MINKYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TÉRMINO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
POR TERREPTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 6%  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIGUE  
MATERIAL : ARENA CRUESA  
FECHA : 26/12/2021

PROBETA Nº	01	02
TARA Nº		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	743	785
TARA + SUELO SECO (gr)	743	783
PESO DEL AGUA (gr)	2.0	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	157.3	200.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	543.5	560.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.37	0.52
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

DR. ALBERTO DOMINGUEZ JARA  
Encargado del Laboratorio



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. MINYA MEDINA ALICIA SOATREZ  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
 POR TERCIPTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CARTERA : VESQUE  
 MATERIAL : ARENA ORLEANA  
 FECHA : 30/12/2022

A	Peso de material saturado superficialmente seco (A+B)	gr	300.50	300.00
B	Peso de pycnómetro + agua	gr	671.50	671.50
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm <sup>3</sup>	671.50	671.50
D	Peso de pycnómetro + agua + material	gr	860.50	860.50
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm <sup>3</sup>	111.00	111.00
F	Peso de material seco en estado	gr	298.50	298.50
G	Volumen de masa (H.A.M.P)		109.50	109.50
H	P. a. Bulk (Base Seca) F6		2.689	2.689
I	P. a. Bulk (Base Saturada) A6		2.703	2.703
J	P. a. Aparente (Base Seca) F6		2.728	2.728
K	Absorción (%) (D-A)/Mx100		0.80	0.80

P. a. Bulk (Base Seca) : 2.689  
 P. a. Bulk (Base Saturada) : 2.703  
 P. a. Aparente (Base Seca) : 2.728  
 Absorción (%) : 0.80

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
  
 Eng. Miguel Ángel Jara  
 DIRECTOR  
 Laboratorio de Ingeniería Civil



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO**  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH. BRUNYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : LA SORPRESA  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 26/12/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	585.50	585.50
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	381.72	381.72
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	203.78	203.78
D	Peso de material seco en estado	576.00	576.00
E	Volumen de masa (D-A-D)	194.28	194.28
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.827	2.827
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.873	2.873
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.965	2.965
R	Absorción (%) (D-A/A)100	1.65	1.65

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.827  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.873  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.965  
Absorción (%) : 1.65

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
ING. Miguel Ángel Torres  
DIRECTOR  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : SACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
 POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 6%  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 28/12/2023

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7883	7870	7880
Peso de molde	3310	3310	3310
Peso de muestra	4573	4560	4570
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1639	1636	1637
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1635		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1596		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7875	7845	7880
Peso de molde	3318	3310	3310
Peso de muestra	4557	4535	4570
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1635	1629	1637
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1631		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1588		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Ing. Miguel Solar Jara  
 Director del Laboratorio de Ingeniería Civil



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

**SOLICITA** : BACH. MIMY MEDINA ALICIA BEATRIZ  
**TEMA** : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
**LUGAR** : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**CANTERA** : LA SORPRESA  
**MATERIAL** : PIEDRA CHANCADA  
**FECHA** : 2013/0003

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7092	7070	7110
Peso de molde	3175	3170	3170
Peso de muestra	3780	3780	3820
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1360	1360	1380
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1360		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1348</b>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7300	7315	7300
Peso de molde	3310	3310	3310
Peso de muestra	3990	4005	4010
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1435	1437	1440
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1438		
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>	<b>1428</b>		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
  
 ING. Miguel Ángel Jara  
 Docente Titular de Ingeniería Civil



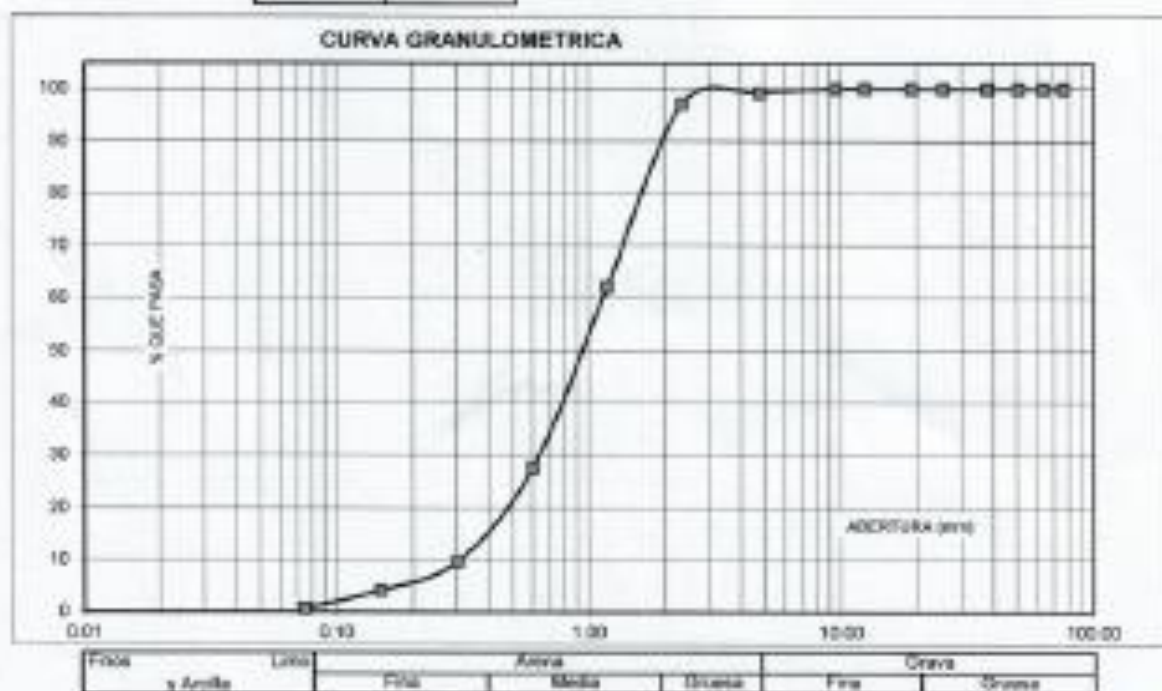
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-05)

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
 TEMAS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
 POR TERREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA CRUESA  
 FECHA : 28/12/2023

TAMIZ		Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (gr.) (%)	% Que pasa (gr.)
N° 5	30.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 N° 10	60.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	60.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1.5"	36.15	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.15	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
20"	8.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	5.0	0.7	0.7	99.3
N° 8	2.36	15.0	2.1	2.8	97.2
N° 16	1.18	208.0	29.2	31.9	68.1
N° 30	0.60	202.0	28.4	60.3	39.7
N° 50	0.30	100.0	13.9	74.2	25.8
N° 100	0.15	40.0	5.5	79.7	20.3
N° 200	0.075	25.0	3.4	83.1	16.9
PLAZO	ASTM C-117-06	0	0.7	100.0	0.0
TOTAL		736.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	3.00

OBSERVACIONES
La Muestra vino de 400 gr. para el ensayo.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 Ing. *[Signature]*  
 Rector



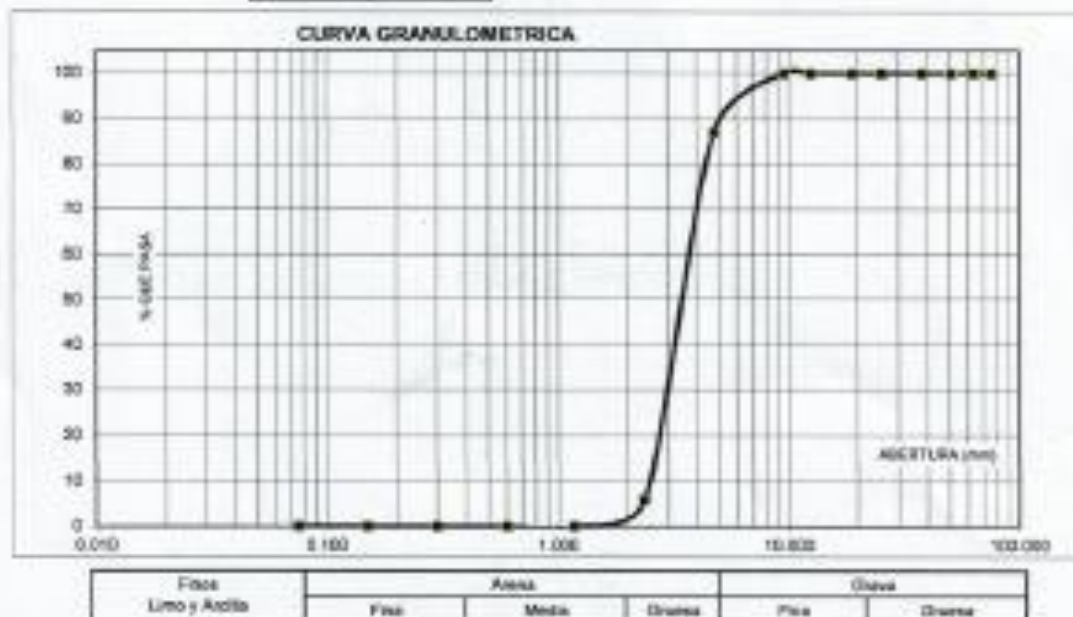
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-05)

**SOLICITA:** RACH MINAYA MEDINA ALICIA ISABEL  
**TESIS:** RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
**LUGAR:** CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
**CANTERA:** LA SORPRESA  
**MATERIAL:** PIEDRA CHANCADA  
**FECHA:** 26/12/2023

TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumul. (%)	% Que pasa (%)
N°	Abert. (mm)			
3"	75.000	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	0.0	100.0
5/8"	12.500	0.0	0.0	100.0
3/8"	4.750	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	88.9	12.5	87.1
N° 8	2.360	100.0	81.1	18.9
N° 16	1.180	100.0	40.3	59.7
N° 30	0.600	100.0	0.0	100.0
N° 50	0.300	100.0	0.0	100.0
N° 100	0.150	100.0	0.0	100.0
N° 200	0.075	100.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C 136-05	0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>88.9</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	#4
Hueco	Nº 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Ing. *[Signature]*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREPHTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 25/12/2023

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Área Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto			Área Bruta
PATRON-T-048	23.17	13.88	8.18	381.15	34,998	114.19
PATRON-T-048	23.06	12.62	8.89	256.93	33,229	114.18
PATRON-T-048	23.11	13.88	8.11	380.48	34,129	113.58
PROMEDIO						114.65

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Solar Jara  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 25/12/2023

MATERIAL : LADRELO ( EXPERIMENTAL)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
EXPERIMENTAL-7 DIAS	23.07	13.03	8.19	300.63	40,660	135.25
EXPERIMENTAL-7 DIAS	23.05	13.18	8.13	303.65	41,900	137.66
EXPERIMENTAL-7 DIAS	23.11	12.85	8.09	296.96	40,630	134.80
<b>PROMEDIO</b>						<b>135.90</b>

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. María Inés Pérez  
Bach. en Ingeniería Civil



## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 25/12/2023

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Área Bruta
PATRON-14-DIAS	23.12	12.90	8.00	298.28	36,570	122.60
PATRON-14-DIAS	23.17	13.15	8.24	384.72	37,050	121.59
PATRON-14-DIAS	23.11	13.18	8.31	384.52	38,200	125.70
PROMEDIO						123.30

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Ángel Jara  
Rector  
San Pedro 100000 de Ingeniería Civil



### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 28/12/2023

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL )  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Área Bruta
EXPERIMENTAL-10-CAS	23.08	13.08	8.23	302.12	45,908	151.93
EXPERIMENTAL-14-CAS	23.28	13.14	8.23	304.44	46,038	154.15
EXPERIMENTAL-14-CAS	23.15	12.95	8.25	299.70	45,928	153.17
PROMEDIO						153.09

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Solar Jara  
Encargado del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO

SOLICITA : BACH MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 26/12/2023

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Área Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Área Bruta
PATRON-20-DIAS	23.13	13.10	8.21	392.82	41,260	136.25
PATRON-20-DIAS	23.14	12.85	8.17	297.32	39,900	134.20
PATRON-20-DIAS	23.09	13.05	8.21	388.29	48,720	135.15
PROMEDIO						135.20

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Luz Milagro Rojas Jara  
Bach. Ingeniería de Construcción



### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL

SOLICITA : BACH MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR  
AGREGADO FINO POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
UBICACIÓN : CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
FECHA : 26/12/2023

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL )  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 8

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Área Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Relación a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Área Bruta
EXPERIMENTAL-38-DIAS	23.11	13.19	8.07	382.74	54,090	178.63
EXPERIMENTAL-38-DIAS	23.12	13.28	8.12	388.00	53,620	175.80
EXPERIMENTAL-38-DIAS	23.17	13.57	8.12	290.25	51,530	176.93
PROMEDIO						177.12

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
  
Ing. Miguel Solar Jara  
Docente Asociado al Programa Civil



**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH. MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
 POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 29/12/2023

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 130 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.08

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona

**C.- Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.89
- Peso unitario suelto 1508 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1648 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.50 %
- Módulo de fineza 3.00

**D.- Agregado grueso**

**CANTERA : LA SORPRESA**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal #4
- Peso específico de masa 2.83
- Peso unitario suelto 1348 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1428 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.65 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 CHIMBOTE  
 DR. MIGUEL GÓMEZ JARA  
 Rector  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2" .

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 84 , el volumen unitario de agua es de 220 l/m<sup>3</sup> .

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.900

**FACTOR DE CEMENTO**

F.C. : 220 / 0.900 = 244.444 kg/m<sup>3</sup> = 5.752 bolsas / m<sup>3</sup>

**VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS**

Cemento.....	244.444	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	220.777	l/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1285.728	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	560.001	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN PESO**

$$\frac{244.44}{244.44} : \frac{1285.728}{244.44} : \frac{560.00}{244.44}$$

$$1 : 5.18 : 2.28 : 38.43 \text{ lbs / bolsa}$$

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$1 : 5.14 : 2.53 : 38.43 \text{ lbs / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
LABORATORIO  
Ing. Miguel Ángel Jara  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 5% SUSTITUCION DEL AGREGADO FINO)

SOLICITA : BACH. MIRYA MEDINA ALICIA BEATRIZ  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO  
POR TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 20/12/2023

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio: 130 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

**A.- Cemento :**

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.08

**B.- Agua :**

- Potable, de la zona.

**C.-Agregado Fino :**

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso específico de masa 2.89
- Peso unitario suelto 1508 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1648 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.50 %
- Módulo de finesa 3.00

**D.- Agregado grueso**

**CANTERA : LA SORPRESA**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal #4
- Peso específico de masa 2.83
- Peso unitario suelto 1349 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1428 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.57 %
- Absorción 1.65 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

*[Firma]*  
Ing. Miguel Soto Jara  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2".

**VOLUMEN UNITARIO DE AGUA**

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de #4, el volumen unitario de agua es de 220 l/m<sup>3</sup>.

**RELACIÓN AGUA - CEMENTO**

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.900

**VOLUMENES ABSOLUTOS**

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.079
5% PET.....	(m <sup>3</sup> )	0.023
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.220
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.446
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.197
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.035
		<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

**PESOS SECOS**

Cemento.....	244.44	kg/m <sup>3</sup>
5% PET.....	63.008	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	220.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1197.14	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	556.84	kg/m <sup>3</sup>

**PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD**

Cemento.....	244.44	kg/m <sup>3</sup>
5% PET.....	63.287	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	226.78	l/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1202.44	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	560.00	kg/m <sup>3</sup>

**PROPORCIONES EN VOLUMEN**

$$\frac{244.44}{244.44} : \frac{63.287}{244.44} : \frac{1202.44}{244.44} : \frac{560.00}{244.44}$$

$$1 : 0.26 : 4.92 : 2.29 \quad 39.82 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Ing. Miguel Solar Jara  
Código 1100  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

## REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
<b>MINAYA MEDINA ALICIA BEATRIZ</b>	<b>75694641</b>	<b>beaminayaa@gmail.com</b>	
Apellidos y Nombres	DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional <sup>1</sup>			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%</b>			
5. Programa Académico			
<b>INGENIERÍA CIVIL</b>			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público <sup>2</sup> ( <a href="http://info.eu-repositorio/semantic/openAccess/">info.eu-repositorio/semantic/openAccess/</a> )	<input type="checkbox"/> Acceso restringido <sup>2</sup> ( <a href="http://info.eu-repositorio/semantic/restrictedAccess/">info.eu-repositorio/semantic/restrictedAccess/</a> ) <sup>(*)</sup>		
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

### A. Originalidad del Archivo Digital

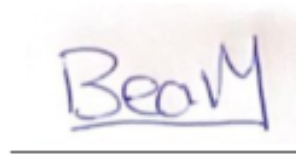
Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

### B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS <sup>5</sup>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de Investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. <sup>6</sup>



Huella Digital



Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	<u>01</u>	<u>10</u>	<u>2024</u>

#### Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 022-2016-SUNEDU-CO Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8 inciso 8.2
- Ley N° 30025 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 008-2015-PCM
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando además los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2019-CONCYTEC-D/DC/Numeradas 82 y 83 que norman el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otras. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2 del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENAT<sup>7</sup> Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los resultados en sus repositorios institucionales prescindiendo si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENAT<sup>7</sup>, a través del Repositorio AUCD<sup>8</sup>.

**Nota:** -En caso de falsedad en los datos se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, n.ºs 32.3)

# RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN UN 5%

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>edutecnologiautem.files.wordpress.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unj.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>grupogea.org.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

9	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	1 %
10	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1 %
11	<b>repositorio.ucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	1 %
12	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<1 %
13	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
14	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
15	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<1 %
16	<b>publicaciones.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
17	<b>Submitted to ADEN University</b> Trabajo del estudiante	<1 %
18	<b>repositorio.uap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
19	<b>repositorio.cientifica.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
20	<b>www.repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %

21	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Privada San Pedro Trabajo del estudiante	<1 %
23	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
26	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
27	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
28	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
29	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

32	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="https://ri.conicet.gov.ar">ri.conicet.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="https://intranet.cip.org.pe">intranet.cip.org.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="https://repositorio.untrm.edu.pe">repositorio.untrm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to University of Warwick Trabajo del estudiante	<1 %
38	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Corporación Universitaria Remington Trabajo del estudiante	<1 %
40	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
41	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

43	<a href="http://repositorio.unjbg.edu.pe">repositorio.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.ucsm.edu.pe">repositorio.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="http://repositorio.usanpedro.pe">repositorio.usanpedro.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
48	<a href="http://network.bepress.com">network.bepress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://pesquisa.bvsalud.org">pesquisa.bvsalud.org</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://dspace.ewha.ac.kr">dspace.ewha.ac.kr</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.congreso.mesoamericano.unach.mx">www.congreso.mesoamericano.unach.mx</a> Fuente de Internet	<1 %

55	<a href="http://www.enfokedirecto.com">www.enfokedirecto.com</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://www.repositorio.unu.edu.pe">www.repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Fundacion Universitaria Juan de Castellanos Trabajo del estudiante	<1 %
58	<a href="http://repositorio.uan.edu.co">repositorio.uan.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.fio.unicen.edu.ar">www.fio.unicen.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.grafiati.com">www.grafiati.com</a> Fuente de Internet	<1 %
62	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo