

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE LA JUNTA DE MORTERO CON  
FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A  
COMPRESIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA  
SEGÚN NORMA E.070, CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autores:**

Carol Yessenia Guevara Cabanillas

Daniel Alberto Perez Rojas

**Asesor:**

Mg. Ing. Carlos Elder Rudecindo Calua Carrasco

<https://orcid.org/0000-0002-7791-0251>

Cajamarca - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Héctor Arturo Cuadros Rojas	43275350
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Jane Elizabeth Álvarez Llanos	26704582
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Tulio Edgar Guillen Sheen	26676774
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

"ANÁLISIS DE LA JUNTA DE MORTERO CON FIBRA DE CAUCHO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PILAS DE ALBAÑILERÍA SEGÚN NORMA E.070, CAJAMARCA 2022"

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**8%**

INDICE DE SIMILITUD

**0%**

FUENTES DE INTERNET

**5%**

PUBLICACIONES

**4%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	Juan Sebastián Gambin-Martínez, Tatiana Isabel Bautista-Zapata, Luz Marina Torrado-Gómez, María Fernanda Serrano Guzmán et al. "Ecoladrillos: alternativa para aprovechamiento de arcilla y grano de caucho reciclado", Inquietud Empresarial, 2023 Publicación	<b>4%</b>
<b>2</b>	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>3</b>	Submitted to Universidad Tecnológica de los Andes Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	Submitted to Universidad Privada de Tacna Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## DEDICATORIA

Con respeto y admiración a mis padres y hermanos, Ricardo y Eduardo, que siempre creyeron y confiaron en mi en todo momento brindándome su apoyo y amor incondicional.

*Carol Yessenia Guevara Cabanillas*

Dedicado a mi madre, mi hermano, a mi tía Marianela y mis abuelos Elmer y Maruja, quienes desde muy pequeño han sido fuente de inspiración para poder salir adelante.

*Daniel Alberto Pérez Rojas*

## AGRADECIMIENTO

A mis padres, que con sus enseñanzas y ejemplo me han dado un modelo de persona a seguir, gracias por enseñarme a que no todo es fácil en la vida y todo se consigue a través de lucha y esfuerzo., además de estar siempre presente con ese amor incomparable, sabios consejos y apoyo incondicional. Por enseñarme a diferenciar las cosas buenas y malas de la vida y a valorar todo lo que se logra en la vida.

*Carol Yessenia Guevara Cabanillas*

Agradezco a Dios por brindarme la vida y salud hasta este momento, a mi madre por inculcarme valores, actitudes y soporte para poder llegar hasta aquí, a mis docentes por brindarme sus conocimientos y experiencia, finalmente a todos con quienes compartí buenos momentos dentro de las aulas y sin duda alguna estuvieron ahí en todo momento desde los trabajos más sencillos hasta las pruebas más complicadas que atravesamos.

*Daniel Alberto Pérez Rojas*

## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
Tabla de contenido	6
Índice de tablas	7
Índice de figuras	10
RESUMEN	12
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1.    Realidad problemática	13
1.2.    Formulación del problema	30
1.3.    Objetivos	30
1.4.    Hipótesis	31
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	32
CAPÍTULO III: RESULTADOS	77
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	109
Referencias	116

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de los ladrillos de acuerdo a su resistencia .....	25
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de tipo de ladrillos según su forma y posibilidad de aplicación .....	26
<b>Tabla 3:</b> Población de ladrillos .....	33
<b>Tabla 4:</b> Población de morteros .....	33
<b>Tabla 5:</b> Cantidad de probetas cúbicas con porcentaje de fibra de caucho.....	34
<b>Tabla 6:</b> Cantidad de pilas de ladrillo con porcentaje de fibra de caucho .....	34
<b>Tabla 7:</b> Ensayos necesarios para el presente estudio .....	35
<b>Tabla 8:</b> Número de muestras para los ensayos de ladrillo .....	40
<b>Tabla 9:</b> Ubicación de la ladrillera .....	41
<b>Tabla 10:</b> Ubicación de la cantera.....	43
<b>Tabla 11:</b> Ubicación de la recicladora de caucho.....	44
<b>Tabla 12:</b> Ubicación de la Universidad.....	45
<b>Tabla 13:</b> Límites establecidos para el uso granulométrico.....	53
<b>Tabla 14:</b> Tipos de morteros y resistencias a compresión mínima a los 28 días.....	62
<b>Tabla 15:</b> Resultado del ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal .....	77
<b>Tabla 16:</b> Resultado del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal.....	78
<b>Tabla 17:</b> Resultado de la absorción de ladrillos artesanales tipo II .....	79
<b>Tabla 18:</b> Resultado de la succión de ladrillos artesanales .....	79
<b>Tabla 19:</b> Resultado de la resistencia a compresión de unidades de albañilería .....	80
<b>Tabla 20:</b> Resultado del análisis granulométrico del agregado fino.....	81
<b>Tabla 21:</b> Resultado del contenido de humedad del agregado fino.....	82
<b>Tabla 22:</b> Resultado de la gravedad específica y absorción del agregado fino .....	83
<b>Tabla 23:</b> Resultado del peso unitario seco suelto y compactado del agregado fino.....	84
<b>Tabla 24:</b> Resultado de la cantidad de material que pasa por el tamiz n° 200 por lavado.....	84
<b>Tabla 25:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% a los 7 días. .....	85

<b>Tabla 26:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 7 días.....	85
<b>Tabla 27:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 7 días.....	86
<b>Tabla 28:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% de caucho a los 14 días.....	88
<b>Tabla 29:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 14 días.....	88
<b>Tabla 30:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 14 días.....	89
<b>Tabla 31:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% de caucho a los 28 días.....	91
<b>Tabla 32:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 14 días.....	91
<b>Tabla 33:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 28 días.....	92
<b>Tabla 34:</b> Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 7 días.....	94
<b>Tabla 35:</b> Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 14 días.....	95
<b>Tabla 36:</b> Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 28 días.....	96
<b>Tabla 37:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0% de caucho a los 14 días.....	98
<b>Tabla 38:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0% de caucho a los 21 días.....	99
<b>Tabla 39:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 4% de caucho a los 14 días.....	100
<b>Tabla 40:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 4% de caucho a los 21 días.....	102



<b>Tabla 41:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 6% de caucho a los 14 días.....	103
<b>Tabla 42:</b> Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 6% de caucho a los 21 días.....	104
<b>Tabla 43:</b> Resultado total de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho a los 14 días.....	106
<b>Tabla 44:</b> Resultado total de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho a los 21 días.....	107

## Índice de figuras

Figura 1: Proceso de fabricación del ladrillo .....	23
Figura 2: Ladrillo sólido o macizo.....	24
Figura 3: Ladrillo hueco.....	24
Figura 4:Ladrillo perforado .....	24
Figura 5:Ladrillo tubular.....	25
Figura 6: Arena gruesa.....	27
Figura 7: Fibra de caucho .....	28
Figura 8: Proceso de construcción de pilas de ladrillo.....	29
Figura 9: Mapa conceptual del procedimiento a realizar .....	39
Figura 10: Ubicación de la ladrillera "El cerrillo" .....	41
Figura 11: Horno de la ladrillera "El cerrillo" .....	42
Figura 12:Ubicación de la cantera "El gavián" .....	42
Figura 13: Cantera "El Gavián" .....	43
Figura 14:Ubicación de la recicladora de neumáticos .....	44
Figura 15: Ubicación de la Universidad Privada del Norte .....	45
Figura 16: Medición de las unidades de albañilería.....	47
Figura 17:Concavidad en ladrillos.....	47
Figura 18: Convexidad en ladrillos.....	48
Figura 19: Alabeo de las unidades de albañilería.....	48
Figura 20: Absorción de las unidades de albañilería .....	49
Figura 21: Succión de las unidades de albañilería .....	50
Figura 22: Unidades de albañilería en el ensayo de resistencia a compresión....	52
Figura 23: Tamizado de agregado fino .....	54
Figura 24: Análisis granulométrico de agregado fino.....	54

Figura 25: Muestra colocada en el horno .....	55
Figura 26: Recipiente vacío .....	56
Figura 27: Peso del material compactado .....	57
Figura 28: Tamizado por lavado .....	58
Figura 29: Secado de la muestra .....	60
Figura 30: Muestra saturada .....	61
Figura 31: Muestra en la fiola.....	62
Figura 32: Gráfico de la resistencia a compresión vs relación agua/ cemento ....	65
Figura 33: Contenido de cemento.....	65
Figura 34: Mezcla para los morteros.....	67
Figura 35: Colocación de caucho en la mezcla para los morteros .....	69
Figura 36: Curado de morteros .....	70
Figura 37: Medición de los cubos de morteros .....	70
Figura 38: Resistencia a compresión de morteros .....	71
Figura 39: Nivelación de las pilas de albañilería.....	72
Figura 40: Medición de las juntas de mortero .....	73
Figura 41: Pilas de albañilería realizadas .....	74
Figura 42: Medición de las pilas de albañilería.....	75
Figura 43: Resistencia a compresión de las pilas de albañilería.....	76

## RESUMEN

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca con el fin de determinar la resistencia a compresión en pilas de albañilería incorporando fibra de caucho al 4% y 6% en la junta de mortero en comparación a la resistencia establecida en la norma E.070. Se trabajó con un diseño cuasi experimental, fabricándose 81 probetas cúbicas de mortero y 30 pilas de ladrillo incorporando al mortero 4% y 6% de fibra de caucho. Se obtuvo que la resistencia a compresión de morteros a los 7, 14 y 28 días fue de 98.08, 115.23 y 160.28 Kg/cm<sup>2</sup> para el MP ; 78.03, 91.55 y 120.80 Kg/cm<sup>2</sup> para el MC 4%; y 52.01, 79.11 y 90.09 Kg/cm<sup>2</sup> para el MC 6%; para ensayos de pilas de albañilería se obtuvo que la resistencia a los 14 y 21 días fue de 33.88 y 40.98 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas con MP; 31.64 y 34.68 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas con MC 4%; y 30.81 y 33.66 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas con MC 6%. Concluyendo que, las resistencias obtenidas en las pilas de albañilería con la incorporación de fibra de caucho al 4% y 6% no alcanzaron la resistencia mínima de la NTP E.070 que es 35 kg/cm<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** Agregado fino, mortero, pilas de albañilería, ladrillo artesanal, fibra de caucho, resistencia a compresión.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En el Perú, la cantidad de vehículos aumenta cada año, y desde el 2016 al 2020 el número de autorizaciones de vehículos se incrementó de 5 058 a 8 724 unidades, debido a las medidas preventivas del estado de emergencia para frenar la expansión del COVID – 19 en el país (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2020, p. 116).

Esto provocó que exista una alta demanda de neumáticos, los cuales al no tener un tratamiento de reciclaje generan un efecto negativo en la salud humana y el medio ambiente, puesto que, al ser desechados en botaderos, ríos y vertederos, contaminan el suelo, el agua y el aire, y al no ser biodegradables, constituyen un ambiente para reproducir plagas y mosquitos (Peláez Arroyave et al., 2017).

Por otro lado, se tiene conocimiento que la construcción de infraestructura civil a nivel global es de alto impacto, las sociedades buscan mejorar su calidad de vida, construyendo hospitales, carreteras, puentes, viviendas, etcétera, de acuerdo a su necesidad y prioridad.

El sistema constructivo con más demanda en el Perú para la construcción de viviendas familiares en zonas urbanas, es la albañilería confinada con ladrillos de arcilla debido a su alta disponibilidad en el mercado, bajo costo, y alta resistencia; sin embargo, durante los últimos eventos sísmicos las viviendas han sufrido serios daños debido a fallas estructurales y/o la falta de control de calidad adecuado de los materiales y del proceso constructivo en obra (Universidad Nacional de Ingeniería, 2005).

En la construcción de estos muros estructurales, el mortero (mezcla de cemento, agua y arena) permite la unión y corrección de las irregularidades de los ladrillos, para asegurar su calidad y su resistencia; sin embargo, a menudo se presentan fisuras en los muros o fallas estructurales ante una eventual solicitación sísmica, esto ha motivado a las investigaciones optimizar el rendimiento y la resistencia de esta mezcla con la adición de nuevos materiales que se puedan encontrar con facilidad y bajo precio cumpliendo con las prescripciones establecidas en la norma E.070. Por ello, considerando algunos estudios favorables sobre la utilización de caucho en concretos y pavimentos y a su impacto ambiental favorable, su resistencia y no ser biodegradable, se tiene el interés de realizar esta investigación con la finalidad de utilizar este material en morteros (Olivera et al., 2021).

Además, se puede considerar que en Cajamarca estas juntas de mortero no son los adecuados, debido a que en la mayoría de construcciones no cumplen con lo especificado en la norma E.070, la cual menciona que su espesor debe ser como mínimo 1 cm y como máximo 1.5 cm, además de no con la mano de obra capacitada para la dosificación correcta al elaborar la mezcla de cemento (Sáenz Correa, 2016).

- (SOTO & MARÍN, 2019) en su proyecto titulado "ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CAUCHO COMO ADITIVO PARA ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES" para optar el grado de ingeniero civil en la Universidad Libre Seccional de Pereira en Colombia, tienen como objetivo determinar el comportamiento de mezclas de concretos adicionándole caucho triturado de llantas recicladas en diferentes porcentajes, con el fin de

aplicarlas en la reducción de las cargas muertas en estructuras y obtener una disminución en los requerimientos estructurales y los costos, de tal forma este proyecto se define como una investigación experimental, por ello el desarrollo de los ensayos estuvo respaldado por la normas técnicas INV y NTC permitiendo diversas pruebas con muestras de hormigón a las que se ha añadido caucho triturado en diferentes porcentajes (0%, 3%, 5%, 7%, 10%) siendo ensayados a los 7, 14 y 28 días respectivamente, dando como resultado que para un 5% de agregado de caucho disminuye significativamente el peso. La reducción a los 7 días de curado es de un 6.1%, a los 14 días del curado igualmente la reducción más clara es la del 5% de agregado de caucho con un 7.4% más liviano, en sus 28 días se redujo un 6.32% el peso con respecto al cilindro base sin agregado de caucho y en los ensayos de resistencia a la compresión no se vio disminución alguna en base al cilindro base (0%) todos superaron la resistencia esperada de 21 MPa, siendo un resultado muy positivo para la investigación ya que es el factor más importante dentro del diseño del concreto, sin embargo si disminuye eventualmente la resistencia en relación al cilindro de (0%). En conclusión, el comportamiento de mezclas de concretos adicionándole caucho triturado de llantas recicladas en diferentes porcentajes disminuye en la resistencia a la compresión, sin embargo, no bajan del límite establecido por las normas INV y NTC que son 21MPa.

- (Rodriguez et al., 2013), en su artículo titulado "EVALUACIÓN MECÁNICA DE CONCRETO Y DE CORROSIÓN EN MORTERO CON PARTÍCULAS DE NEUMÁTICO RECICLADO" para la revista ALCONPAT en México, menciona que el objetivo del artículo fue la posibilidad de utilizar partículas

de caucho reciclado en hormigón y mortero, por ello el tipo de investigación del artículo es experimental debido a que se realizaron ensayos de densidad, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad para evaluar las propiedades mecánicas del hormigón endurecido. Se prepararon probetas sustituyendo el 5%, 7,5% y 10% del volumen de arena por partículas de caucho reciclado. La técnica electroquímica de resistencia a la polarización lineal (RPL) se utilizó para estudiar la velocidad de corrosión de los morteros construidos en las mismas condiciones y proporciones que el hormigón. Los resultados mostraron que la mezcla con un 7,5% de partículas de caucho reciclado puede utilizarse para estructuras de resistencia media y baja situadas en entornos que contienen cloruros. Concluyendo que la posibilidad de utilizar partículas de caucho reciclado en hormigón y mortero no debe usarse en estructuras que tienen resistencia alta.

- (Fioriti et al., 2020), en su artículo "BLOQUES DE MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN LIVIANO FABRICADOS CON CAUCHO DE NEUMÁTICOS Y METACAOLÍN" para la Universidad Estadual Paulista en São Paulo – Brasil, tuvo como objetivo reducir su densidad aparente y obtener valores dimensionales de resistencia a la compresión y absorción de agua, en conformidad con la norma brasileña ABNT NBR 6136: 2016, debido a ello, esta investigación corresponde a un tipo experimental, debido que se fabricaron tres mezclas de hormigón, reemplazando el 9%, 18% y 27% del agregado fino por caucho de neumáticos y además una mezcla sin caucho. Para ello, en las mezclas, se adoptó el procedimiento de reemplazar el 10% de cemento por metacaolín, teniendo así testigos de 15 x 30 cm, realizados por un procedimiento manual con moldes de PVC y dispositivos de botellas



de PET para la forma del hueco característico de los bloques, los cuales posteriormente fueron sometidos a los ensayos correspondientes a la norma brasileña. Como resultado se obtuvo que todas las series de bloques producidas cumplieron con los requisitos de la norma vigente, pero cabe mencionar que solo las series R0, R1 y R2 tienen función estructural, todas las mezclas obtuvieron tasas de absorción de agua inferiores al 13%. Los resultados con respecto a la resistencia a la compresión de los bloques de hormigón, la R0 alcanzó el valor más alto con 14,41 MPa; sin embargo, se observó una disminución de la resistencia al aumentar la proporción de caucho. Este comportamiento se atribuye a la débil adherencia entre la matriz de cemento y el caucho. En relación con la función estructural, solo las R0, R1 y R2 mostraron esta característica, mientras que la R3 tuvo 2,74 MPa, por lo que no obtuvo la función estructural según lo establece la norma ABNT NBR 6136:2016, por ello se concluye que los comportamientos descritos revelan la necesidad de realizar nuevos estudios que confirmen la factibilidad de usar caucho de neumáticos en los bloques de mampostería de hormigón.

- Baca & Yopez (2022) en el estudio "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE UN MORTERO PATRÓN; Y UN MORTERO SUSTITUYENDO EL PESO DEL AGREGADO CON CAUCHO RECICLADO EN PORCENTAJES DE 7%, 10% Y 13% - CUSCO 2021" para la obtención del título profesional de ingeniero civil, en la Universidad Autónoma del Cusco, mencionan que objetivo del estudio fue evaluar las propiedades físicas y mecánicas de un mortero estándar en el que se sustituyó parte de la masa de áridos por partículas de caucho procedente de

neumáticos usados en porcentajes del 7%, 10% y 13%, debido a ello el tipo de investigación viene a ser de enfoque cuantitativo. Para el muestreo, análisis y ensayo se utilizaron mezclas constructivas listadas en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y el Manual de Ensayos de Materiales (MTC E). Las probetas de mortero fueron 72 cubos de 5x5x5 cm para el ensayo de compresión y 72 prismas de 4x4x16 cm para el ensayo de flexión, con un determinado porcentaje (7%, 10% y 13%) del peso del árido sustituido por caucho triturado con una relación agua cemento de 0,52:1. Los resultados mostraron que el mortero con un 7% de aditivo tenía una resistencia a la compresión de 111,07 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; el mortero normal tenía una resistencia de 118,68 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En las pruebas de consistencia encontramos que el mortero con 7% de agregado reemplazado con caucho estaba más cerca de la consistencia ideal con un valor de 2,64", mientras que el mortero estándar tenía un valor de 2,36". Concluyendo que propiedades físicas y mecánicas un mortero con añadido de caucho bajan considerablemente en relación a un mortero patrón.

- (Batallanos & Romero, 2023) en su tesis "PROPIEDADES DEL MORTERO UTILIZANDO CAUCHO PULVERIZADO DE NEUMÁTICOS" para optar el grado de bachiller en ingeniería civil, para la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, menciona que el objetivo de este estudio fue investigar las propiedades de un mortero con caucho como sustituto del árido fino en porcentajes del 10%, 20% y 30%, utilizando como modelo un mortero convencional. Se realizaron ensayos de conductividad térmica y de resistencia a la compresión, que se midieron a los 7 y 14 días. Los resultados de los ensayos de conductividad térmica mostraron que el mortero con

caucho como sustituto parcial del árido fino tenía un buen comportamiento como aislante térmico y que cuanto mayor era el porcentaje de caucho, menor era la conductividad térmica de los muros. Por otro lado, los resultados obtenidos para los valores de resistencia a la compresión muestran que estos valores se reducen significativamente cuando se utiliza caucho en la formulación del mortero. Concluyendo que los morteros con adición de caucho en polvo no pueden utilizarse para elementos estructurales ni como material de albañilería; sólo pueden emplearse como material de revestimiento.

- (La Barrera & Mesias, 2018) en la tesis "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MORTERO CON ADICIÓN DE CAUCHO PARA MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN SAN JUAN DE LURIGANCHO, LIMA-2018" para optar el grado de Ingeniero Civil, en la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como objetivo determinar el comportamiento mecánico de un muro de albañilería utilizando mortero con caucho reciclado en viviendas de San Juan de Lurigancho, por ello el diseño metodológico es de carácter cuantitativo, debido a los ensayos realizados en los muretes y las pilas se pretende demostrar que la utilización del mortero con caucho reciclado en muros de albañilería confinada no reduce sustancialmente los lineamientos establecidos por la norma E 070 para el diseño de muros portante. Para demostrar esto se elaboraron tres pilas de y tres muretes de albañilería utilizando un mortero con 5% de caucho y otras tres pilas y tres muretes utilizando un mortero con 10% de caucho reciclado según como estipula los lineamientos de la norma técnica peruana, dando como resultado al ensayo de resistencia a compresión en las pilas de albañilería hechas con mortero

con sustitución de arena gruesa al 5% se puede observar, que el valor de resistencia a la compresión axial final es de 111.84 kg/cm<sup>2</sup>, 46 kg/cm<sup>2</sup> por encima del valor mínimo establecido por la norma E 070 la cual es de  $f'_m = 65$  kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que se optó por llenar los alveolos de los ladrillos para así poder llegar a la resistencia mínima nominal, debido a que no cumple con los límites correspondientes.

- (Huaccha, 2017) en su tesis titulada "COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO" para optar el título profesional de Ingeniero Civil para la universidad nacional de Cajamarca, indica que el objetivo principal de este trabajo de investigación fue determinar el comportamiento mecánico del hormigón producido con la adición de partículas de caucho reciclado, por ello el tipo de investigación es experimental debido a los ensayos realizados según los porcentajes de caucho reciclado de granulometría bien clasificada con M:F de 3,70 utilizados fueron del 10%, 15% y 20% en relación al volumen de árido fino en una mezcla homogénea de hormigón con una resistencia a compresión de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se siguió la siguiente metodología determinación de las propiedades físicas y mecánicas del árido y del cemento, diseño de la mezcla estándar, diseño de las mezclas de prueba, diseño de las mezclas de hormigón con adición de 10%, 15% y 20% de partículas de caucho reciclado en sustitución del árido fino, determinación de la resistencia del hormigón añadido. Como resultado, se obtuvo una diferencia del 38,15% en la resistencia mecánica a la compresión del hormigón estándar y el hormigón con adición del 15% de partículas de

caucho reciclado, obteniéndose una resistencia a la compresión de 129,52 Kg/cm<sup>2</sup> y, por último, la diferencia del hormigón estándar y el hormigón desarrollado con adición del 20% de partículas de caucho reciclado fue del 46,13%, obteniéndose una resistencia de 112,79 Kg/cm<sup>2</sup> para el hormigón con adición del 20% de partículas de caucho reciclado. Concluyendo que comportamiento mecánico del hormigón producido con la adición de partículas de caucho reciclado es menor en relación a los de un hormigón estándar.

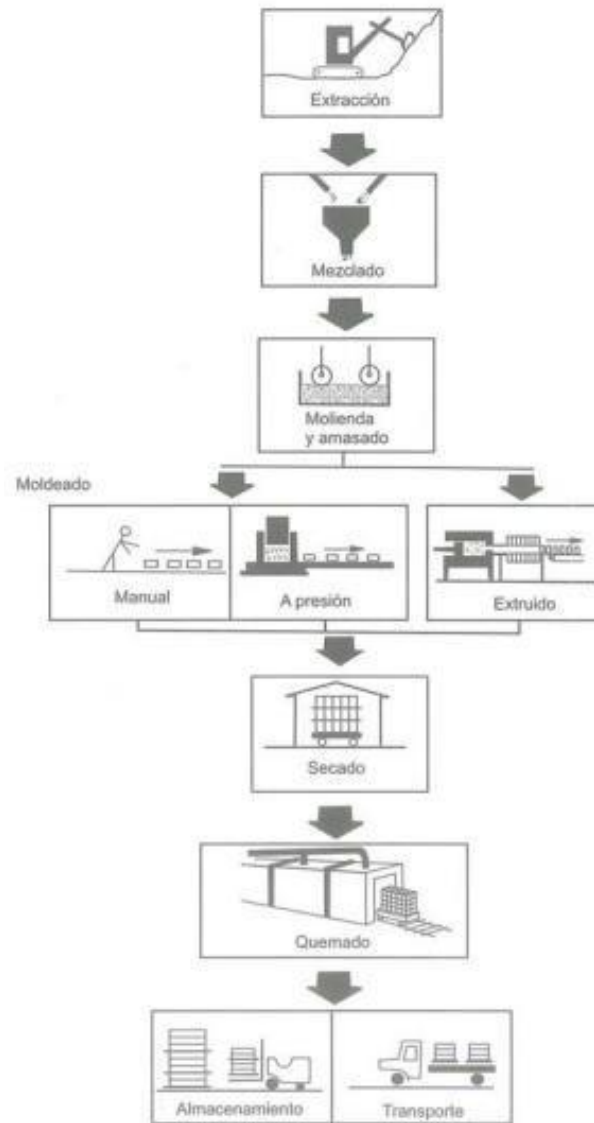
Considerando la importancia del estudio, se presenta la definición de los conceptos básicos de los componentes básicos requeridos para el estudio, los cuales se especifican en la tabla 1 (operacionalización de variables).

- **Unidades de albañilería**, es el elemento principal de la construcción de mampostería, entre sus componentes se encuentran las materias primas como arcilla, hormigón y una mezcla de sílice con cal. Estos elementos se forman a través de la mezcla homogénea, moldeo y compactación; usualmente se producen en fábricas industriales, bajo control de calidad, o en precarias zonas artesanales, sin control de calidad, debido a esto pueden variar en forma, tipo, tamaño y peso, además, pueden ser macizos, huecos, alveolares o tubulares. Entre su clasificación tenemos a los ladrillos y los bloques diferenciándose de acuerdo a su manipulación, los ladrillos al ser más ligeros permiten que su manipulación sea con una sola mano, mientras que los bloques por su tamaño y peso se requiere ambas manos para su manipulación (Gallegos Héctor, 2005).

Los ladrillos pueden ser manipulados por una sola mano y son usados para levantar muros o reducir el peso de los techos, como todo elemento existen tipos y formas de ladrillo que varían de acuerdo a su composición o fin estructural, sin embargo, uno de los más usados en la construcción es el ladrillo de arcilla (Aceros Arequipa, 2013).

Para la fabricación del ladrillo de arcilla se utiliza la materia prima básica son arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes, para el proceso se realizan los métodos mostrados en la figura 1. Debido a la materia prima usada el ladrillo adopta un color normalmente entre el amarillo y el rojo, si hablamos de su textura varía de acuerdo al molde utilizado, por lo general son de textura rugosa por la arena que se incorpora en el molde (Gallegos Héctor, 2005).

Figura 1: Proceso de fabricación del ladrillo

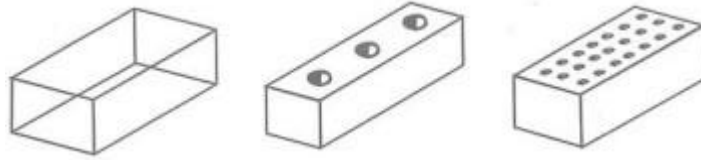


Nota: Fuente: (Gallegos Héctor, 2005).

Los diferentes tipos de ladrillos según su forma, son:

- Unidad sólida o maciza, puede tener o no huecos y perforaciones perpendiculares a la cara de asiento limitada hasta un 30% de vacío (Gallegos Héctor, 2005).

Figura 2: Ladrillo sólido o macizo



Nota. Fuente: (Gallegos Héctor, 2005).

- Unidad hueca, tiene huecos perpendiculares a la cara de asiento y se representa por tener más del 30% de su área bruta. Normalmente son utilizados en muros no portantes, pero si se rellenan los huecos con concreto puede ser usado para muros portantes (Avanto Castillo,2005).

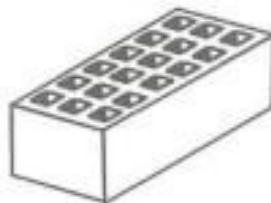
Figura 3: Ladrillo hueco



Nota. Fuente: (Gallegos Héctor, 2005)

- Unidades perforadas, tiene huecos perpendiculares a la cara de asiento y son mayores al 30% del área bruta. Esta unidad se diferencia de la unidad hueca debido a que sus orificios son más pequeños y no pueden ser llenados con concreto fluido (Avanto Castillo, 2005).

Figura 4:Ladrillo perforado



Nota. Fuente: (Gallegos Héctor, 2005)



➤ Unidad tubular, tiene huecos o perforaciones paralelamente a la cara del asiento y se utilizan para la construcción de muros no portantes (Avanto Castillo, 2005).

Figura 5: Ladrillo tubular



Nota. Fuente: (Gallegos Héctor, 2005)

Los ladrillos según su fin estructural se clasifican de acuerdo a su resistencia a la compresión, para ello la NTP 331.017 propone la tabla 2 y para posibles aplicaciones estructurales según su forma se establece la tabla 3.

**Tabla 1:** Clasificación de los ladrillos de acuerdo a su resistencia

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	más de 150 mm		
<b>LADRILLO I</b>	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
<b>LADRILLO II</b>	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
<b>LADRILLO III</b>	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
<b>LADRILLO IV</b>	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
<b>LADRILLO V</b>	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
<b>BLOQUE P (1)</b>	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
<b>BLOQUE NP (2)</b>	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

**(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes**

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

Nota. Fuente: (NTP 331.017, 1978).

Se debe tener en cuenta que los ladrillos TIPO I y II, tienen una resistencia y durabilidad baja, siendo recomendado para viviendas de 1 o 2 pisos evitando el contacto directo con el agua, lluvia y suelo. Por otro lado, el ladrillo TIPO III es de mediana resistencia y durabilidad, recomendado para construcciones a la intemperie, y finalmente los ladrillos TIPO IV y V son de resistencia y durabilidad alta, recomendado para ser utilizados en construcciones de intemperie moderado.

**Tabla 2:** Clasificación de tipo de ladrillos según su forma y posibilidad de aplicación.

Tipo	Posibilidad de aplicación			
	Muro en zona sísmica		Muro en zona no sísmica	
	Portante	No portante	Portante	No portante
Sólida	Óptima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	No aplicable tal cual. Óptima si se llenan alvéolos con concreto líquido	Óptima	Aplicable	Óptima
Perforada	No aplicable, salvo que el área alveolar sea 30% o menos que el área bruta.	Óptima	Aplicable	Óptima
Tubular	No aplicable	Óptima	No aplicable	Óptima

Nota. Fuente: (NTP 331.017, 1978).

- **Agregado fino**, el cual se compone por la arena o piedra natural triturada con tamaño reducido que pasen el tamiz 9.5 mm (3/8") que cumple con los

requisitos establecidos en la NTP 400.037, además, son materiales que junto con el agua se combinan con algunos aglomerantes como cemento y cal; formando mezclas de concreto y mortero. Por ello, si es utilizado en temas constructivos es importante que los agregados tengan buena resistencia y estén libres de impurezas como material orgánico que puedan debilitar la mezcla (Abanto Castillo, 2009).

*Figura 6: Arena gruesa*



*Nota:* imagen obtenida de Google Imágenes

- **Cemento**, es un material de construcción formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada con agua forma una pasta blanda que se solidifica y endurece.
- **Caucho**, el cual es procedente de los neumáticos triturados, utilizándose para elementos arquitectónicos, dándole un valor e incentivando la introducción el material en sectores como la construcción y obras públicas generando la reutilización en el consumo de la materia prima (Fajen & Beliczky, 1993).

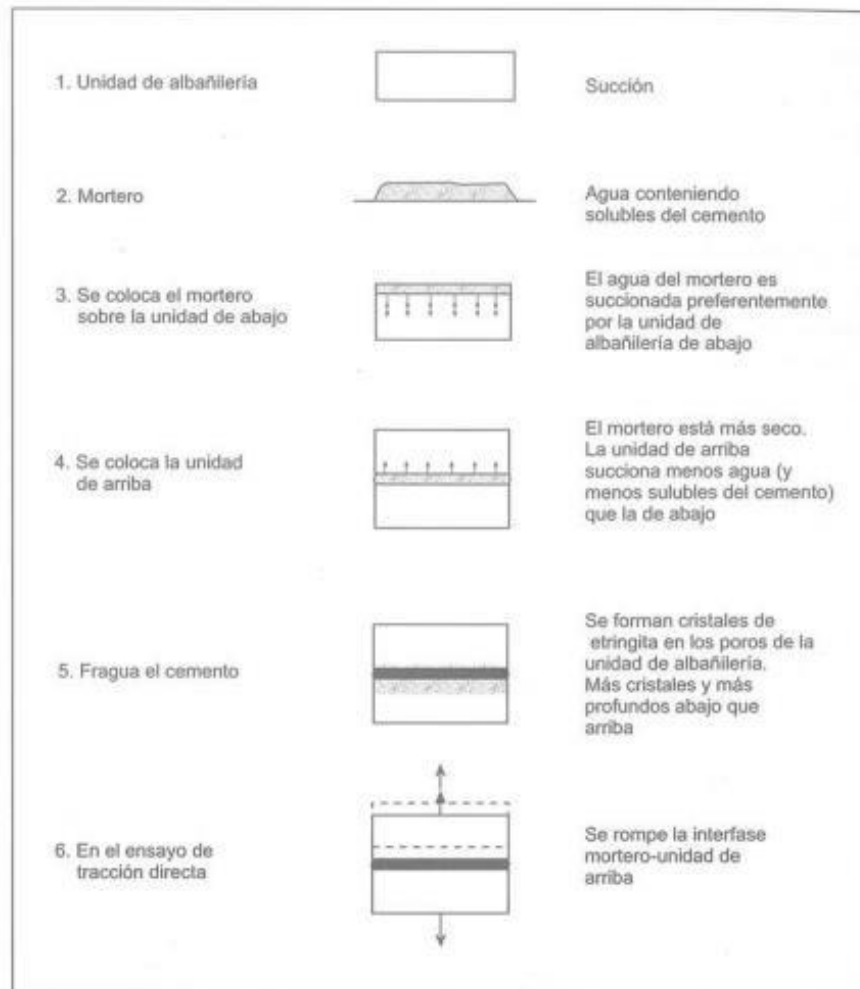
*Figura 7: Fibra de caucho*



*Nota:* imagen obtenida de Google Imágenes

- **Pilas de albañilería**, son consideradas prismas compuestos por dos o más hiladas de ladrillos o bloques unidas y asentadas por un mortero, estas pilas de albañilería tienen una edad nominal de 21 días y se ensayan a compresión axial, dando por resultado datos utilizados para diseñar muros estructurales, así mismo para comprobar la calidad de la construcción (Bartolome, 1994).

Figura 8: Proceso de construcción de pilas de ladrillo



Nota. Fuente: (Gallegos Héctor, 2005).

El fin de esta investigación es determinar la resistencia a compresión en pilas de albañilería incorporando fibra de caucho al 4% y 6% en la junta de mortero en comparación a la resistencia establecida en la norma E.070. Por ello, esta investigación se enfoca en incorporar un porcentaje de fibra de caucho de neumáticos y reemplazarlo por el agregado fino en la dosificación de morteros para la elaboración en pilas de albañilería, analizando y verificando que su resistencia a compresión cumpla con la resistencia mínima que se indica en la norma E.070. De esta manera podremos dar un nuevo uso al caucho reciclado, proponiendo una

alternativa ecológica en la construcción de albañilería y así contribuir a mejorar su resistencia y disminuir la contaminación ambiental. Además, servirá como antecedentes para otras investigaciones.

## 1.2. Formulación del problema

Debido a la posible disminución de contaminación ambiental de las fibras de caucho y a su aplicación en la construcción, se formuló la siguiente pregunta: ¿Cuál es la resistencia a la compresión de pilas de albañilería incorporando fibra de caucho al 4% y 6% en la junta de mortero en comparación a la resistencia establecida en la norma E.070?

## 1.3. Objetivos

Para poder responder a la interrogante planteada, se tiene como objetivo general "Determinar la resistencia a compresión en pilas de albañilería incorporando fibra de caucho al 4% y 6% en la junta de mortero en comparación a la resistencia establecida en la norma E.070"; para lo cual se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los ladrillos artesanales extraídos de la ladrillera "El Cerrillo".
- Determinar las propiedades físicas del agregado fino extraído de la cantera "El Gavilán".
- Determinar la resistencia a la compresión del mortero patrón y con adición del 4% y 6% de caucho.
- Determinar la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería mortero patrón y adición del 4% y 6% de caucho.

- Comparar de las unidades de albañilería con mortero a base de fibra de caucho de acuerdo a la norma E.070.

#### **1.4. Hipótesis**

Considerando el problema de investigación se generó la siguiente hipótesis: "La resistencia a compresión en pilas de albañilería incorporando fibra de caucho en la junta de mortero es mayor en comparación a la resistencia establecida en la norma E.070". Asimismo, se identificaron las variables en estudio, en la cual, la variable independiente es la junta de mortero con fibra de caucho y la variable dependiente viene a ser la resistencia a compresión en pilas de albañilería.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Según su nivel de investigación va a ser descriptivo, debido a lo mencionado por (Hernández Sampieri et al., 2014) este nivel de investigación busca especificar las propiedades y características del objeto en estudio con el fin de recoger toda la información disponible. Por lo tanto, en este estudio se analizarán las propiedades físico-mecánicas de los elementos que se utilizarán para la elaboración de las pilas de albañilería.

También es correlacional, (Hernández Sampieri et al., 2014) indica que un estudio correlacional tiene la finalidad de conocer el vínculo que existe entre las variables en un estudio que puede ser positiva o negativa, sustentándose cuando las hipótesis son sometidas a prueba. Por lo tanto, en este estudio se medirá el cambio que tendrán las variables analizándolas entre una junta de mortero con viruta caucho en pilas de albañilería y otra sin la viruta de caucho, lo cual nos permitirá analizar los resultados con lo especificado en la norma E.070.

De acuerdo a su enfoque es cuantitativo, debido a que es objetivo y representa una serie de procedimientos que no se pueden omitir ni saltar, puesto que es secuencial y probatorio, asimismo, utiliza la recolección de datos para realizar pruebas y probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico. ((Hernández Sampieri et al., 2014)

En este estudio se construirán pilas de albañilería para los diferentes ensayos de laboratorio, mediante el muestreo en probetas, con el fin de analizar si la resistencia aumenta o disminuye con la adición viruta de caucho en las juntas de mortero y así aprobar o rechazar la hipótesis planteada.



En cuanto a su diseño será experimental, debido a que los datos se van a obtener por la observación de situaciones que un investigador genera para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Además, será del tipo cuasi experimental, porque se va a realizar la manipulación intencional de las variables independientes para analizar los posibles resultados que tiene en la variable dependiente. (Hernández Sampieri et al., 2014)

Para este estudio la población está conformada por 145 ladrillos artesanales y por 81 cubos de mortero.

**Tabla 3:** Población de ladrillos

Nº de pilas para la investigación	30
Nº Ladrillos por pila	4
Nº ladrillos para los ensayos físico y mecánicos	25
<b>Nº TOTAL DE LADRILLOS</b>	<b>145</b>

*Nota:* En la tabla se muestra el número total de ladrillos a utilizar en toda la investigación.

**Tabla 4:** Población de morteros

Mortero patrón	27
Mortero con 4% de caucho	27
Mortero con 6% de caucho	27
<b>Nº TOTAL DE MORTEROS</b>	<b>81</b>

*Nota:* En la tabla se muestra el número total de morteros a realizar, los cuales, se van a ensayar a los 7,14 y 28 días de curado, sin importar su porcentaje de fibra de caucho adicionado.

Al ser una investigación cuantitativa, se resalta que será una muestra no probabilística, porque la elección de los elementos en estudio no va a depender de la probabilidad, sino de las características y contexto de la investigación.

La (NTP 339.605, 2013) indica que por lo mínimo se deben realizar tres pilas para cada material; sin embargo, por un factor de seguridad se realizarán 5 pilas por cada tipo de variación que se realice en el mortero. Asimismo, la NTP 334.051 señala que se deben realizar 6 probetas cúbicas (5x5x5 cm) de mortero como mínimo; sin embargo, por un factor de seguridad se realizarán 9 probetas

**Tabla 5:** Cantidad de probetas cúbicas con porcentaje de fibra de caucho

Edad del ensayo	Porcentaje de reemplazo de fibra de caucho		
	0%	4%	6%
7 días	9	9	9
14 días	9	9	9
28 días	9	9	9
<b>TOTAL</b>	<b>81 probetas cúbicas</b>		

*Nota:* En la tabla se muestra con más detalle el número de morteros para cada día de curado y sus porcentajes de caucho añadido.

**Tabla 6:** Cantidad de pilas de ladrillo con porcentaje de fibra de caucho

Edad del ensayo	Porcentaje de reemplazo de fibra de caucho		
	0%	4%	6%
14 días	5	5	5
21 días	5	5	5

**TOTAL**

30 pilas de ladrillo

*Nota:* En la tabla se muestra con más detalle el número de pilas para cada día de curado y sus porcentajes de caucho añadido.

Hernández & Mendoza (2018, p. 290) indica que un método cuantitativo de recolección de datos es la observación, que consiste en el registro sistemático, válido y confiable de situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías, las cuales permiten observar y obtener los datos sin ser modificados o manipulados.

Por ello, la técnica de recolección a utilizar para este estudio es la observación directa de los ensayos que se realicen en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, la cual permite llevar un orden con el cronograma para la recolección de datos, además como nuestra variable dependiente es la resistencia a compresión, este es un dato que se mide de manera visual.

El instrumento que se utiliza para recolectar los datos son los protocolos proporcionados por la Universidad Privada del Norte, los cuales permiten la recolección de datos, los cuales varían dependiendo del tipo de ensayo y la normativa a utilizar.

**Tabla 7:** *Ensayos necesarios para el presente estudio*

<b>ENSAYO Y/O PROTOCOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL A ENSAYAR</b>
<b>Variación Dimensional</b>	Consiste en determinar las dimensiones (largo, ancho y alto) en mm de los ladrillos con ayuda un instrumento de precisión bajo los	Ladrillo artesanal

ENSAYO Y/O PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN	MATERIAL A ENSAYAR
	estándares de la (NTP 399.604, 2002; NTP 399.613, 2005).	
<b>Alabeo</b>	Consiste en determinar tanto la convexidad o concavidad en mm de los ladrillos con ayuda de una cuña graduada y bajo los estándares de la (NTP 399.613, 2005).	Ladrillo artesanal
<b>Absorción</b>	Consiste en determinar el nivel de absorción que tienen los ladrillos luego de haber estado saturado por 24h y posteriormente secados por 24h en un horno graduado y bajo los estándares de la (NTP 399.604, 2002; NTP 399.613, 2005)	Ladrillo artesanal
<b>Succión</b>	Consiste en determinar el nivel de succión que tienen los ladrillos luego de haber estado sumergidos en 3 a 10 mm de agua por 1 min, bajo los estándares de la (NTP 399.604, 2002; NTP 399.613, 2005).	Ladrillo artesanal
<b>Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería</b>	Consiste en determinar la resistencia máxima de ladrillos luego de haber estado sometido a la fuerza axial en una prensa hidráulica y bajo los estándares de la (NTP 331.017, 1978).	Ladrillo artesanal
<b>Análisis granulométrico de</b>	Consiste en determinar el tamaño de partículas de agregado fino, grueso y global mediante una serie de tamices	Arena gruesa

<b>ENSAYO Y/O PROTOCOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL A ENSAYAR</b>
<b>agregados gruesos y finos</b>	con diferentes aberturas ordenadas de manera descendente y bajo los estándares de la (NTP 400.012, 2001).	
<b>Contenido de humedad</b>	Consiste en determinar el porcentaje total de humedad presente en una muestra de agregado fino agregado grueso y bajo los estándares de la (NTP 339.185, 2002).	Arena gruesa
<b>Peso unitario de los agregados</b>	Consiste en determinar el peso unitario, suelto y compactado del agregado (fino o grueso) bajo los estándares de la (NTP 400.017, 1999).	Arena gruesa
<b>Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N°200 por lavado</b>	Consiste en determinar mediante agua a chorro el contenido de material que pasa por el tamiz #200 de agregado fino que se empleará para la elaboración de concreto o mortero y bajo los estándares de la (NTP 400.018, 2002).	Arena gruesa
<b>Peso específico y absorción del agregado fino</b>	Consiste en determinar el peso específico de la muestra (seca, saturada y aparente) y la absorción (después de 24h) del agregado finobajo los estándares de la (NTP 400.022, 2013).	Arena gruesa
<b>Compresión de morteros de cemento</b>	Consiste en determinar la resistencia máxima de morteros de cemento luego de haber estado sometido a la fuerza	Cubos de 5x5 cm

<b>ENSAYO Y/O PROTOCOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MATERIAL A ENSAYAR</b>
<b>hidráulico (cubos 50.8mm)</b>	axial en una prensa hidráulica bajo los estándares de la (NTP 334.051, 2002).	
<b>Resistencia a la compresión de pilas de albañilería</b>	Consiste en determinar la resistencia máxima de pilas de ladrillos luego de haber estado sometido a la fuerza axial en una prensa hidráulica bajo los estándares de la (NTP 339.605, 2013).	Pilas de albañilería

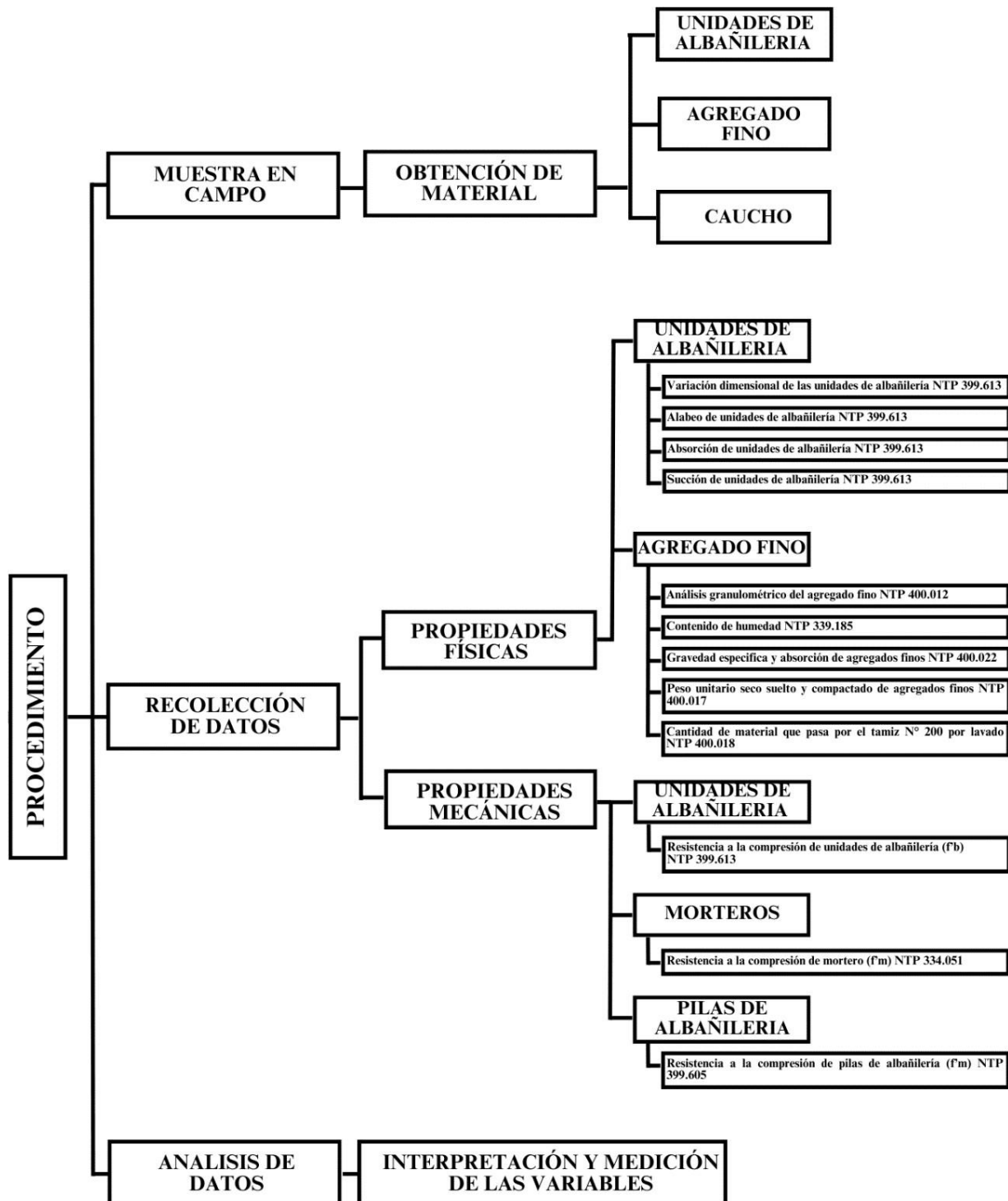
Nota: En la tabla se realiza un detalle del concepto de cada ensayo a realizar con su normativa correspondiente.

La técnica de análisis de datos que se utiliza en esta investigación es la estadística descriptiva, lo cual permitirá describir y analizar los datos obtenidos en el laboratorio para cada variable de la investigación mediante cuadros, tablas o gráficos. (Hernández & Mendoza, 2018, p. 328).

El instrumento que se utilizó para el análisis de datos de la estadística descriptiva fue los protocolos brindados por la Universidad Privada del norte y del software Excel 2016, permitiendo crear y organizar los datos obtenidos en laboratorio de todos los ensayos que se realizaron mediante tablas y gráficos, permitiendo el análisis e interpretación de los resultados.

En la figura 9 se realiza un cuadro de las actividades que se realizaron para el desarrollo de la investigación.

Figura 9: Mapa conceptual del procedimiento a realizar



Nota: En la imagen se realiza un detalle de las actividades de cada paso a realizar.

## MUESTRA EN CAMPO

- **Unidades de albañilería**, para la cantidad de muestreo que se requiere en cada ensayo de los ladrillos de arcilla, se eligieron unidades enteras representativas del lote de 50 000 ladrillos del cual fueron designadas, de acuerdo a la tabla 7 (ITINTEC 331.019, 1982).

**Tabla 8:** *Número de muestras para los ensayos de ladrillo*

ENSAYOS	MUESTRA
Variación dimensional y Alabeo	10
Resistencia a la compresión	5
Densidad	5
Módulo de rotura	5
Absorción	5
Succión	5
Eflorescencia	10

Nota. Fuente: (ITINTEC 331.019, 1982).

Se obtendrá las unidades de albañilería en el centro poblado el Cerrillo, correspondientemente a ladrillo artesanal.



*Figura 10: Ubicación de la ladrillera "El cerrillo"*



Nota. fuente: Google Maps.

**Tabla 9: Ubicación de la ladrillera**

UBICACIÓN GEOPOLITICA		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	BAÑOS DEL INCA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
-78.488651	-7.119736	2745

Nota. La ubicación geográfica se ha realizado utilizando la aplicación de Google earth.

Figura 11: Horno de la ladrillera "El cerrillo"



- **Agregado fino**, se obtendrá el agregado fino de la cantera "El Gavilán" ubicada en la salida a la costa.

Figura 12: Ubicación de la cantera "El gavilán"



Nota. fuente: Google maps.

**Tabla 10: Ubicación de la cantera**

UBICACIÓN GEOPOLITICA		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
-78.508995	-7.203204	2750

Nota. La ubicación geográfica se ha realizado utilizando la aplicación de Google earth.

Figura 13: Cantera "El Gavilán"



- **Fibra de caucho**, se obtendrá la fibra de caucho en la recicladora de neumáticos, ubicada en la Av. Nuevo Cajamarca cuadra 10.

Figura 14: Ubicación de la recicladora de neumáticos



Tabla 11: Ubicación de la recicladora de caucho

UBICACIÓN GEOPOLÍTICA		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
-78.493631	-7.184534	2750



*Figura 15: Ubicación de la Universidad Privada del Norte*



*Tabla 12: Ubicación de la Universidad*

UBICACIÓN GEOPOLÍTICA		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA
UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
-78.506098	-7.151088	2750

## RECOLECCIÓN DE DATOS

Se describe el procedimiento de todos los ensayos realizados en el laboratorio de la universidad, organizándose de acuerdo al material ensayado.

- **Unidades de albañilería**

a) Variación dimensional de las unidades de albañilería (NTP 399.613, 2005)

Se tuvo como muestra 10 unidades de ladrillo artesanal en estado seco, identificándolas con el rotulo (M – 1). Con ello se determinó las medidas de cada espécimen (largo, ancho y alto), obteniendo 6 medidas por cada dimensión, 2 centrales y 4 a los extremos, luego se determinó el promedio de cada dimensión utilizando las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 1:** Longitud promedio en unidades de albañilería

$$L_o = \frac{L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6}{6}$$

**Ecuación 2:** Ancho promedio en unidades de albañilería

$$A_o = \frac{A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6}{6}$$

**Ecuación 3:** Altura promedio en unidades de albañilería

$$H_o = \frac{H1 + H2 + H3 + H4 + H5 + H6}{6}$$

Finalmente se obtuvo la variación dimensional aplicando la Ecuación 4 para cada dimensión.

**Ecuación 4:** Variación dimensional en unidades de albañilería

$$\%V = \frac{(DF - DP)}{DF} * 100$$

Donde:

%V= Variación dimensional en porcentaje.

DF= Dimensión de fábrica (mm).

DP = Medida promedio correspondiente a cada dimensión

Figura 16: Medición de las unidades de albañilería

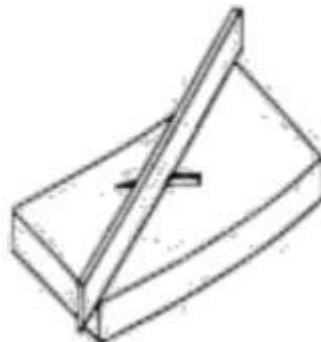


Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de unidades de albañilería.

b) Alabeo de unidades de albañilería (NTP 399.613,2005)

Para dicho ensayo se utilizó 10 unidades de ladrillo artesanal en estado seco para proceder con la medición de la concavidad, para ello se colocó una regla en el borde recto de la unidad de albañilería de forma diagonal y se introdujo la cuña como indica la figura.

*Figura 17:Concavidad en ladrillos*



Fuente: (NTP 399.613, 2005)

De la misma forma se realizó la medición de la convexidad colocando el ladrillo sobre el vidrio para introducir la cuña graduada por las aristas del ladrillo y obtener su medida milimétrica, como se observa en la figura.

*Figura 18: Convexidad en ladrillos*



Fuente: (NTP 399.613, 2005)

*Figura 19: Alabeo de las unidades de albañilería*



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de unidades de albañilería.

c) Absorción de unidades de albañilería (NTP 399.613,2005)

El ensayo se realizó con 5 unidades de ladrillo artesanal en estado seco, en el cual se colocó las muestras en un horno de temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego de ello se dejó enfriar procedió a pesar cada



muestra y se obtuvo su peso seco, una vez realizado el proceso mencionado en un recipiente con agua se sumergieron los ladrillos por 24h, una vez saturado los especímenes se pesó cada muestra y se obtuvo su peso saturado, por último se determinó el porcentaje de absorción utilizando la siguiente ecuación:

**Ecuación 5: Absorción en unidades de albañilería**

$$\%Abs = \left( \frac{\text{Peso sat} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right) * 100$$

Figura 20: Absorción de las unidades de albañilería



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de unidades de albañilería.

d) Succión de unidades de albañilería (NTP 399.613)

En este ensayo se utilizó 5 unidades de ladrillo artesanal en estado seco y correspondientemente pesados, para su procedimiento se utilizó una bandeja nivelada y se colocó un nivel de agua entre 3 y 10 mm manteniendo un nivel constante donde se colocó las muestras de ladrillo

uno a uno por el tiempo de 1 min respectivamente, luego con la ayuda de una regla milimétrica para medir el largo y ancho de la cara del ladrillo que estuvo en contacto con el agua, finalmente con ayuda de un trapo se secó superficialmente cada muestra y se procedió a pesarla y obtener la succión con la siguiente ecuación:

**Ecuación 6:** *Succión en unidades de albañilería*

$$Succión = \frac{(P_{mojado} - P_{seco})}{Largo \times Ancho} \times 200$$

Figura 21: Succión de las unidades de albañilería



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de unidades de albañilería.

- e) Resistencia a compresión de unidades de albañilería ( $f'_b$ ) (NTP 399.613,2005)

En este ensayo se utilizó 5 unidades de ladrillo artesanal en estado seco, luego para la realización de este ensayo es necesario que la superficie

de contacto este totalmente plana y nivelada, por lo tanto, se realizó una mezcla de agua con yeso y se colocó sobre la mica de plástico previamente apoyada en la superficie del vidrio, se extendió la mezcla de tal forma que cubra toda la superficie del ladrillo, con ayuda del nivel de mano se verificó que la muestra quede totalmente nivelada, repitiendo el proceso con la cara posterior, de tal forma que quede superficialmente liso por ambas caras opuestas, cuando ambas superficies se encontraron secas, se procedió a tomar las dimensiones (largo, ancho y altura), obteniendo el promedio del área de contacto, se codificó cada muestra y utilizando la prensa hidráulica, se procedió a realizar la compresión axial de las muestras, en donde se aplicó una carga vertical a una velocidad constante y se anotó los datos que se registraba en el deformímetro hasta que llegó a su carga máxima y se produjo la rotura. Finalmente, se determinó el esfuerzo de compresión, utilizando la ecuación 7 y se determinó la deformación unitaria utilizando la ecuación 8 y después dibujar en un diagrama el esfuerzo – deformación que se realizó.

**Ecuación 7:** *Esfuerzo a compresión en unidades de albañilería*

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo a compresión

P= Carga actuante (Kg-f).

A= Área resistente en cm<sup>2</sup>.

**Ecuación 8:** *Deformación unitaria en unidades de albañilería*

$$\epsilon_u = \frac{\epsilon}{H}$$

Donde:

$E_u$  = Deformación unitaria

$E$  = Deformación

$H$  = Altura de la muestra en mm.

Figura 22: Unidades de albañilería en el ensayo de resistencia a compresión



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de unidades de albañilería.

- **Agregado fino**

- a) **Análisis granulométrico del agregado fino (ASTM C136,2011; NTO 400.12,2001)**

El material utilizado en este ensayo son 2 kilos de arena gruesa en estado seco, para su desarrollo se secó la muestra a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , secándolo a temperatura ambiente.

Utilizando el tamaño de los tamices según la NTP 400.012: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y cazoleta, ordenándolos de manera descendente, luego se colocó la muestra sobre el tamiz superior y se

procedió a agitar los tamices manualmente, con ayuda de taras y la balanza se procedió a registrar el peso de la muestra retenida en cada tamiz para hacer los cálculos correspondientes y verificar que la curva se encuentre entre el huso granulométrico indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 13:** Límites establecidos para el uso granulométrico

TAMIZ		% QUE PASA	
(pulg)	(mm)	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
N° 4	4.75	95	100
N° 8	2.36	80	100
N° 16	1.18	50	85
N° 30	0.60	25	60
N° 50	0.30	10	30
N° 100	0.15	2	10
N° 200	0.08	0	3

Fuente: (NTP 400.018, 2002).

Se calculó el módulo de finura, considerando que se encuentra comprendido entre 1,6 y 2,5 como se menciona en la norma, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

**Ecuación 9:** Módulo de finura

$$M.F = \frac{\Sigma \% \text{ Ret. Acumulado Tamiz } N^{\circ}(8,16,30,50,100)}{100}$$

Figura 23: Tamizado de agregado fino



Figura 24: Análisis granulométrico de agregado fino



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de agregado fino.

**b) Contenido de humedad (ASTM D2216,2019; NTP 339.127,2019)**

Este ensayo se realizó con 1.5 kilos de arena gruesa en estado seco, primeramente, se identificó cada una de las taras a utilizar y luego se registró el peso vacío de cada una de ellas, se pesó y colocó 400 gr. de muestra en estado natural a cada tara y se volvió a pesar, secamos las muestras en el horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, se retiró las taras del horno y se pesó cada una de ellas, con los datos

registrados, se procedió a aplicar la siguiente ecuación para determinar su contenido de humedad:

**Ecuación 10: Contenido de humedad**

$$w\% = \frac{W_{mh} - WS}{WS} \times 100$$

Donde:

w%= Contenido de humedad en porcentaje.

Wmh= Muestra húmeda

DP = Muestra seca después de estar en el horno por 24h

Figura 25: Muestra colocada en el horno



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de agregado fino.

**c) Peso unitario del agregado fino (ASTM C29,1997; NTP 331.017,1978)**

1. Peso unitario suelto

Se calculó el volumen y peso del recipiente vacío, se verificó que el material este seco y con ayuda de un cucharón se llenó el recipiente hasta una altura no mayor a 50mm, por encima del borde superior, se determinó el peso del recipiente más la muestra se volvió a realizar el



ensayo dos veces más y se realizó el cálculo del peso unitario suelto utilizando la siguiente ecuación:

**Ecuación 11: Peso unitario suelto**

$$\text{Peso unit. suelto} = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Vol. del molde}}$$

Figura 26: Recipiente vacío



2. Peso unitario compactado

Se calculó el volumen y peso del recipiente vacío, verificando que el material este seco y con ayuda de un cucharón se llenó el recipiente hasta 1/3 de la altura total del recipiente y se apisona 25 veces con la varilla de compactación de manera helicoidal, se volvió a llenar el recipiente con una segunda capa hasta los 2/3 del total y se volvió a apisonar con la varilla de compactación, se rellena todo el recipiente y se apisona igual que las anteriores capas y se nivela con el cucharón o espátula, Finalmente se calculó el peso unitario compactado utilizando la siguiente ecuación:



**Ecuación 12: Peso unitario suelto**

$$\text{Peso unit. compactado} = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Vol. del molde}}$$

Figura 27: Peso del material compactado



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de agregado fino.

**d) Cantidad de material que pasa por el tamiz N°200 por lavado (ASTM C117,2012; NTP 400.018,2002)**

Se identificó cada una de las taras a utilizar y luego se registró el peso vacío de cada una de ellas, se secó la muestra a una temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , secándolo a temperatura ambiente, colocando los primeros 500 gr de muestra en un recipiente y se adicionó agua para cubrirla y luego con la mano se removió la muestra con el agua haciendo círculos para separar las partículas finas y gruesas hasta que el agua lavada se encuentre clara, se vertió el agua primero por el

tamiz N°16 y luego por el tamiz N° 200 para evitar dañar este tamiz, se colocó el material retenido en el tamiz N°200 en una tara, se registró su peso y se colocó en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, se retiró las taras del horno y se pesó cada una de ellas, con los datos registrados, se procedió a aplicar la siguiente ecuación para determinar el porcentaje de material que pasa por el tamiz N°200:

**Ecuación 13:** Material que pasa por el tamiz N°200.

$$A\% = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

Donde:

A%= Material más fino que pasa por el tamiz N°200 en porcentaje.

P1= Peso de la muestra original seca

P2 = Muestra lavada y seca después de estar en el horno por 24h.

Figura 28: Tamizado por lavado



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de agregado fino.

**e) Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128,2001; NTP 400.022,2013)**

Para este ensayo se identificó cada una de las taras a utilizar y luego se registró el peso vacío de cada una de ellas. se colocó los 5 kg de muestra seca en un recipiente llenándolo de agua por 24 horas, se extendió el material sobre una superficie plana y con ayuda de una secadora se empezó a realizar el secado uniforme del material hasta que el agregado fino no se adhiera entre sí, se colocó un poco de material en el molde cónico y con la barra de metal se golpeó 25 veces para verificar que al momento de levantarlo la muestra se desmorone, indicándonos que ha conseguido su estado de saturación deseado, registrando el peso del frasco lleno de agua hasta la marca de calibración, se pesó 500 gramos de agregado fino saturado, luego se introdujo la muestra al frasco y se movió hasta que los materiales se homogenicen y se eliminen las burbujas, registrando el peso del frasco lleno de agua con la arena, se vació la muestra a una tara y se colocó en el horno a una temperatura constante por 24 horas.

Finalmente se aplicó las ecuaciones correspondientes para determinar el peso específico de masa, el peso específico saturado, el peso específico aparente y la absorción del agregado fino.

Figura 29: Secado de la muestra



**Ecuación 14: Peso específico de masa**

$$PeM = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

PeM= Peso específico de masa

A= Peso de la muestra seca después de estar en el horno por 24h.

B = Peso del frasco lleno de agua.

C= Peso del frasco + arena + agua

**Ecuación 15: Peso específico del material saturado**

$$PeSSS = \frac{S}{B + S - C}$$

Donde:

PeSSS= Peso específico del material saturado

S= Peso de la muestra saturada.

B = Peso del frasco lleno de agua.

C= Peso del frasco + arena + agua

**Ecuación 16: Peso específico aparente**

$$PeA = \frac{A}{B + A - C}$$

Donde:

PeA= Peso específico aparente

A= Peso de la muestra seca después de estar en el horno por 24h.

B = Peso del frasco lleno de agua.

C= Peso del frasco + arena + agua

**Ecuación 17: Absorción del agregado fino**

$$Ab \% = \frac{S - A}{A} \times 100$$

Donde:

Ab= Absorción del agregado fino en porcentaje

A= Peso de la muestra seca después de estar en el horno por 24h.

S= Peso de la muestra saturada.

Figura 30: Muestra saturada



Figura 31: Muestra en la fiola



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de agregado fino.

- **Cubos de morteros**

La cantidad de especímenes a ensayar según la NTP 334.051 será de 9 morteros por cada edad de curación (7,14 y 28 días), en total se tendría una cantidad de 27 morteros a ensayar por cada variación.

a) Diseño de mezcla del mortero patrón

Para el diseño de mezcla se tuvo en cuenta el capítulo 9 del libro de concreto simple del ingeniero Gerardo A. Rivera L., para lo cual, se eligió el tipo de mortero a utilizar de acuerdo a la tabla 24.

**Tabla 14:** Tipos de morteros y resistencias a compresión mínima a los 28 días

MORTERO	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO A 28 DÍAS, MÍNIMA psi (Mpa)
---------	------	--

<b>Cemento - cal</b>	M	2500 (17.2)
	S	1800 (12.4)
	N	750 (5.2)
	O	350 (2.4)
<b>Cemento de mampostería</b>	M	2500 (17.2)
	S	1800 (12.4)
	N	750 (5.2)
	O	350 (2.4)

*Nota.* Datos de la resistencia a compresión mínima a los 28 días de los morteros.

Fuente: ASTM C270

Por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados del agregado fino y cemento a utilizar, se tuvieron los siguientes datos:

- Peso específico cemento = 3.14 gr/cm<sup>3</sup>
- Peso específico arena = 2.768 gr/cm<sup>3</sup>
- Módulo de finura = 2.41
- Tipo de mortero = mortero tipo S
- R'm = 125 kg/cm<sup>2</sup>

Donde:

R'm = Resistencia a compresión del mortero mínima a los 28 días medido en cubos de 5 cm de arista (kg/cm<sup>2</sup>)

R'mm = Resistencia a compresión del mortero, de dosificación, a los 28 días medido en cubos de 5 cm de arista (kg/cm<sup>2</sup>)

Cálculo de la resistencia a la compresión del mortero, dosificación, a los 28 días sin ensayos previos.

$$R'mm = 1,35 * R'm$$

$$R'_{mm} = 1.35 * 125 \text{ kg/cm}^2$$

$$R'_{mm} = 168.75 \text{ kg/cm}^2$$

➤ Cálculo de la relación agua / cemento

- Límite superior (Arenas gruesas), para ello, se reemplazará el valor de la resistencia a compresión del mortero a los 28 días.

$$Rc_{Mortero\ 28d} = \frac{666.57}{6.59^{A/C}}$$

$$A/c = 0.729$$

- Límite inferior (Arenas finas), para ello, se reemplazará el valor de la resistencia a compresión del mortero a los 28 días.

$$Rc_{Mortero\ 28d} = \frac{851.12}{19.86^{A/C}}$$

$$A/C = 0.541$$

Al tener dos valores de relación agua/ cemento, se realizó una interpolación teniendo en consideración los valores máximo y mínimo del módulo de finura para agregado fino indicado en la norma NTP E.070, asimismo se utilizó el módulo de finura del agregado fino (  $M_f = 2.41$ ), de la cantera "El Gavilán", obtenida en el ensayo de análisis granulométrico.

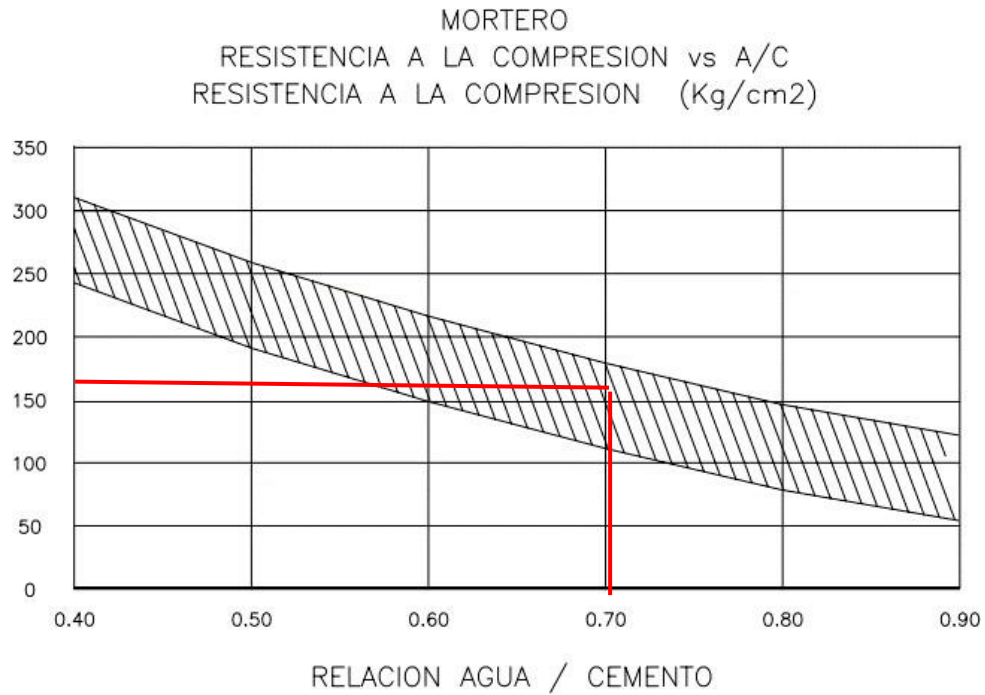
$$\frac{A}{C} \text{ arena en estudio} = \frac{a}{c} s - \frac{\left(\frac{a}{c} s - \frac{a}{c} i\right) (MF_{\text{máx}} - MF_{\text{ensayo}})}{(MF_{\text{máx}} - MF_{\text{min}})}$$

$$\frac{A}{C} \text{ arena en estudio} = 0.729 - \frac{(0.729 - 0.541)(2.50 - 2.41)}{(2.50 - 1.6)}$$

$$A/c \text{ arena en estudio} = 0.710$$



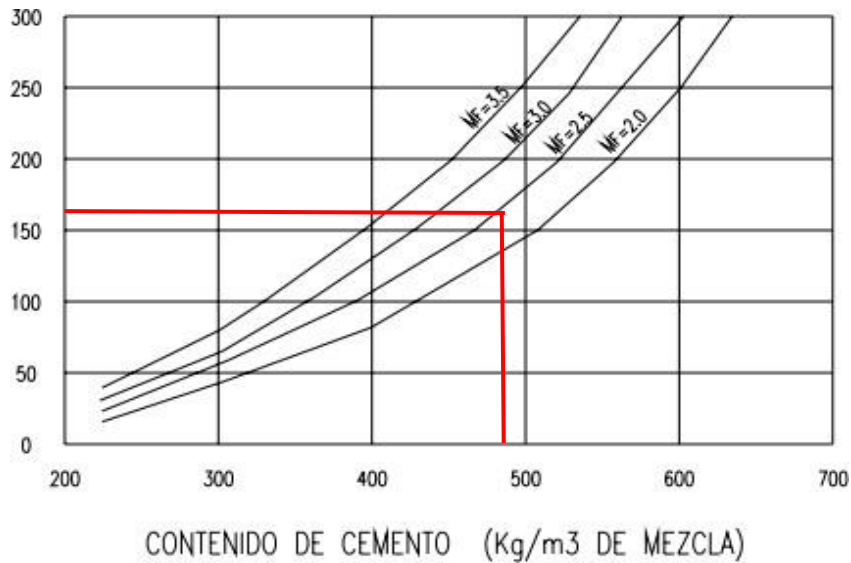
Figura 32: Gráfico de la resistencia a compresión vs relación agua/ cemento



*Fuente: Rivera, G., con datos propios.*

➤ Cálculo del contenido de cemento

Figura 33: Contenido de cemento



*Fuente: Rivera, G., con datos propios.*

Ubicando en la gráfica el valor de  $R'mm$  y el módulo de finura obtenida del laboratorio se puede determinar que se tiene 485 kg/m<sup>3</sup> de cemento.

Cálculo de la cantidad de agua

$$A = C * (A/C)$$

$$A = 485 \text{ kg/m}^3 * 0.71$$

$$A = 344 \text{ kg/m}^3$$

Cálculo del contenido de agregado, para esto tuvo en consideración los pesos correspondientes del agua, cemento y agregado fino.

Volumen absoluto de los materiales:

$$\text{Vol. absoluto material} = \frac{\text{Masa material}}{\text{densidad}}$$

- Volumen absoluto del cemento =  $490 \text{ kg/m}^3 / (3.14 * 1000) = 0.154 \text{ m}^3$

- Volumen absoluto de agua =  $(344 \text{ kg/m}^3) / 1000 = 0.344 \text{ m}^3$
- Volumen absoluto de la arena ( $V_f$ ):

$$Vol. \text{ absoluto arena} = 1 - Vol. \text{ abs. cemento} - Vol. \text{ abs. agua}$$

$$V_f = 1 - 0.156 \text{ m}^3 - 0.348 \text{ m}^3$$

$$V_f = 0.502 \text{ m}^3$$

Peso del agregado fino seco ( $P_f$ ):

$$P_f = V_f * P. \text{ específico de masa}$$

$$P_f = 0.502 \text{ m}^3 * 2.768 \text{ gr/ cm}^3$$

$$P_f = 1390 \text{ kg/m}^3$$

Proporciones de diseño de mezcla

CEMENTO : 485 kg/ m<sup>3</sup>

AGUA : 344 kg/m<sup>3</sup>

ARENA : 1390 kg/m<sup>3</sup>

Proporciones en peso seco

$$\frac{485 \text{ Kg/m}^3}{485 \text{ kg/m}^3} \quad \frac{344 \text{ kg/m}^3}{485 \text{ kg/m}^3} \quad \frac{1390 \text{ kg/m}^3}{485 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 1; \text{ Agua} = 0.710; \text{ Arena} = 2.865$$

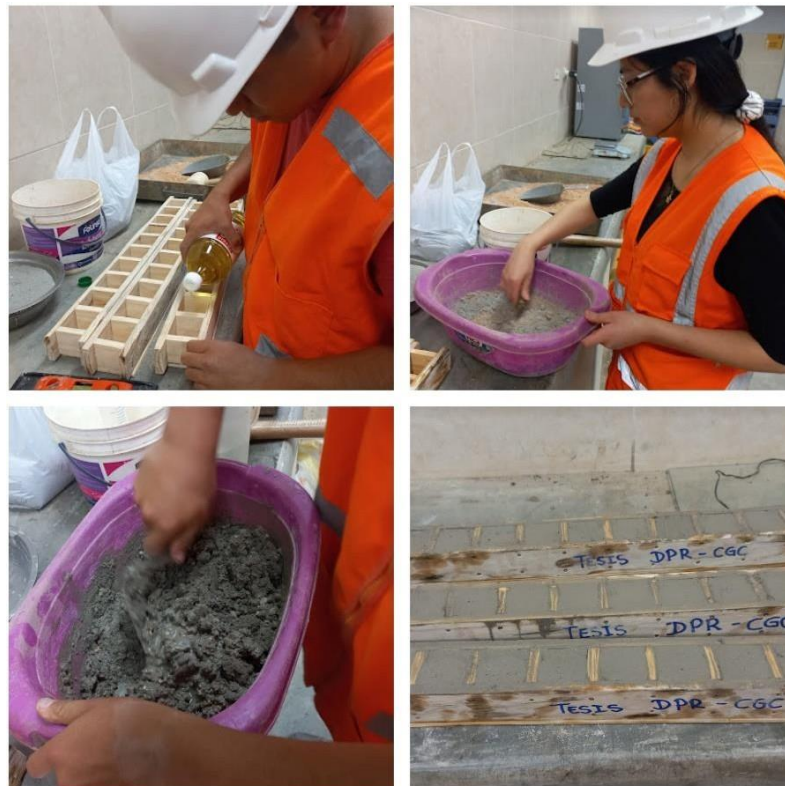
b) Mortero patrón

Se realizó una dosificación en base al diseño de mezcla para realizar los especímenes, se dispuso a engrasar con aceite los moldes donde se colocará la mezcla preparada, Con la dosificación establecida se preparará el mortero patrón, añadiendo cemento, agregado fino y fibra de caucho a la bandeja donde se procede a mezclar de manera

homogénea, luego se agregó agua, se mezcló de manera manual y uniforme todos los elementos y se vació la mezcla en los moldes, en el cual se colocó 3 partes hasta rellenar el molde, cada que se coloque 1/3 de la mezcla se dará 25 golpes para la eliminación de vacíos, posteriormente se dejó en reposo sobre una superficie plana por 24 horas.

Pasadas las 24 horas se procedió a desencofrar y se sumergió en un recipiente con agua por 7, 14 y 28 días según sea correspondiente al periodo de estudio.

Figura 34: Mezcla para los morteros



c) Mortero con incorporación de fibra de caucho (4% y 6%)

Se realizó una dosificación en base al diseño de mezcla para realizar los especímenes, pero añadiendo un porcentaje de fibra de caucho. (4%, 6%), se engrasó con aceite los moldes donde se colocará

la mezcla preparada, Con la dosificación establecida se preparará el mortero patrón, añadiendo cemento, agregado fino y fibra de caucho a la bandeja donde se procede a mezclar de manera homogénea, luego se agregó agua, se mezcló de manera manual y uniforme todos los elementos y se vació la mezcla en los moldes, en el cual se colocó 3 partes hasta rellenar el molde, cada que se coloque 1/3 de la mezcla se dará 25 golpes para la eliminación de vacíos, posteriormente se dejó en reposo sobre una superficie plana por 24 horas

Pasadas las 24 horas se procedió a desencofrar y se sumergió en un recipiente con agua por 7, 14 y 28 días según sea correspondiente al periodo de estudio.

Figura 35: Colocación de caucho en la mezcla para los morteros



d) Resistencia a la compresión de mortero ( $f_m$ ) (NTP 339.605,2013)

Figura 36: Curado de morteros



Para su procedimiento se secó superficialmente a los especímenes con ayuda de un trapo seco y con ayuda de un vernier se sacaron las dimensiones (largo, ancho y altura) de cada muestra.

Figura 37: Medición de los cubos de morteros



Con la ayuda de la prensa hidráulica, se realizó la compresión axial de los especímenes, donde se aplicó una carga vertical a una velocidad



constante y se anotó los datos que se registraba en el deformímetro hasta que llegó a su carga máxima y se produjo la rotura.

Luego en gabinete, se determinó el esfuerzo de compresión, utilizando la ecuación 18 y se determinó la deformación unitaria utilizando la ecuación 19.

**Ecuación 18: Esfuerzo a compresión en morteros**

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo a compresión

P= Carga actuante (Kg-f).

A= Área resistente en cm<sup>2</sup>.

**Ecuación 19: Deformación unitaria en morteros**

$$\varepsilon_u = \frac{\varepsilon}{H}$$

Donde:

Eu = Deformación unitaria

E= Deformación

H= Altura de la muestra en mm.

Figura 38: Resistencia a compresión de morteros



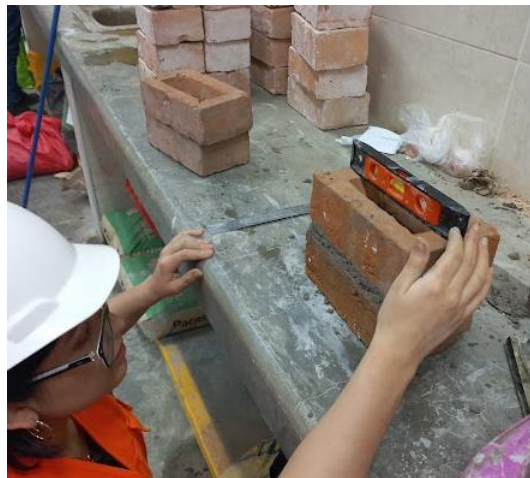
Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de morteros.

- **Pilas de albañilería**

- a) Pilas de albañilería con mortero patrón

- En este ensayo se realizó una dosificación en base al diseño de mezcla para realizar los especímenes, preparando la mezcla correspondiente al mortero indicado, se remojó los ladrillos 30 min antes de realizarse los testigos para tener un mejor agarre con el mortero, colocando los ladrillos húmedos y se procedió a asentar los 4 ladrillos de cabeza con un mortero de 1.5 cm de espesor, con un nivel de mano se verificó que la pila este correctamente derecho obteniendo una superficie y lados completamente nivelados, por último, se procedió a ubicar las pilas de albañilería en un lugar determinado para el secado y curado de los especímenes durante 14 y 21 días.

Figura 39: Nivelación de las pilas de albañilería





- b) Pilas de albañilería con incorporación de fibra de caucho al mortero (4%, 6%)

En este ensayo se realizó una dosificación en base al diseño de mezcla para realizar los especímenes incorporando fibra de caucho, preparando la mezcla correspondiente al mortero indicado, se remojó los ladrillos 30 min antes de realizarse los testigos para tener un mejor agarre con el mortero, colocando los ladrillos húmedos y se procedió a asentar los 4 ladrillos de cabeza con un mortero de 1.5 cm de espesor, con un nivel de mano se verificó que la pila este correctamente derecho obteniendo una superficie y lados completamente nivelados, por último, se procedió a ubicar las pilas de albañilería en un lugar determinado para el secado y curado de los especímenes durante 14 y 21 días según corresponda al periodo de estudio.

Figura 40: Medición de las juntas de mortero



Figura 41: Pilas de albañilería realizadas



c) Resistencia a compresión de pilas de albañilería (f'm) (NTP 339.605,2013)

En este ensayo se utilizaron 10 pilas de albañilería con mortero patrón, 10 pilas de albañilería con mortero + 4% caucho y 10 pilas de albañilería con mortero + 6% caucho, Para la realización del mismo fue necesario que la superficie de contacto este totalmente plana y nivelada, por lo tanto, Se realizó una mezcla de agua con yeso y se colocó sobre la mica de plástico previamente apoyada en la superficie del vidrio, se extendió la mezcla de tal forma que cubra toda la superficie de asiento de las pilas, con el nivel de mano se verificó que la muestra quede totalmente nivelada, repitiendo el proceso con la cara posterior, de tal forma que quede superficialmente liso por ambas caras opuestas.

cuando ambas superficies se encontraron secas, se procedió a tomar las dimensiones (largo, ancho y altura), obteniendo el promedio del área de contacto, Se codificó cada muestra y utilizando la prensa hidráulica, se procedió a realizar la compresión axial de las muestras, en donde se

aplicó una carga vertical a una velocidad constante y se anotó los datos que se registraba en el deformímetro hasta que llegó a su carga máxima y se produjo la rotura, finalmente, se determinó el esfuerzo de compresión, utilizando la ecuación 20 y se determinó la deformación unitaria utilizando la ecuación 21.

**Ecuación 20:** Esfuerzo a compresión en pilas de albañilería

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo a compresión

P= Carga actuante (Kg-f).

A= Área resistente en cm<sup>2</sup>.

**Ecuación 21:** Deformación unitaria en pilas de albañilería

$$\varepsilon_u = \frac{\varepsilon}{H}$$

Donde:

$\varepsilon_u$  = Deformación unitaria

$\varepsilon$  = Deformación

H= Altura de la muestra en mm.

Figura 42: Medición de las pilas de albañilería



Figura 43: Resistencia a compresión de las pilas de albañilería



Para el análisis de datos ver en anexos de protocolos de pilas de albañilería.

## ASPECTOS ÉTICOS

Cumpliendo con la transparencia de esta investigación, los datos recopilados y procesados en ninguna circunstancia fueron y deberán ser manipulados debido a la confidencialidad y respeto a la autoría de las personas que participaron en este estudio.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos, plasmándolos en tablas y gráficos, presentando los ensayos de las propiedades físico- mecánicas de las unidades de albañilería, los ensayos realizados al agregado fino, ensayos de resistencia a compresión en morteros ensayados a los 7,14 y 28 días; y finalmente los resultados de la resistencia a compresión pilas de albañilería con la adición de fibra de caucho al 0%, 4% y 6 % ensayados a los 14 y 21 días.

- **Respecto a las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos artesanales de la ladrillera “el cerrillo” se tienen los siguientes resultados.**

a) Variación dimensional

**Tabla 15:** Resultado del ensayo de variación dimensional del ladrillo artesanal

<b>LONGITUD EFECTIVA Prom Lo (mm)</b>	218.767	<b>ANCHO EFECTIVO Prom Ao (mm)</b>	124.68 3	<b>ALTURA EFECTIVA Prom Ho (mm)</b>	77.05 0
<b>DESVIACIÓ N ESTANDAR</b>	2.070	<b>DESVIACIÓ N ESTANDAR</b>	1.435	<b>DESVIACIÓ N ESTANDAR</b>	0.729
<b>COEFICIENT E DE VARIACIÓ N</b>	0.009	<b>COEFICIENT E DE VARIACIÓ N</b>	0.012	<b>COEFICIENT E DE VARIACIÓ N</b>	0.009
<b>LONGITUD DE FABRICA</b>	230	<b>ANCHO DE FABRICA</b>	130	<b>ALTURA DE FABRICA</b>	80

<b>VARIACIÓN</b>		<b>VARIACIÓN</b>		<b>VARIACIÓN</b>	
<b>DIMENSION</b>	0.049	<b>DIMENSION</b>	0.041	<b>DIMENSION</b>	0.037
<b>AL</b>		<b>AL</b>		<b>AL</b>	

*Nota.* Resultados del ensayo. Fuente: Elaboración propia

b) Alabeo de unidades de albañilería

**Tabla 16:** Resultado del ensayo de alabeo del ladrillo artesanal

ESPECIMEN	CARA A		CARA B		CÓNCAVO	CONVEXO
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO		
	(mm)		(mm)		(mm)	(mm)
<b>M1</b>	1.500	3.000	1.000	3.750	1.250	3.375
<b>M2</b>	1.000	2.770	0.550	1.400	0.775	2.085
<b>M3</b>	0.000	1.500	0.200	1.540	0.100	1.520
<b>M4</b>	0.000	1.670	0.000	1.800	0.000	1.735
<b>M5</b>	0.000	1.250	0.000	1.550	0.000	1.400
<b>M6</b>	1.000	2.800	1.300	2.600	1.150	2.700
<b>M7</b>	0.000	3.000	0.000	2.430	0.000	2.715
<b>M8</b>	0.600	2.170	0.000	1.900	0.300	2.035
<b>M9</b>	1.200	1.690	1.300	1.200	1.250	1.445
<b>M10</b>	1.000	1.100	1.000	0.900	1.000	1.000
				<b>PROMEDIO</b>	<b>0.583</b>	<b>2.001</b>

*Nota.* Resultados del ensayo de alabeo. Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos en la Tabla 16, del ensayo de alabeo de los ladrillos artesanales de la ladrillera "El Cerrillo", presentan una concavidad promedio de 0.583 mm y una convexidad de 2.001 mm.

## c) Absorción de unidades de albañilería

**Tabla 17:** Resultado de la absorción de ladrillos artesanales tipo II

UNIDAD	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)
<b>M6</b>	17.039%	
<b>M7</b>	16.412%	
<b>M8</b>	16.082%	16.838%
<b>M9</b>	17.578%	
<b>M10</b>	17.080%	

*Nota.* Resultados del ensayo de absorción. Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 17 del ensayo de absorción de los ladrillos artesanales de la ladrillera "El Cerrillo", se determinó que la muestra presenta una absorción promedio de 16.838%.

## d) Succión de unidades de albañilería

**Tabla 18:** Resultado de la succión de ladrillos artesanales

UNIDAD	Succión (g/min/200 cm <sup>2</sup> )	Succión Promedio
<b>M1</b>	89.988	
<b>M2</b>	87.243	
<b>M4</b>	93.848	93.619
<b>M5</b>	100.018	
<b>M6</b>	96.996	

*Nota.* Resultados del ensayo de succión. Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 18 del ensayo de succión de los ladrillos artesanales de la ladrillera "El Cerrillo", se determinó que la muestra presenta una succión promedio de 93.619 g/min/200 cm<sup>2</sup>.

## e) Resistencia a la compresión de unidades de albañilería

**Tabla 19:** Resultado de la resistencia a compresión de unidades de albañilería

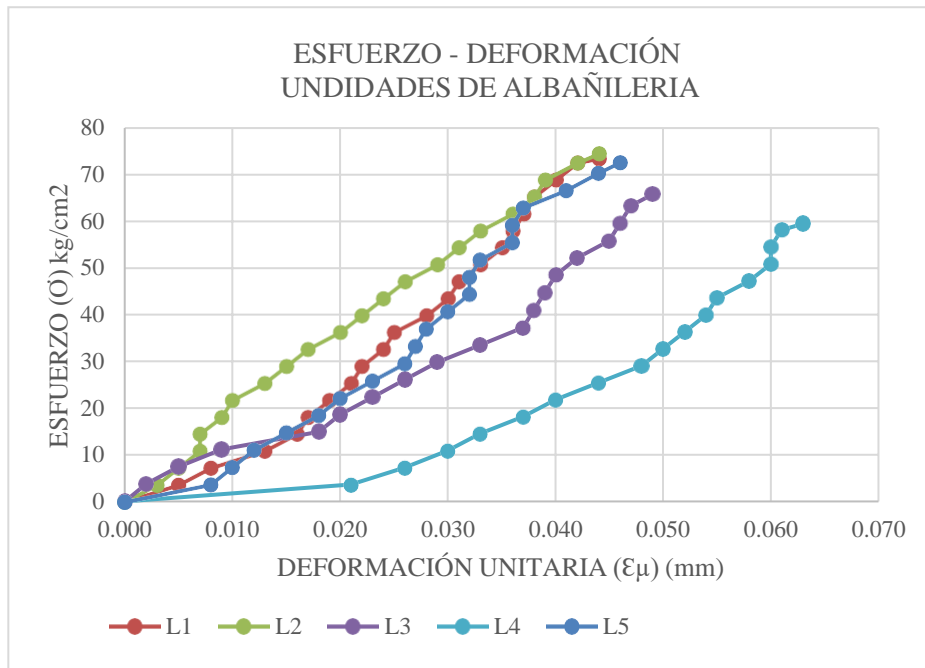
Unidad de albañilería	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
L1	73.38
L2	74.45
L3	65.79
L4	59.48
L5	72.46
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	69.11
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	6.36
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>	62.75

*Nota.* Resultados del ensayo de Resistencia a compresión de unidades de albañilería. Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 19 del ensayo de Resistencia a compresión de los ladrillos artesanales de la ladrillera "El Cerrillo", se determinó que la muestra presenta una resistencia promedio de 69.11 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 6.36 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia a compresión de 62.75 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico 1:** Esfuerzo – deformación de unidades de albañilería



- Respecto a las propiedades físicas del agregado fino de la cantera “El Gavilán” se obtuvieron los siguientes resultados.

a) Análisis granulométrico del agregado fino

En la tabla 20 se muestra el análisis granulométrico y módulo de fineza del agregado fino para la elaboración del mortero.

**Tabla 20:** Resultado del análisis granulométrico del agregado fino

N°	TAMIZ		%PASANTE ACUMULADO (%)
	(pulg)	(mm)	
1	N° 4	4.75	96.431 %
2	N° 8	2.36	86.054 %
3	N° 16	1.18	77.144 %
4	N° 30	0.60	61.688 %
5	N° 50	0.30	28.580 %
6	N° 100	0.15	8.264 %
7	N° 200	0.08	0.354 %

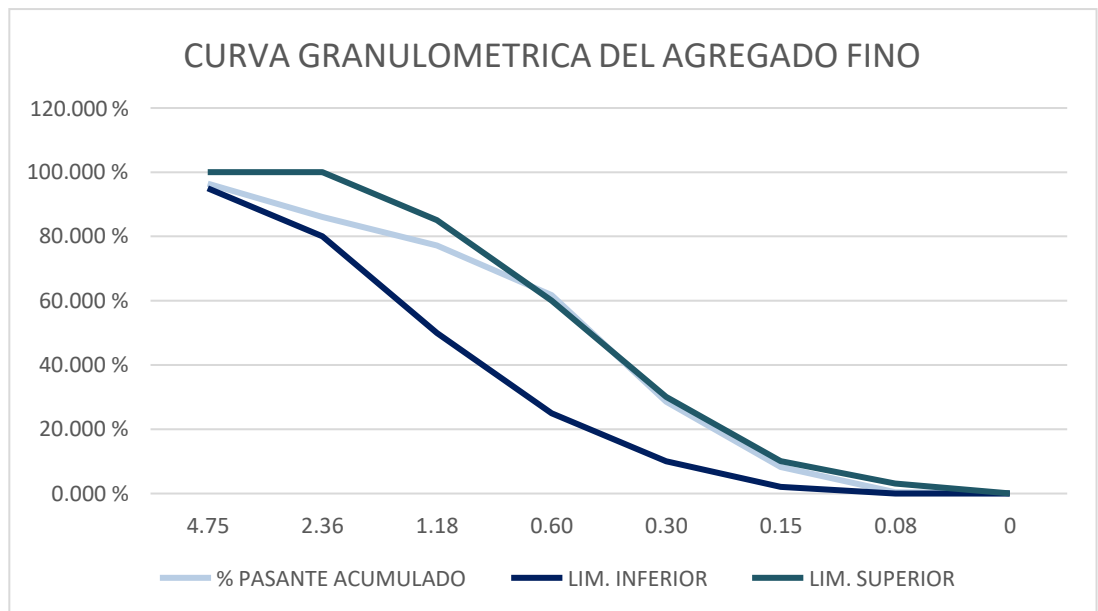
8 BANDEJA 0 5.316

*Nota.* Resultados del ensayo del análisis granulométrico del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

**Modulo de fineza = 2.41**

**Gráfico 2:** Curva granulométrica del agregado fino



En el gráfico 2 se muestra la curva granulométrica del agregado fino utilizado en la presente investigación y establecido bajo los husos granulométricos propuestos por la norma (NTP 400.022, 2013).

b) Contenido de humedad

**Tabla 21:** Resultado del contenido de humedad del agregado fino

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
W%	Porcentaje de Humedad	%	0.427%	0.452%	0.452%
G	Promedio Humedad	%		0.444%	

*Nota.* Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 21 se muestra que el contenido de humedad promedio del agregado fino es de 0.444%.

c) Gravedad específica y absorción de agregados finos

**Tabla 22:** Resultado de la gravedad específica y absorción del agregado fino

ID	DESCRIPCIÓN	1	2	3	PROMEDIO
E	Peso específico aparente (seco)	2.588	2.597	2.611	<b>2.599</b>
F	Peso específico aparente (SSS)	2.661	2.662	2.656	<b>2.661</b>
G	Peso específico nominal (seco)	2.791	2.779	2.733	<b>2.768</b>
H	Absorción	2.816%	2.522%	1.708%	<b>2.349%</b>

*Nota.* Resultados del ensayo de gravedad específica y absorción de agregado fino.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 22 mostrada se obtiene que el peso específico aparente seco promedio es de 2.599 gr/cm<sup>3</sup>, el peso específico aparente saturado promedio es de 2.661 kg/cm<sup>3</sup>, el peso específico de masa promedio es de 2.768 gr/cm<sup>3</sup> y un valor promedio de absorción de 2.349%.

## d) Peso unitario seco y compactado del agregado fino

**Tabla 23:** Resultado del peso unitario seco suelto y compactado del agregado fino

Volumen del molde		0.096			
ID	DESCRIPCIÓN	1	2	3	PROMEDIO
D	Peso Unitario Compactado	167.083	166.146	167.708	<b>166.615</b>
G	Peso Unitario Suelto	144.583	142.813	145.313	<b>143.698</b>

*Nota.* Resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado fino. Fuente: Elaboración propia

## e) Cantidad de material que pasa por el tamiz N°200 por lavado

**Tabla 24:** Resultado de la cantidad de material que pasa por el tamiz n° 200 por lavado

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	PROMEDIO
D	% que pasa por el tamiz N° 200 por lavado	%	15.564%	15.835%	15.70%

*Nota.* Resultados de la cantidad de material que pasa por el tamiz N° 200 por lavado del agregado fino. Fuente: Elaboración propia

- **Respecto a la resistencia a compresión de los morteros con adición de 4% y 6% de fibra de caucho, se obtuvo lo siguiente:**

## a) Resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% a los 7 días

Se obtuvieron los valores de la resistencia a compresión los morteros por cada porcentaje de caucho siendo 0%, 4% y 6%, evidenciándose en las siguientes tablas:

**Tabla 25:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% a los 7 días.

MORTERO	DIAS DE CURADO	PMAX	RESISTENCIA (f'b)
MP-1	7	2,343	91.88
MP-2	7	2,511	97.78
MP-3	7	2,494	99.24
MP-4	7	2,698	106.89
MP-5	7	2,847	110.9
MP-6	7	2,579	103.82
MP-7	7	2,499	97.31
MP-8	7	2,780	110.27
MP-9	7	2,589	103.51
MP-10	7	2,553	99.88
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			102.15
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			6.07
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			96.08

De la tabla 25 mostrada correspondiente a mortero con 0% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 7 días de curado fue del MP - 5 con 110.90 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MP - 1 con 91.88 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 102.15 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 6.07 y la resistencia corregida de 96.08 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 26:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 7 días.

	DIAS DE CURADO	PMAX	RESISTENCIA (f'b)
MC4% - 1	7	2,043	81.45
MC4% - 2	7	2,443	98.38
MC4% - 3	7	2,160	85.37
MC4% - 4	7	2,185	87.36

<b>MC4% - 5</b>	7	2,076	83.44
<b>MC4% - 6</b>	7	2,249	90.39
<b>MC4% - 7</b>	7	1,884	74.91
<b>MC4% - 8</b>	7	2,205	89.34
<b>MC4% - 9</b>	7	1,849	74.25
<b>MC4% - 10</b>	7	2,180	87.79
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			85.268
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			7.24
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			78.03

De la tabla 26 mostrada correspondiente a mortero con 4% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 7 días de curado fue del MC4% - 2 con 98.38 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC4% - 9 con 74.25 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 85.268 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 7.24 y la resistencia corregida de 78.03 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 27:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 7 días.

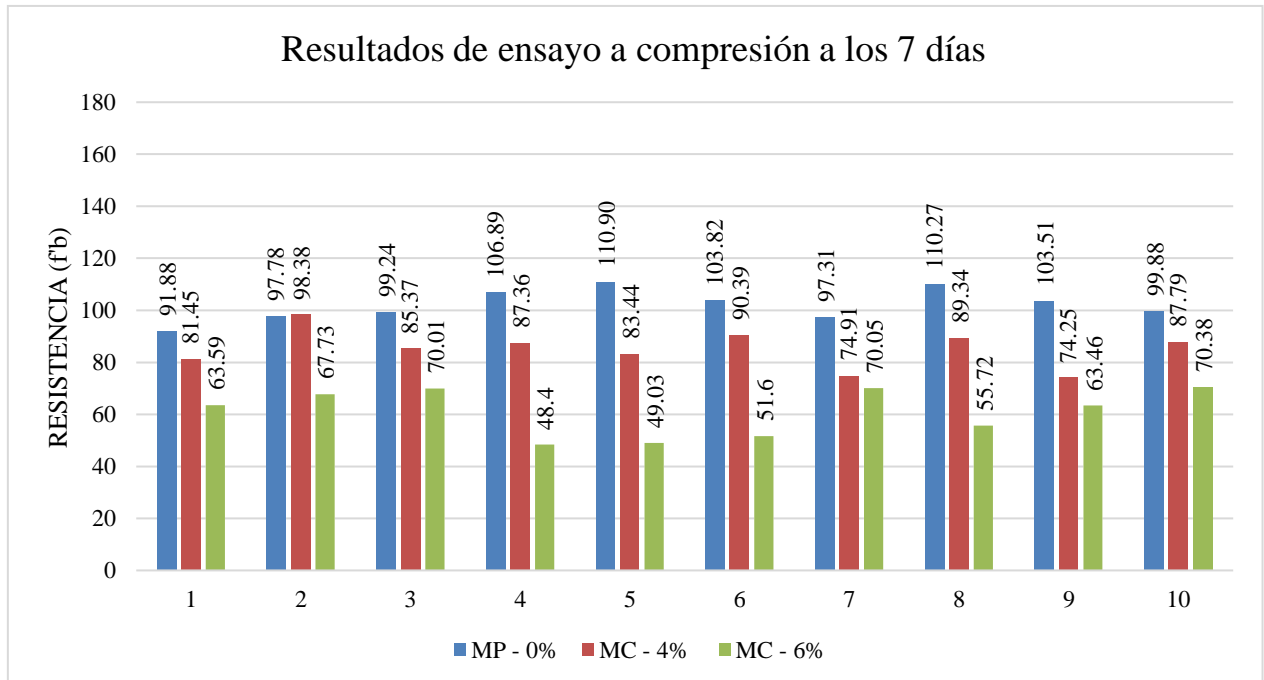
	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>P MAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MC6% - 1</b>	7	1,614	63.59
<b>MC6% - 2</b>	7	1,669	67.73
<b>MC6% - 3</b>	7	1,751	70.01
<b>MC6% - 4</b>	7	1,243	48.40
<b>MC6% - 5</b>	7	1,247	49.03
<b>MC6% - 6</b>	7	1,316	51.60
<b>MC6% - 7</b>	7	1,794	70.05
<b>MC6% - 8</b>	7	1,392	55.72
<b>MC6% - 9</b>	7	1,586	63.46
<b>MC6% - 10</b>	7	1,771	70.38
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			60.99
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			8.99

**RESISTENCIA (f'b)**

52.01

De la tabla 27 mostrada correspondiente a mortero con 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 7 días de curado fue del MC6% - 10 con 70.38 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 4 con 48.10 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 60.99 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 8.99 y la resistencia corregida de 52.01 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 3:** Ensayo a compresión a los 7 días del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho



Del grafico 3 correspondiente a mortero con 0%, 4% y 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 7 días de curado fue del MP - 5 con 110.90 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 4 con 48.40 Kg/cm<sup>2</sup>.

## b) Resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% a los 14 días

**Tabla 28:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% de caucho a los 14 días.

	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>P MAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MP-11</b>	14	4,103	162.43
<b>MP-12</b>	14	4,183	166.91
<b>MP-13</b>	14	4,164	160.95
<b>MP-14</b>	14	3,920	159.93
<b>MP-15</b>	14	4,126	164.51
<b>MP-16</b>	14	4,028	160.47
<b>MP-17</b>	14	3,955	158.77
<b>MP-18</b>	14	3,871	154.03
<b>MP-19</b>	14	3,987	157.71
<b>MP-20</b>	14	4,515	181.47
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			162.72
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			7.49
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			155.23

De la tabla 28 mostrada correspondiente a mortero con 0% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 14 días de curado fue del MP - 20 con 181.47 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MP - 18 con 154.03 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 162.72 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 7.49 y la resistencia corregida de 155.23 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 29:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 14 días.

	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>P MAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MC4% - 11</b>	14	2,842	114.22
<b>MC4% - 12</b>	14	2,675	107.42
<b>MC4% - 13</b>	14	2,215	87.54



<b>MC4% - 14</b>	14	2,356	94.12
<b>MC4% - 15</b>	14	2,571	103.04
<b>MC4% - 16</b>	14	2,386	95.63
<b>MC4% - 17</b>	14	2,643	107.3
<b>MC4% - 18</b>	14	2,240	89.99
<b>MC4% - 19</b>	14	2,410	96.67
<b>MC4% - 20</b>	14	2,668	107.23
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			100.32
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			8.76
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			91.55

De la tabla 29 mostrada correspondiente a mortero con 4% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 14 días de curado fue del MC4% - 11 con 114.22 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC4% - 13 con 87.54 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 100.32 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 8.76 y la resistencia corregida de 91.55 Kg/cm<sup>2</sup>.

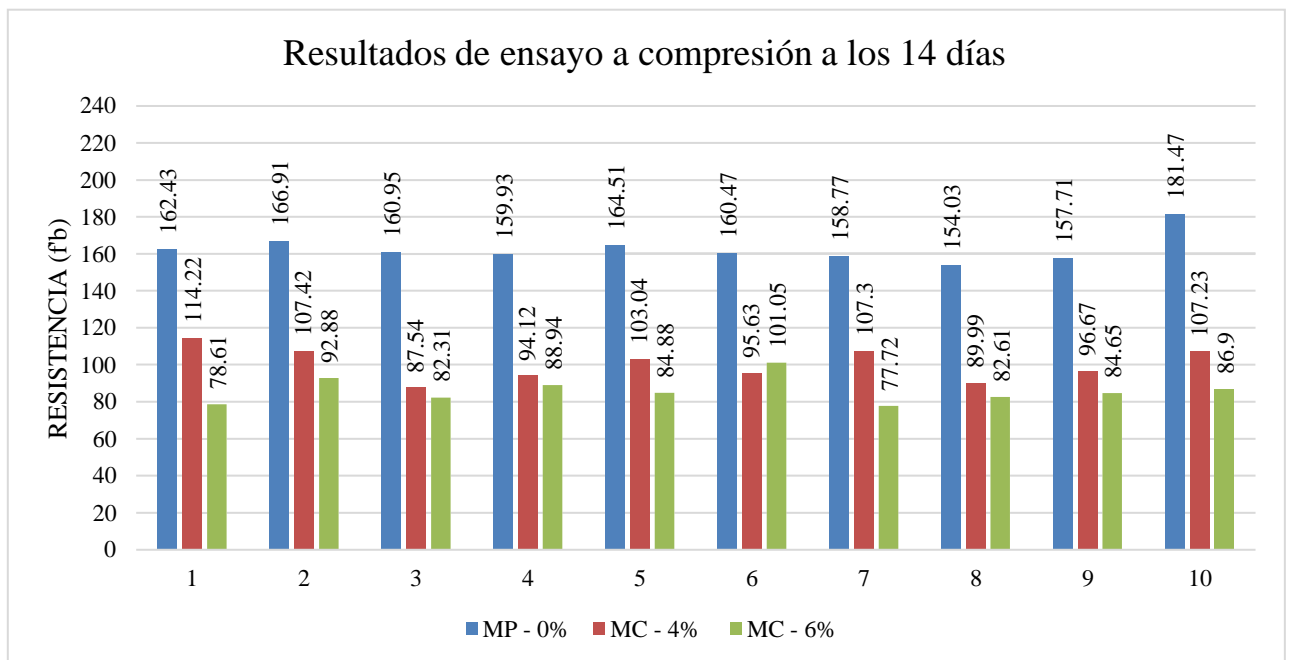
**Tabla 30:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 14 días.

	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>PMAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MC6% - 11</b>	14	1,982	78.61
<b>MC6% - 12</b>	14	2,468	92.88
<b>MC6% - 13</b>	14	2,057	82.31
<b>MC6% - 14</b>	14	2,365	88.94
<b>MC6% - 15</b>	14	2,157	84.88
<b>MC6% - 16</b>	14	2,484	101.05
<b>MC6% - 17</b>	14	1,905	77.72
<b>MC6% - 18</b>	14	1,948	82.61
<b>MC6% - 19</b>	14	2,130	84.65
<b>MC6% - 20</b>	14	2,197	86.90
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			86.06

<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>	<b>6.95</b>
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>	<b>79.11</b>

De la tabla 30 mostrada correspondiente a mortero con 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 14 días de curado fue del MC6% - 16 con 101.05 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 17 con 77.72 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 86.90 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 6.95 y la resistencia corregida de 79.11 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 4:** Ensayo a compresión a los 14 días del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho



Del grafico 4 correspondiente a mortero con 0%, 4% y 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 14 días de curado fue del MP - 20 con 181.47 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 17 con 77.72 Kg/cm<sup>2</sup>.

## c) Resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% a los 28 días

**Tabla 31:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 0% de caucho a los 28 días.

	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>P MAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MP-21</b>	28	4,189	166.16
<b>MP-22</b>	28	4,289	172.25
<b>MP-23</b>	28	4,420	177.29
<b>MP-24</b>	28	4,539	183.17
<b>MP-25</b>	28	4,245	168.25
<b>MP-26</b>	28	4,122	164.02
<b>MP-27</b>	28	3,984	158.47
<b>MP-28</b>	28	3,979	156.59
<b>MP-29</b>	28	4,244	170.78
<b>MP-30</b>	28	4,140	165.86
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			168.28
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			8.07
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			160.21

De la tabla 31 mostrada correspondiente a mortero con 0% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 28 días de curado fue del MP - 24 con 183.17 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MP - 28 con 156.59 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 168.28 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 8.07 y la resistencia corregida de 160.21 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 32:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 4% de caucho a los 14 días.

	<b>DIAS DE CURADO</b>	<b>P MAX</b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MC4% - 21</b>	28	3,011	120.68
<b>MC4% - 22</b>	28	2,946	117.55
<b>MC4% - 23</b>	28	3,280	131.14

<b>MC4% - 24</b>	28	3,283	131.79
<b>MC4% - 25</b>	28	3,047	122.22
<b>MC4% - 26</b>	28	3,137	126.08
<b>MC4% - 27</b>	28	3,231	128.82
<b>MC4% - 28</b>	28	3,443	137.99
<b>MC4% - 29</b>	28	3,106	123.00
<b>MC4% - 30</b>	28	3,262	131.00
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			127.027
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			6.23
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>			120.80

De la tabla 32 mostrada correspondiente a mortero con 4% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 28 días de curado fue del MC4% - 28 con 137.99 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC4% - 22 con 117.55 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 127.03 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 6.23 y la resistencia corregida de 120.80 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 33:** Resultado de la Resistencia a la compresión de morteros con 6% de caucho a los 28 días.

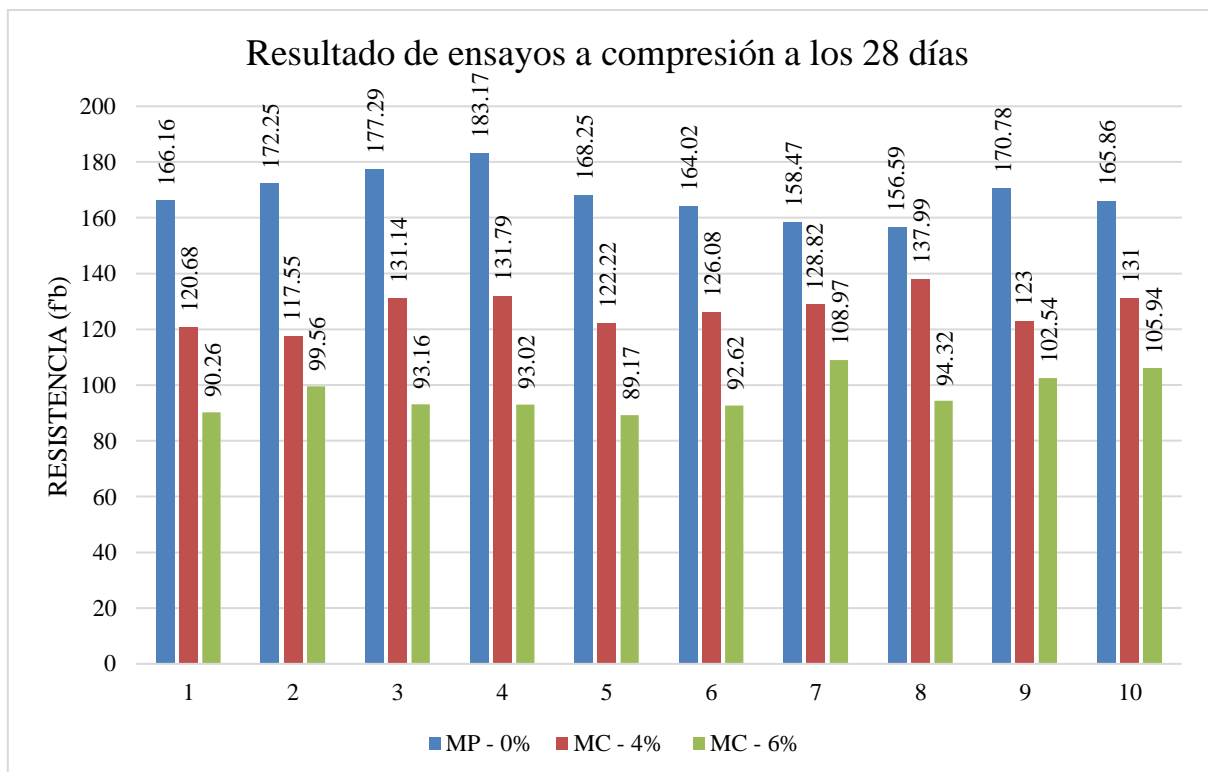
	<b>DÍAS DE CURADO</b>	<b>P<sub>MAX</sub></b>	<b>RESISTENCIA (f'b)</b>
<b>MC6% - 21</b>	28	2,225	90.26
<b>MC6% - 22</b>	28	2,495	99.56
<b>MC6% - 23</b>	28	2,302	93.16
<b>MC6% - 24</b>	28	2,429	93.02
<b>MC6% - 25</b>	28	2,233	89.17
<b>MC6% - 26</b>	28	2,335	92.62
<b>MC6% - 27</b>	28	2,733	108.97
<b>MC6% - 28</b>	28	2,442	94.32
<b>MC6% - 29</b>	28	2,537	102.54
<b>MC6% - 30</b>	28	2,708	105.94
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>			96.956
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR (s)</b>			6.86

**RESISTENCIA (f'b)**

90.09

De la tabla 33 mostrada correspondiente a mortero con 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 28 días de curado fue del MC6% - 27 con 108.97 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 25 con 89.17 Kg/cm<sup>2</sup>, además se obtuvo una resistencia promedio de 96.96 Kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 6.86 y la resistencia corregida de 90.09 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 5:** Ensayo a compresión a los 28 días del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho



Del grafico 5 correspondiente a mortero con 0%, 4% y 6% de caucho, se identifica que la mayor resistencia a los 28 días de curado fue del MP - 24 con 183.17 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que el menor valor obtenido fue del MC6% - 25 con 89.17 Kg/cm<sup>2</sup>.

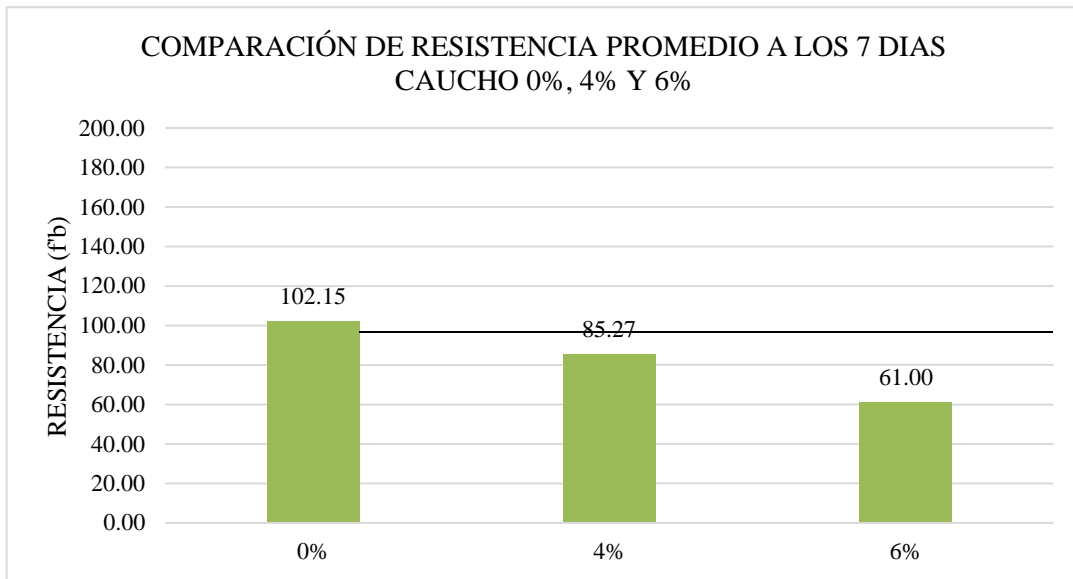
- d) Comparación de la resistencia a compresión a los 7 días de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho

**Tabla 34:** Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 7 días.

	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup> ) 0%</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup> ) 4%</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup> ) 6%</b>
<b>M1</b>	91.88	81.45	63.59
<b>M2</b>	97.78	98.38	67.73
<b>M3</b>	99.24	85.37	70.01
<b>M4</b>	106.89	87.36	48.40
<b>M5</b>	110.90	83.44	49.03
<b>M6</b>	103.82	90.39	51.60
<b>M7</b>	97.31	74.91	70.05
<b>M8</b>	110.27	89.34	55.72
<b>M9</b>	103.51	74.25	63.46
<b>M10</b>	99.88	87.79	70.38
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	102.15	85.27	61.00
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	6.07	7.24	8.99
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>	96.08	78.03	52.01
<b>VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA</b>	0.00%	-18.79%	-45.87%

De la tabla 34 mostrada correspondiente a la comparación de resistencias del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho a los 7 días de curado, se identifica que las resistencias promedio son 102.15 Kg/cm<sup>2</sup>, 85.27 Kg/cm<sup>2</sup> y 61.00 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Gráfico 6:** Resistencia promedio a los 7 días de los morteros



- e) Comparación de la resistencia a compresión a los 14 días de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho

**Tabla 35:** Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 14 días.

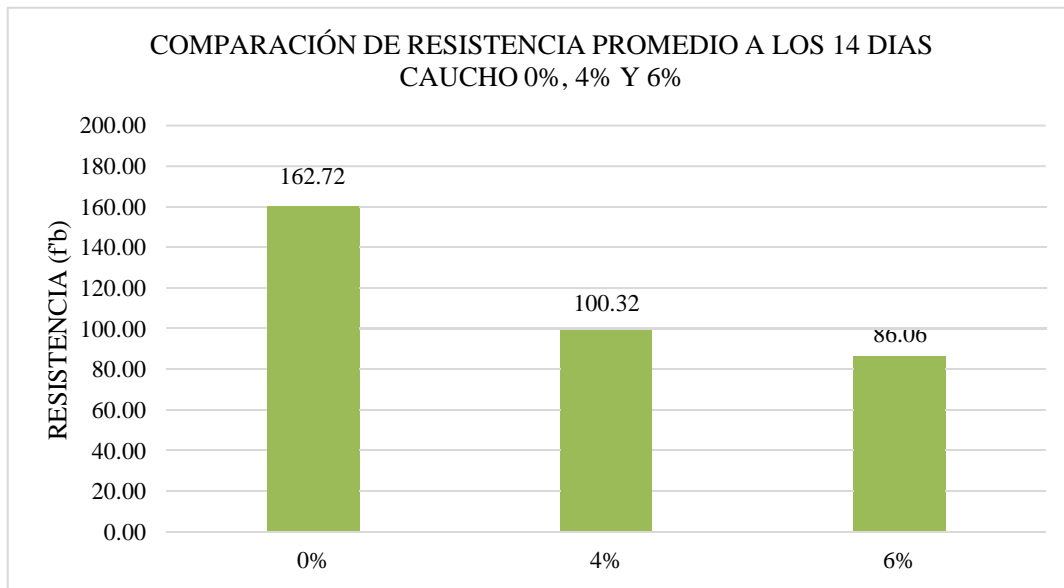
	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 0%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 4%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 6%
<b>M11</b>	162.43	114.22	78.61
<b>M12</b>	166.91	107.42	92.88
<b>M13</b>	160.95	87.54	82.31
<b>M14</b>	159.93	94.12	88.94
<b>M15</b>	164.51	103.04	84.88
<b>M16</b>	160.47	95.63	101.05
<b>M17</b>	158.77	107.30	77.72
<b>M18</b>	154.03	89.99	82.61
<b>M19</b>	157.71	96.67	84.65
<b>M20</b>	181.47	107.23	86.90
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	162.72	100.32	86.06
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	7.49	8.76	6.95
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>	155.23	91.55	79.11

**VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA**

0.00%    -41.02%    -49.04%

De la tabla 35 mostrada correspondiente a la comparación de resistencias del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho a los 14 días de curado, se identifica que las resistencias promedio son 162.72 Kg/cm<sup>2</sup>, 100.32 Kg/cm<sup>2</sup> y 86.06 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Gráfico 7: Resistencia promedio a los 14 días de los morteros**



f) Comparación de la resistencia a compresión a los 28 días de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho

**Tabla 36: Comparación de la resistencia a la compresión de morteros con 0%, 4% y 6% de caucho a los 28 días.**

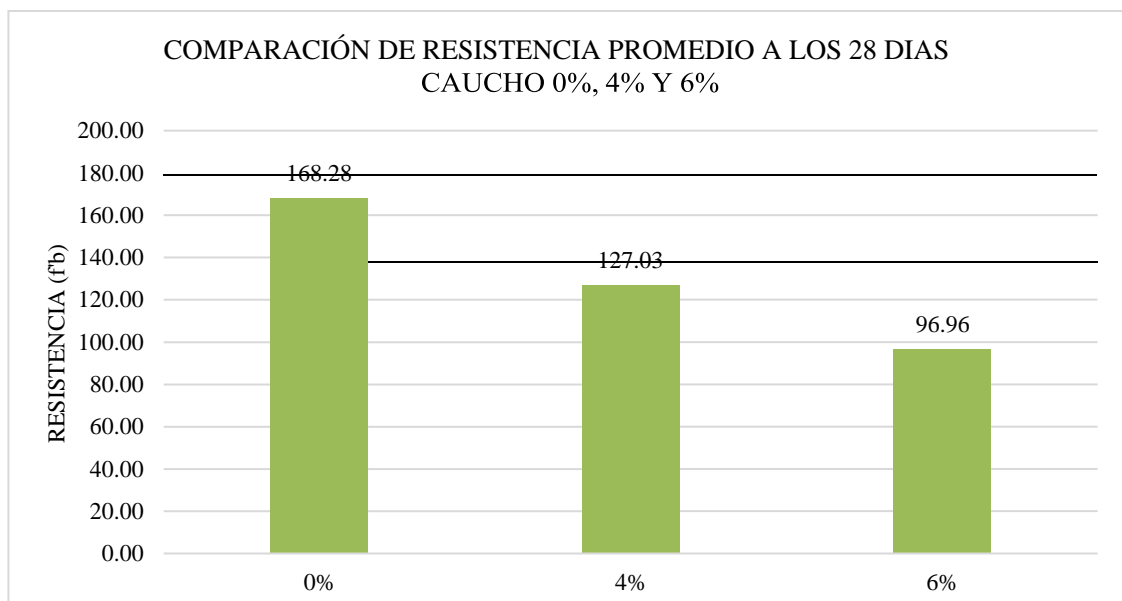
	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 0%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 4%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 6%
<b>M21</b>	166.16	120.68	90.26
<b>M22</b>	172.25	117.55	99.56
<b>M23</b>	177.29	131.14	93.16
<b>M24</b>	183.17	131.79	93.02



<b>M25</b>	168.25	122.22	89.17
<b>M26</b>	164.02	126.08	92.62
<b>M27</b>	158.47	128.82	108.97
<b>M28</b>	156.59	137.99	94.32
<b>M29</b>	170.78	123.00	102.54
<b>M30</b>	165.86	131.00	105.94
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	168.28	127.03	96.96
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	8.07	6.23	6.86
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>	160.21	120.80	90.09
<b>VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA</b>	0.00%	-24.60%	-43.77%

De la tabla 36 mostrada correspondiente a la comparación de resistencias del mortero con 0%, 4% y 6% de caucho a los 28 días de curado, se identifica que las resistencias promedio son 168.21 Kg/cm<sup>2</sup>, 127.80 Kg/cm<sup>2</sup> y 96.96 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Gráfico 8:** Resistencia promedio a los 14 días de los morteros



- **La resistencia a compresión de pilas de albañilería incorporando 4% y 6% de fibras de caucho al mortero**

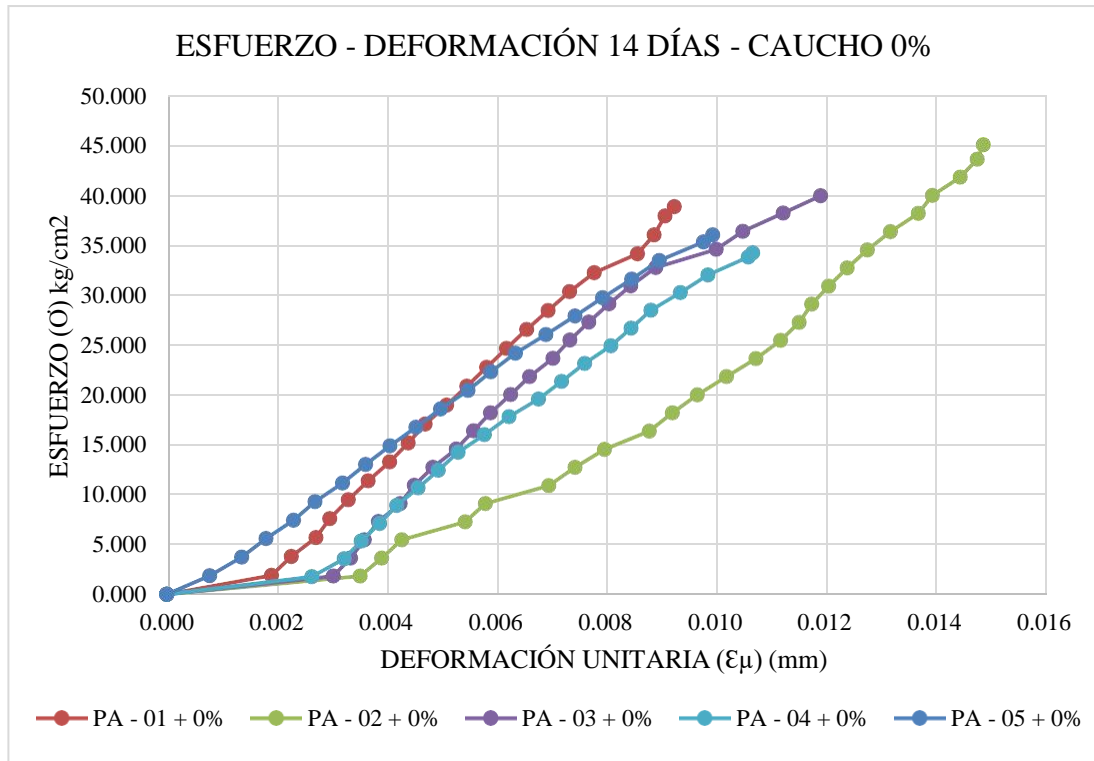
Se obtuvieron los valores de la resistencia a compresión de pilas de albañilería por cada porcentaje de caucho siendo 0%, 4% y 6%, evidenciándose en las siguientes tablas:

- a) Resistencia a compresión en pilas de albañilería + 0% de fibra de caucho a los 14 y 21 días.

**Tabla 37:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0% de caucho a los 14 días.

PILA	ALTO (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
PA - 1 + 0%	35.67	12,088	2.93	0.89	34.77
PA - 2 + 0%	35.47	12,394	2.81	0.87	39.16
PA - 3 + 0%	35.23	10,975	2.75	0.86	34.17
PA - 4 + 0%	35.57	9,616	2.77	0.86	29.41
PA - 5 + 0%	35.87	9,695	2.88	0.88	31.89
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					33.88
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>					3.63
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>					30.25

**Gráfico 9:** Ensayo a compresión a los 14 días de las pilas de albañilería con mortero con 0% de caucho



De la tabla 37 y la gráfica 6 mostrada se identifica que la PA – 02 + 0% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 14 días de haberse fabricado, dando el valor corregido por esbeltez de 39.16 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 04 + 0% con un valor corregido de 29.41 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 38:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0% de caucho a los 21 días.

PILA	ALTO (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
PA - 6 + 0%	35.73	12,088	2.91	0.89	40.52
PA - 7 + 0%	35.53	13,519	2.78	0.86	42.34
PA - 8 + 0%	35.87	13,537	2.81	0.87	42.35
PA - 9 + 0%	36.03	12,358	2.82	0.87	38.97
PA - 10 + 0%	35.87	12,368	2.89	0.89	40.74
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					40.98

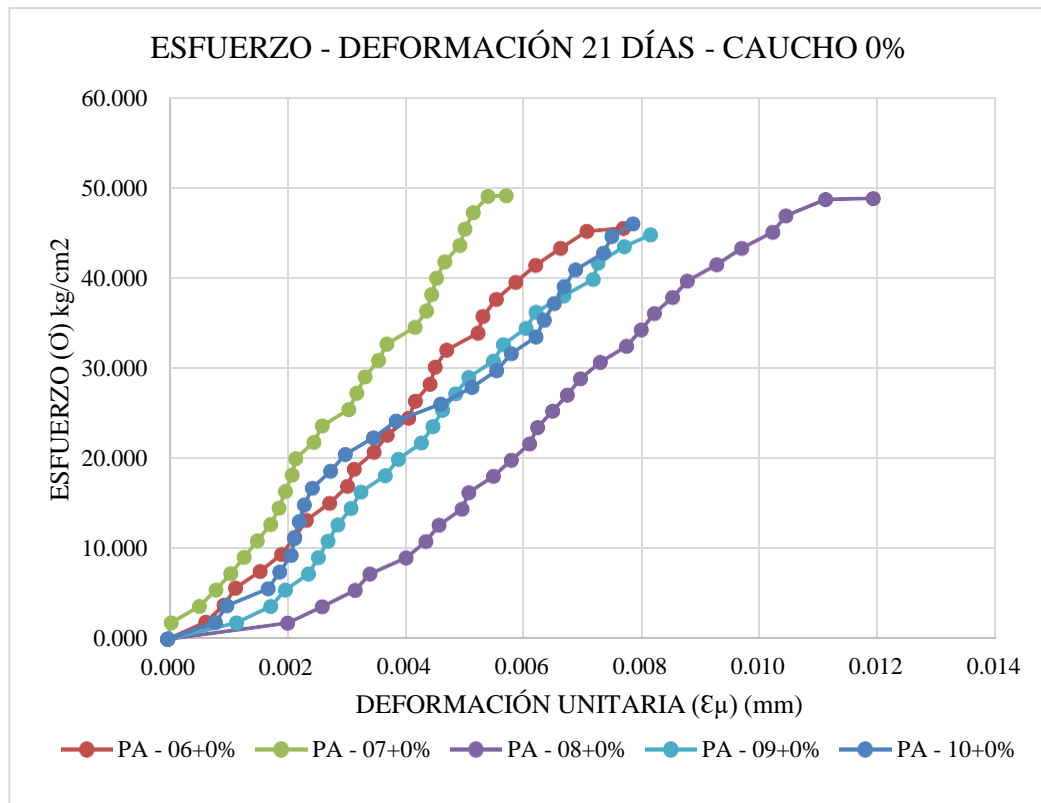
**DESVIACIÓN ESTANDAR (s)**

1.42

**RESISTENCIA (f'b)**

39.57

**Gráfico 10:** Ensayo a compresión a los 21 días de las pilas de albañilería con mortero con 0% de caucho



De la tabla 38 y la gráfica 10 mostrada se identifica que la PA – 08 + 0% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 21 días de haberse fabricado, dando el valor corregido por esbeltez de 42.35 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 09 + 0% con un valor corregido de 38.97 Kg/cm<sup>2</sup>.

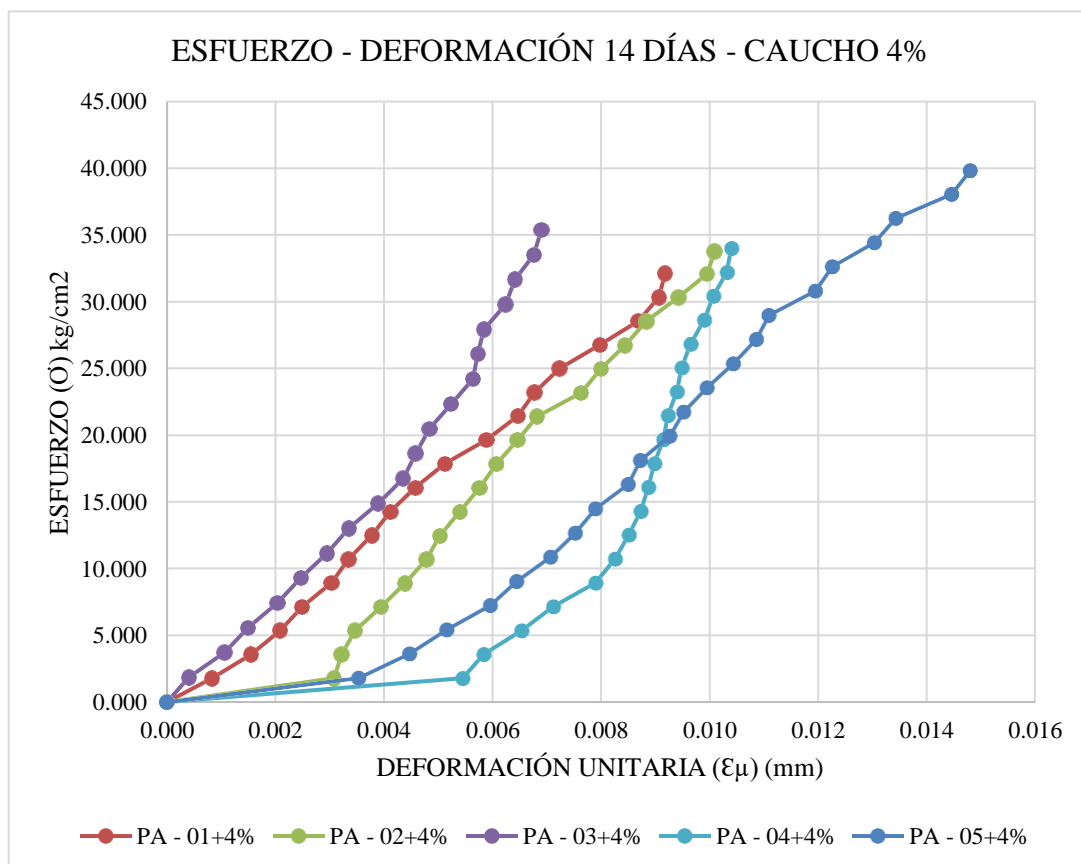
- b) Resistencia a compresión en pilas de albañilería+ 4% de fibra de caucho a los 14 y 21 días.

**Tabla 39:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 4% de caucho a los 14 días.

PILA	ALTO (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
------	-----------	-------------------	----------	----------------	---------------------------

<b>PA - 1 + 4%</b>	34.97	9,972	2.74	0.85	30.36
<b>PA - 2 + 4%</b>	35.77	9,468	2.79	0.86	29.21
<b>PA - 3 + 4%</b>	34.93	10,801	2.78	0.86	34.66
<b>PA - 4 + 4%</b>	35.97	9,591	2.79	0.86	29.63
<b>PA - 5 + 4%</b>	35.10	10,985	2.79	0.86	34.35
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					31.64
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>					2.65
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>					28.99

**Gráfico 11:** Ensayo a compresión a los 14 días de las pilas de albañilería con mortero con 4% de caucho



De la tabla 39 y la gráfica 11 mostrada se identifica que la PA – 03 + 4% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 14 días de haberse fabricado, dando el valor

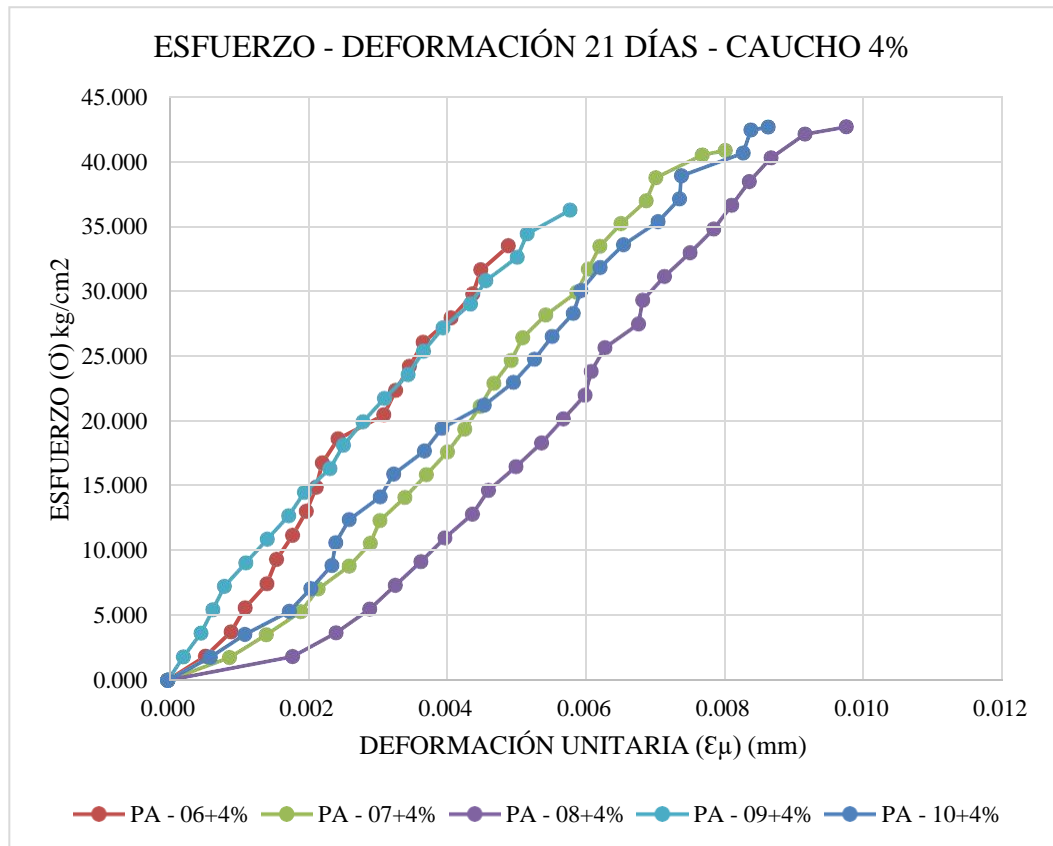
corregido por esbeltez de 34.66 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 02 + 4% con un valor corregido de 29.21 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 40:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 4% de caucho a los 21 días.

PILA	ALTO (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
PA - 6 + 4%	35.03	10,213	2.86	0.88	33.39
PA - 7 + 4%	35.97	11,603	2.78	0.86	35.20
PA - 8 + 4%	35.07	11,652	2.75	0.85	36.44
PA - 9 + 4%	35.53	10,549	2.83	0.87	31.59
PA - 10 + 4%	35.93	12,060	2.79	0.86	36.78
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					34.68
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>					2.18
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>					32.50

**Gráfico 12:** Ensayo a compresión a los 21 días de las pilas de albañilería

con mortero con 4% de caucho



De la tabla 40 y la gráfica 12 mostrada se identifica que la PA – 10 + 4% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 21 días de haberse fabricado, dando el valor corregido por esbeltez de 36.78 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 09 + 4% con un valor corregido de 31.59 Kg/cm<sup>2</sup>.

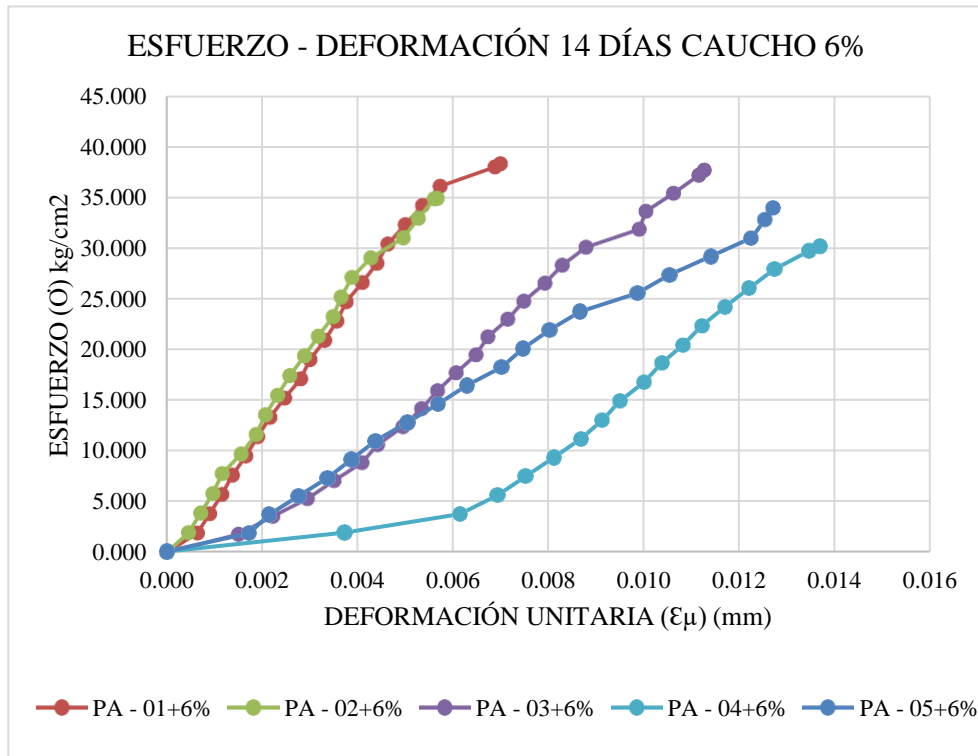
- c) Resistencia a compresión en pilas de albañilería+ 6% de fibra de caucho a los 14 y 21 días.

**Tabla 41:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 6% de caucho a los 14 días.

PILA	ALTO (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
PA - 1 + 6%	35.67	10,081	2.90	0.89	34.01
PA - 2 + 6%	35.33	9,006	2.93	0.89	31.19
PA - 3 + 6%	36.00	10,643	2.80	0.87	32.59

PA - 4 + 6%	35.47	8,107	2.84	0.87	26.37
PA - 5 + 6%	35.87	9,306	2.86	0.88	29.87
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					30.81
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>					2.92
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>					27.88

**Gráfico 13:** Ensayo a compresión a los 14 días de las pilas de albañilería con mortero con 6% de caucho



De la tabla 41 y la gráfica 13 mostrada se identifica que la PA – 03 + 6% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 14 días de haberse fabricado, dando el valor corregido por esbeltez de 32.59 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 04 + 6% con un valor corregido de 26.37 Kg/cm<sup>2</sup>.

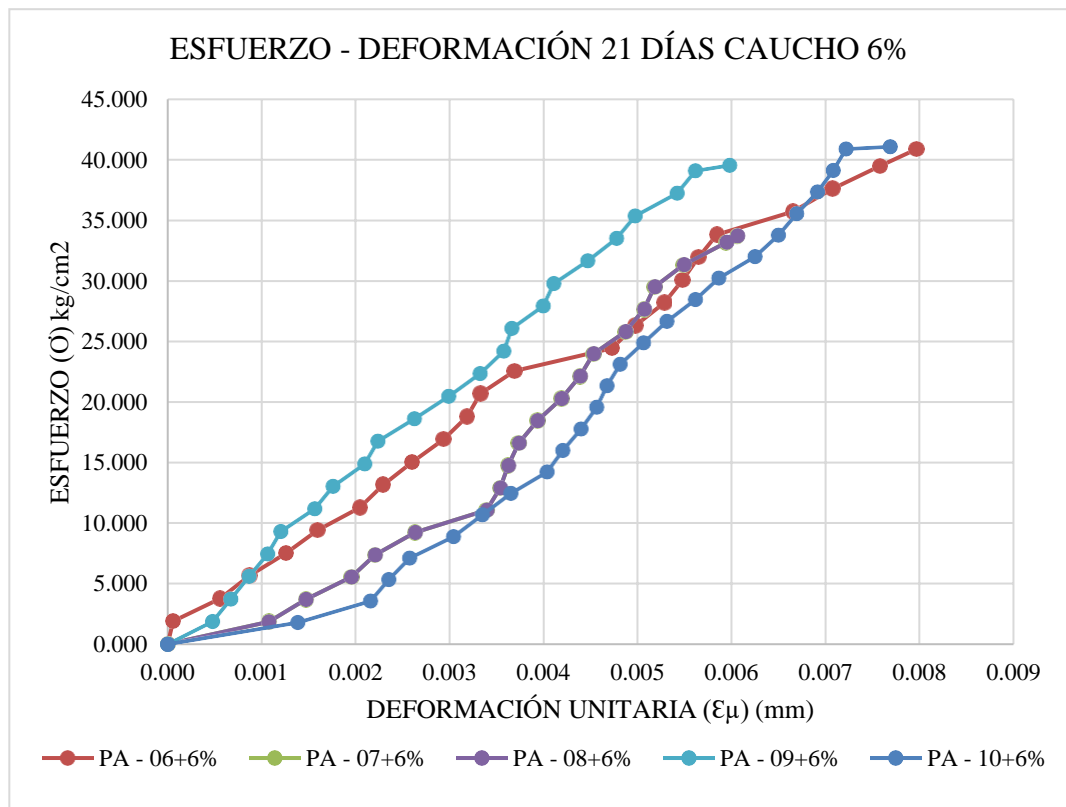
**Tabla 42:** Resultado de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 6% de caucho a los 21 días.

PILA	ALT O (CM)	CARGA MAXIMA (kg)	ESBELTEZ	COEF. DE CORR.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
------	------------------	-------------------------	----------	-------------------	------------------------------



PA - 6 + 6%	35.77	10,874	2.85	0.88	35.82
PA - 7 + 6%	35.33	9,140	2.83	0.87	29.42
PA - 8 + 6%	36.00	10,534	2.78	0.86	31.74
PA - 9 + 6%	35.83	10,534	2.84	0.88	34.60
PA - 10 + 6%	36.20	11,554	2.82	0.87	35.74
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>					33.46
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>					2.80
<b>RESISTENCIA (f'b)</b>					30.67

**Gráfico 14:** Ensayo a compresión a los 21 días de las pilas de albañilería con mortero con 6% de caucho



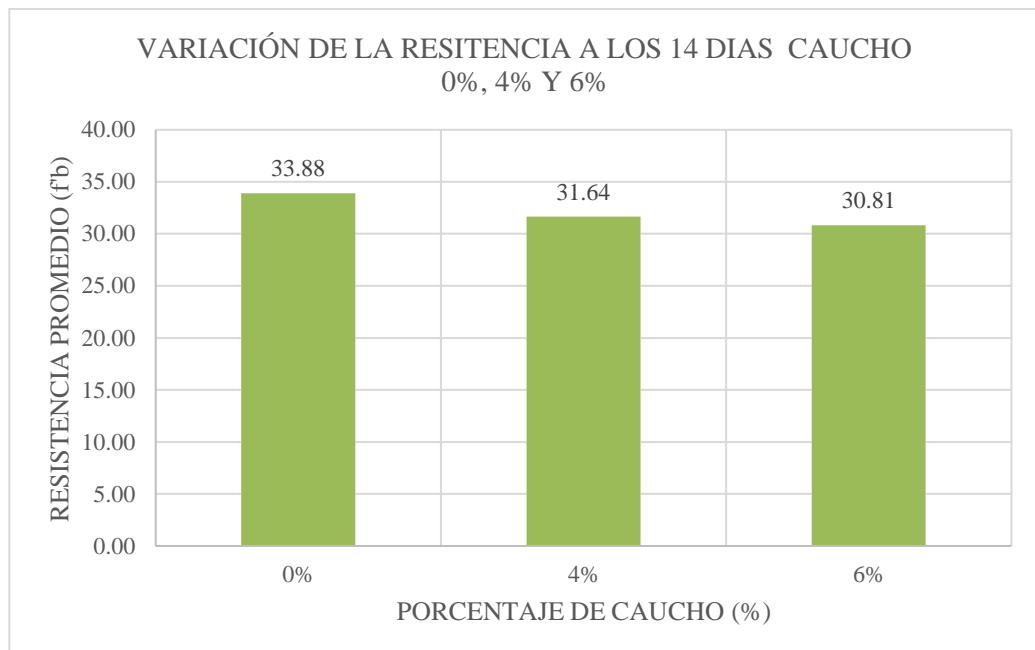
De la tabla 42 y la gráfica 14 mostrada se identifica que la PA – 10 + 6% fue la que mayor resistencia obtuvo a los 21 días de haberse fabricado, dando el valor corregido por esbeltez de 35.74 Kg/cm<sup>2</sup> y el menor valor obtenido fue de la PA – 07 + 6% con un valor corregido de 29.42 Kg/cm<sup>2</sup>.

d) Comparación de la resistencia a compresión a los 14 días de las pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho.

**Tabla 43:** Resultado total de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho a los 14 días.

PILA	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 0%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 4%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 6%
PA - 1	34.77	30.36	34.01
PA - 2	39.16	29.21	31.19
PA - 3	34.17	34.66	32.59
PA - 4	29.41	29.63	26.37
PA - 5	31.89	34.35	29.87
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	33.88	31.64	30.81
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	3.63	2.65	2.92
<b>VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA</b>	0.00%	-6.61%	-9.08 %

**Gráfico 15:** Comparación de la variación de la resistencia a los 14 días de las pilas de albañilería



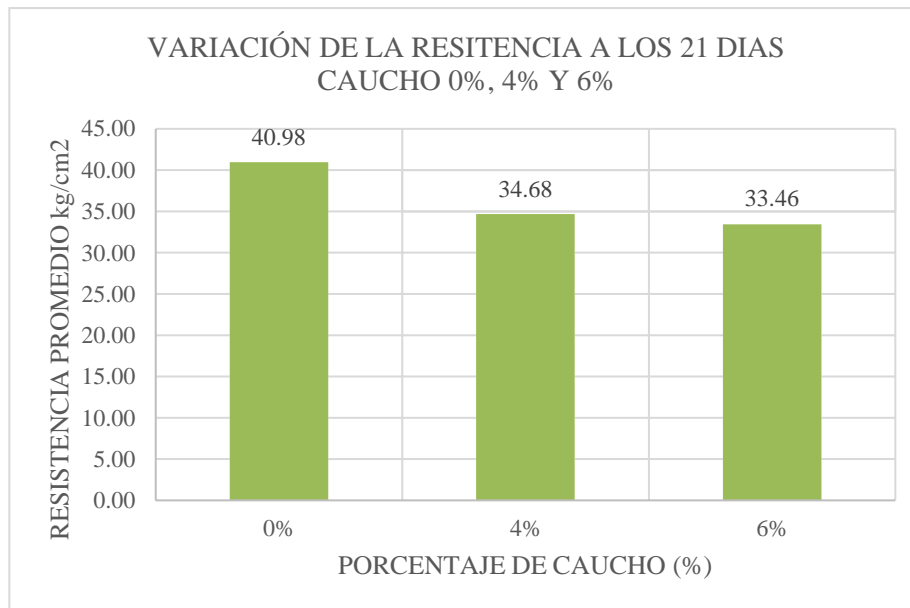
De la tabla 43 y la gráfica 15 mostrada se identifica que la resistencia promedio a los 14 días de las pilas de albañilería con 0% de caucho fue de 33.88 kg/cm<sup>2</sup>, con una desviación estándar de 3.63 y una variación de la resistencia de 0.00%. En cuanto a las pilas con 4% de caucho proporciona una resistencia promedio de 31.64 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 2.65, dando una variación de la resistencia de -6.61%, finalmente con las pilas con caucho al 6% se obtiene 30.81kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 2.92 y una variación de la resistencia de -9.08%.

- e) Comparación de la resistencia a compresión a los 21 días de las pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho.

**Tabla 44:** Resultado total de la Resistencia a la compresión de pilas de albañilería con 0%, 4% y 6% de caucho a los 21 días.

PILA	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 0%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 4%	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) 6%
PA - 6	40.52	33.39	35.82
PA - 7	42.34	35.20	29.42
PA - 8	42.35	36.44	31.74
PA - 9	38.97	31.59	34.60
PA - 10	40.74	36.78	35.74
<b>RESISTENCIA PROMEDIO (f'b)</b>	40.98	34.68	33.46
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR (s)</b>	1.42	2.18	2.80
<b>VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA</b>	0.00%	-17.85%	-22.50%

**Gráfico 16:** Comparación de la variación de la resistencia a los 21 días de las pilas de albañilería



De la tabla 44 y la gráfica 16 mostrada se identifica que la resistencia promedio a los 21 días de las pilas de albañilería con 0% de caucho fue de 40.98 kg/cm<sup>2</sup>, con una desviación estándar de 1.42 y una variación de la resistencia de 0.00%. En cuanto a las pilas con 4% de caucho proporciona una resistencia promedio de 34.68 kg/cm<sup>2</sup> y una desviación estándar de 2.18, dando una variación de la resistencia de -15.39%, finalmente con las pilas con caucho al 6% se obtiene 33.46 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 2.80 y una variación de la resistencia de -18.35%.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

La principal limitación de esta investigación fue que a pesar de haber adquirido el ladrillo de una misma fabrica y un mismo lote de ladrillos sus dimensiones fueron muy variables debido al proceso artesanal del mismo, por ello del lote adquirido se realizó su variación dimensional de todos los ladrillos elegidos.

Correspondiente al mortero se limitó el ensayo solo a la compresión axial, más no el de adherencia ni el ensayo al corte, debido a que la investigación limita el estudio a la compresión axial.

Con lo especificado anteriormente se presenta una comparación de los resultados obtenidos con la Norma Técnica E.070 y con los antecedentes mencionados en la investigación:

➤ **En relación a las unidades de albañilería se tiene que:**

- Los resultados obtenidos en la tabla 15 indican que para largo, ancho y altura se tiene una variación dimensional de 4.9%, 4.41% y 3.7% respectivamente, frente a la (NTP E.070, 2006) en la tabla 1 "Clase unidad de albañilería para fines estructurales" indica que estos valores están dentro del rango para ser clasificados como ladrillo Tipo I y II, en la tabla 16 indica los resultados del alabeo del ladrillo artesanal los cuales son 0.583 mm y 2.001 mm, este resultado posiciona como un ladrillo Tipo I o Tipo II, esto debido a que en la tabla 1 de la (NTP E.070, 2006) indica que el alabeo máximo en mm para un ladrillo Tipo I y Tipo II será de 10 mm y 8 mm respectivamente, por lo tanto, se toma esta muestra como válida para el uso de la investigación.

- Verificando la tabla 17 indica que se tiene un 16.84% de absorción en los ladrillos artesanales ensayados, dato que no supera el límite de 22% que establece la (NTP E.070, 2006) para unidades de albañilería de arcilla, sin embargo, de acuerdo a la tabla 18 correspondiente a la succión, indica que el resultado excede al límite establecido por la (NTP E.070, 2006) el cual corresponde a los 20 g/200cm<sup>2</sup>, por ende, los ladrillos deberán ser hidratados media hora antes de su manipulación para elaborar las pilas de albañilería.
- De la tabla 19 observamos que los ladrillos artesanales tuvieron una resistencia promedio de 69.11 Kg/cm<sup>2</sup> con una baja dispersión de datos por lo que su y una resistencia corregida de 62.75 Kg/cm<sup>2</sup>, este dato frente a la (NTP E.070, 2006) clasifica al ladrillo como Tipo I debido a que la resistencia mínima de este es de 50 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que en base a la clasificación anterior se descarta el Tipo II debido a que su resistencia mínima es 70 Kg/cm<sup>2</sup>.
- **En relación al agregado fino se obtuvo que:**
  - Como se observa en la tabla 20 y gráfico 2 el agregado fino para ser empleado en los morteros y pilas de albañilería se encuentra dentro de los husos granulométricos de la norma (NTP 400.022, 2013), con un módulo de finura de 2.41 el cual está dentro de los límites establecidos en la (NTP E.070, 2006) el cual indica que el módulo de finura no será menor de 1.6 ni mayor de 2.50.
- **En relación a los morteros se obtuvo que:**
  - De las tablas 21,22 y 23 brindan datos indispensables para el diseño de mezcla del mortero, guiándonos del libro Concreto Simple del Ingeniero A. Rivera, el cual indica que para realizar un diseño de mezcla para mortero es

muy distinto a realizar un diseño de mezcla tradicional para estructuras armadas.

- De la tabla 26, 27, 28 correspondiente a morteros ensayados a los 7 días según lo establecido en la (NTP 334.051, 2002), se verificó que tanto en el 0%, 4% y 6% de caucho cumpla con una baja dispersión de acuerdo al valor obtenido en su desviación estándar, de la tabla 35 tomando como referencia al MP = 96.08 Kg/cm<sup>2</sup> se obtuvo que el MC4% = 78.03 Kg/cm<sup>2</sup> y el MC6% = 52.01 Kg/cm<sup>2</sup> disminuyen en 18.79% y 45.87% su resistencia respectivamente, por otro lado, (Batallanos & Romero, 2023) indica que su mortero tradicional a los 7 días alcanza una resistencia a la compresión de 18.14 Kg/cm<sup>2</sup> mientras que sus morteros con pulverizado de caucho añadido al 10%, 20% y 30% bajan su resistencia a 6.98 Kg/cm<sup>2</sup>, 4.79 Kg/cm<sup>2</sup> y 37.57 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Según los resultados de (Baca & Yopez, 2022) indican que a los 7 días su mortero patrón alcanza una resistencia promedio de 89.28 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que su mortero con caucho al 7%, 10% y 13% alcanzaron unas resistencias de máximas de 81.97 Kg/cm<sup>2</sup>, 65.63 Kg/cm<sup>2</sup> y 46.31 Kg/cm<sup>2</sup>, en base a estas dos tesis analizadas evidencia que efectivamente hay una disminución de resistencia entre más porcentaje de caucho se tenga involucrado en los morteros.
- De la tabla 29, 30 y 31 correspondiente a morteros ensayados a los 14 días según lo establecido en la norma (NTP 334.051, 2002), se verificó que tanto en el 0%, 4% y 6% de caucho cumpla con una baja dispersión de acuerdo al valor obtenido en su desviación estándar, de la tabla 31 tomando como referencia al MP = 155.23 Kg/cm<sup>2</sup> se identifica que el MC4% = 91.55 Kg/cm<sup>2</sup> y el MC6% = 79 Kg/cm<sup>2</sup> disminuyen en 41.02% y 49.04% su resistencia

respectivamente, de igual forma (Batallanos & Romero, 2023), nos indica que a los 14 días la resistencia de sus morteros con pulverizado de caucho al 10%, 20% y 30% disminuye significativamente en comparación al mortero tradicional, igualmente los autores (Baca & Yepez, 2022), indican que a los 14 días su mortero patrón alcanzo una resistencia promedio de 104.78 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que su mortero con caucho al 7%, 10% y 13% alcanzaron unas resistencias de máximas de 76.46 Kg/cm<sup>2</sup>, 69.56 Kg/cm<sup>2</sup> y 53.44 Kg/cm<sup>2</sup>, en base a estas dos tesis analizadas evidencia que efectivamente hay una disminución de resistencia entre más porcentaje de caucho se tenga involucrado en los morteros.

- De la tabla 32,33 y 34 correspondiente a morteros ensayados a los 28 días según lo establecido en la norma (NTP 334.051, 2002), se verificó que tanto en el 0%, 4% y 6% de caucho cumpla con una baja dispersión de acuerdo al valor obtenido en su desviación estándar, de la tabla 37 tomando como referencia al MP se identifica que el MC4% y el MC6% disminuyen en 24.60% y 43.77% su resistencia respectivamente, según los autores (Baca & Yepez, 2022), indican que a los 28 días su mortero patrón alcanzo una resistencia promedio de 125.22 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que su mortero con caucho al 7%, 10% y 13% alcanzaron unas resistencias de máximas de 80.49 Kg/cm<sup>2</sup>, 71.69 Kg/cm<sup>2</sup> y 62.90 Kg/cm<sup>2</sup>, en base a esta tesis analizada evidencia que efectivamente hay una disminución de resistencia entre más porcentaje de caucho se tenga involucrado en los morteros.

➤ **En relación al agregado fino se obtuvo que:**

- En la Tabla 7 de la (NTP E.070, 2006) "Resistencia característica de albañilería MPa Kg/cm<sup>2</sup>" indica que la resistencia mínima para pilas de



albañilería hechos con ladrillos Tipo I es de 35.00 Kg/cm<sup>2</sup>, para lo cual en la tabla 38,40 y 42 muestra los valores promedios corregidos por esbeltez a los 14 días de la resistencia a compresión de las pilas con 0%, 4% y 6% de caucho son 33.88 Kg/cm<sup>2</sup>, 31.64 Kg/cm<sup>2</sup>, 30.81 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que en la tabla 39, 41 y 43 indican los valores promedios corregidos por esbeltez a los 21 de la resistencia a compresión de las pilas con 0%, 4% y 6% de caucho los cuales son 40.98Kg/cm<sup>2</sup>, 34.68 Kg/cm<sup>2</sup> 33.46 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, con estos datos comprobamos que a los 21 días tanto el 4% y 6% de pilas con mortero con fibra de caucho no superan al dato mínimo para pilas de albañilería hechos con ladrillos Tipo I, por lo que esta investigación no cumple con lo establecido en hipótesis, por otro los autores (La Barrera & Mesias, 2018) indican que trabajaron con un Ladrillo King Kong industrial donde según la (NTP E.070, 2006) que para el ladrillo Tipo IV la resistencia mínima en pilas de albañilería es de 65 Kg/cm<sup>2</sup>; por lo tanto al comparar con sus resultados obtienen que sus pilas de albañilería con 5% y 10% de caucho a los 21 días tienen una resistencia de 111.84 kg/cm<sup>2</sup> y 98.52 Kg/cm<sup>2</sup>, ambos resultados mayores al parámetro mínimo estipulado en la (NTP E.070, 2006). Al comparar con nuestra investigación podemos deducir los siguientes aspectos, primero que a más caucho tenga el mortero será menor la resistencia que posea, por otro lado, vemos que en cuanto a trabajar con el ladrillo industrial alcanza el valor mínimo establecido por la norma, sin embargo, en nuestro caso al trabajar con el ladrillo artesanal no alcanza la resistencia mínima, siendo materia de estudio para próximas investigaciones.

**Con lo descrito anteriormente, se obtuvo como conclusiones que:**

- Se determinó la resistencia a compresión en pilas de albañilería con fibra de 4% y 6% caucho en la junta de mortero en comparación a la resistencia establecida en la (NTP E.070, 2006), no cumple con la hipótesis de la investigación debido a que la resistencia mínima es de 35 Kg/cm<sup>2</sup> es mayor a las resistencias obtenidas en los resultados.
- Se determino las propiedades físicas de las unidades de albañilería dando por resultado una variación dimensional de 4.90% en largo, 4.41% ancho y 3.37% alto, el alabeo tuvo una concavidad promedio de 0.583 mm y una conexidad de 2.001mm, una absorción de 16.83%, una succión de 93.62 g/m/200cm<sup>2</sup> y una resistencia a compresión de 62.75 Kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que el tipo de ladrillo pertenece a Tipo I en comparación de los resultados expuestos con la (NTP E.070, 2006).
- Se evaluó el agregado fino, material que se obtuvo de la cantera “El Gavilán” el cual concluye que posee un contenido de humedad de 0.44%, un análisis granulométrico con módulo de fineza de 2.41, con una absorción de 2.349%, peso unitario compactado de 166.615 Kg y peso unitario suelto 143.698 Kg, los cuales cumplen singularmente con las normativas correspondientes para efectuar el diseño de mezcla, por lo tanto, se considera un material apto.
- En la resistencia a la compresión del mortero patrón y con adición del 4% y 6% de caucho se obtuvo que la resistencia a los 7, 14 y 28 días fue de 98.08 Kg/cm<sup>2</sup>, 115.23 Kg/cm<sup>2</sup> y 160.28 Kg/cm<sup>2</sup> para el mortero patrón, 78.03 Kg/cm<sup>2</sup>, 91.55 Kg/cm<sup>2</sup> y 120.80 Kg/cm<sup>2</sup> para el mortero con incorporación de fibra caucho 4% y 52.01 Kg/cm<sup>2</sup>, 79.11 Kg/cm<sup>2</sup> y 90.09 Kg/cm<sup>2</sup> para el mortero incorporación de fibra de caucho al 6%, por lo tanto se concluye que

el mortero patrón tiene una diferencia significativa entre los resultados con los morteros con fibra de caucho.

- En la resistencia a la compresión de las pilas de albañilería con mortero patrón y con adición del 4% y 6% de caucho se obtuvo que la resistencia a los 14 y 21 días fue de 33.88 Kg/cm<sup>2</sup> y 40.98 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas de albañilería con mortero patrón, 31.64 Kg/cm<sup>2</sup> y 34.68 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas de albañilería mortero con fibra caucho 4% y 30.81 Kg/cm<sup>2</sup> y 33.66 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas de albañilería con mortero con caucho fibra al 6%, concluyendo que en relación a la resistencia de la pilas de albañilería con mortero patrón a los 14 días las pilas de albañilería mortero con fibra caucho 4% y 6% disminuye su resistencia en 6.61% y 9.08% mientras que los 21 días se reduce en 15.39% y 18.35% respectivamente a lo indicado.
- Según la (NTP E.070, 2006) establece que la resistencia mínima para las pilas de albañilería con ladrillo Tipo I es de 35 Kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que las pilas de albañilería con mortero patrón sobre pasa en 11.54% al valor mínimo, sin embargo, las pilas de albañilería con fibra de caucho al 4% y 6% no cumple con la resistencia mínima disminuyendo en 0.93% y 4.59% su resistencia promedio.

## Referencias

- Abanto Castillo, F. (2009). Tecnología del Concreto (Teoría y problemas). In *Segunda Edición*.
- Aceros Arequipa. (2013). *MANUAL DEL MAESTRO CONSTRUCTOR*. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/los-ladrillos>
- Avanto Castillo, F. (2005). "Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería" (p. 314).
- Baca, M., & Yepez, R. M. (2022). *Análisis comparativo de las propiedades físico - mecánicas de un mortero patrón; y un mortero sustituyendo el peso del agregado con caucho reciclado en porcentajes de 7%, 10% y 13% - Cusco 2021*. UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO.
- Bartolome, A. (1994). *CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERIA "COMPORTAMIENTO SISMICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL."* PUNIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ.
- Batallanos, C., & Romero, A. (2023). *Propiedades del mortero utilizando caucho pulverizado de neumáticos*. UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Fajen, J., & Beliczky, L. S. (1993). Industria del caucho. *Enciclopedia de Salud y Seguridad En El Trabajo*, 20.
- Fioriti, C., Segantini, R., Pinheiro, J., Akasaki, J., & Spósito, F. (2020). *Bloques de mampostería de hormigón liviano fabricados con caucho de neumáticos y metacaolín*. 35, 295–307.
- Gallegos Héctor, C. C. (2005). *Albanilería Estructural* (Vol. 3). <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453%0Ahttps://dokumen.tips/documents/albanileria-estructural-3ed-hector-gallegos-carlos-casabonne-560c1b48232fb.html?page=1>
- Hernández, R., & Mendoza, P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.* [http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (6ta edición). McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Huaccha, E. R. (2017). *COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO ADICIONADO CON CAUCHO RECICLADO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- ITINTEC 331.019. (1982). ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería Requisitos. *Diario El Peruano, LIMA*, 4–6. [www.ladrillositalperu.com](http://www.ladrillositalperu.com)
- La Barrera, L. A., & Mesias, P. (2018). *Comportamiento mecánico del mortero con*

*adición de caucho para muros de albañilería confinada en San Juan de Lurigancho, Lima-2018. UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Anuario Estadístico 2020. LIMA*, 1–258.

NTP 331.017. (1978). UNIDADES DE ALBAILERIA. *Diario El Peruano, Lima*.

NTP 334.051. (2002). METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESITENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO DE CEMNEO PORTLAND USANDO ESPECIMENES CÚBICOS DE 500MM DE LADO. *Diario El Peruano, LIMA*, 27.

NTP 339.185. (2002). Agregados extracción y preparación de las muestras. *Diario Oficial El Peruano*, 12.

NTP 339.605. (2013). Método de ensayo para prismas de albañilería albañilería. *Diario El Peruano, LIMA*.

NTP 399.604. (2002). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. *Diario El Peruano, 1era edici(Lima 41)*, 6–15. [https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002\\_59efca8908bbc537369d180e\\_pdf](https://kupdf.net/download/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002_59efca8908bbc537369d180e_pdf)

NTP 399.613. (2005). NORMAS DE UNIDADES. *Diario El Peruano, 1ra edicio(Lima)*.

NTP 400.012. (2001). Agregados y análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *Norma Técnica Peruana, 2a Edición(Lima 41)*, 18. [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)

NTP 400.018. (2002). Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um (N°200) por lavado en agregados. *Diario El Peruano, 8(LIMA)*.

NTP 400.022. (2013). Métodos de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. *Diario El Peruano, LIMA*, 25. [https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino\\_59c03df208bbc5f314686f9e\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-4000222013-agregados-metodo-peso-especifico-y-absorcion-del-agregado-fino_59c03df208bbc5f314686f9e_pdf)

NTP E.070. (2006). Norma E.070 Albañilería. *El Peruano*, 295–309. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>

Olivera, Y., Guevara, S., & Muños, S. (2021). *Systematic Literature on the Improvement of the Mechanical Properties of Concrete with Fibers of Artificial-Natural Origin Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las.*

Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27–50. <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>

Rodriguez, S., Flores, C., Guarneros, O., & Cardenas, A. (2013). *Evaluación mecánica de concreto y de corrosión en mortero con partículas de neumático reciclado*. 188–199.

Sáenz Correa, M. C. (2016). *INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA JUNTA DE MORTERO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA.*

SOTO, M., & MARÍN, J. P. (2019). *ANÁLISIS DEL CONCRETO CON CAUCHO COMO ADITIVO PARA ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES.* UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL.

Universidad Nacional de Ingeniería. (2005). *CONSTRUYENDO EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CON TECNOLOGÍAS APROPIADAS GUÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ALBAÑILERÍA.* Vdm, 1–21.

## **Anexo N° 1: Protocolos de laboratorio de cada ensayo**