

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LADRILLOS  
ELABORADOS CON PLÁSTICO FUNDIDO Y  
ARENA, CAJAMARCA 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Keyvin Yosmer Acuña Saucedo

Rosmer Yali Saucedo Goicochea

**Asesor:**

Mg. Kely Elizabeth Nuñez Vasquez

<https://orcid.org/0000-0001-7846-2510>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMAN</b>	<b>71106769</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>DAVID ELOY ORDOÑEZ BRINGAS</b>	<b>45207910</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>CARLOS ELDER RUDECINDO CALUA CARRASCO</b>	<b>71573678</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

14%

★ 1library.co

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por su gran apoyo brindado en el proceso de nuestra formación profesional.

A nuestros hermanos; por su comprensión, apoyo y respeto.

A nuestros tíos, primos y todos los familiares que gracias a ellos ha sido factible la elaboración de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Privada del Norte, de manera especial a la escuela académica profesional de Ingeniería Civil y a los docentes, por compartir sus conocimientos los cuales contribuyeron en nuestra formación como profesionales.

A las diversas personas que nos brindaron su apoyo en el desarrollo de la presente tesis, en primer lugar, a Dios por la vida, las fuerzas, inteligencia y salud para terminar esta investigación, segundo lugar a nuestro asesor por su gran compromiso y su asesoramiento hasta la presentación de la investigación.

De una forma especial a nuestros queridos padres, y también a nuestros demás familiares por su gran apoyo en todo el desarrollo de esta investigación.

## Tabla de contenido

Jurado calificador .....	2
Informe de similitud .....	3
Dedicatoria .....	4
Agradecimiento .....	5
Tabla de contenido .....	6
Índice de tablas .....	7
Índice de figuras .....	12
Resumen .....	13
Capítulo I: Introducción .....	14
Capítulo II: Metodología .....	27
Capítulo III: Resultados .....	40
Capítulo IV: Discusión y Conclusiones .....	48
Referencias .....	59
Anexos .....	62

## Índice de tablas

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	20
Tabla 2: Resistencia a la compresión de cada ladrillo a base de plástico fundido con arena. .	29
Tabla 3: Resultados del peso unitario compactado de la arena. ....	41
Tabla 4: Resultados del peso unitario suelto de la arena. ....	41
Tabla 5: Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra patrón en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente. ....	41
Tabla 6: Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 50% - 50% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.....	42
Tabla 7: Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 60% - 40% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.....	42
Tabla 8: Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 70% - 30% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.....	43
Tabla 9: Resultados promedio del análisis de alabeo de cada una de las muestras ensayadas. ....	43
Tabla 10: Resumen de las resistencias en las diferentes dosificaciones. ....	46
Tabla 11: Resultado del costo por unidad de albañilería .....	47
Tabla 12: Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados. ....	68

Tabla 13: Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados.....	68
Tabla 14: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 3 días de haber sido elaborados. ....	69
Tabla 15: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 3 días de haber sido elaborados. ....	69
Tabla 16: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 3 días de haber sido elaborados. ....	70
Tabla 17: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 3 días de haber sido elaborados. ....	71
Tabla 18: <i>Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 3 días de haber sido elaborados.</i> .....	72
Tabla 19: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 3 días de haber sido elaborados. ....	72
Tabla 20: Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados. ....	73
Tabla 21: Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados.....	74
Tabla 22: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	74



Tabla 23: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	75
Tabla 24: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	76
Tabla 25: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	76
Tabla 26: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	77
Tabla 27: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 7 días de haber sido elaborados. ....	78
Tabla 28: Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados. ....	79
Tabla 29: Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados. ....	79
Tabla 30: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% 14 días de haber sido elaborados. ....	80
Tabla 31: <i>Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 14 días de haber sido elaborados. ....</i>	80
Tabla 32: <i>Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 14 días de haber sido elaborados. ....</i>	81

Tabla 33: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 14 días de haber sido elaborados. ....	82
Tabla 34: <i>Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 14 días de haber sido elaborados. ....</i>	83
Tabla 35: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 14 días de haber sido elaborados. ....	83
Tabla 36: Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados. ....	84
Tabla 37: Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados. ....	84
Tabla 38: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% 28 días de haber sido elaborados. ....	85
Tabla 39: <i>Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 28 días de haber sido elaborados. ....</i>	86
Tabla 40: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 28 días de haber sido elaborados. ....	87
Tabla 41: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 28 días de haber sido elaborados. ....	87
Tabla 42: Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 28 días de haber sido elaborados. ....	88

Tabla 43: Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 28 días de haber sido elaborados. ....	88
Tabla 44: Análisis de precios unitarios de la unidad de albañilería.....	89

## Índice de figuras

Figura 1: Curva granulométrica de agregado fino (arena).....	40
Figura 2: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados.....	44
Figura 3: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados.....	44
Figura 4: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados.....	45
Figura 5: Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados.....	45
Figura 6: fb promedio de las muestras seleccionadas .....	46

## RESUMEN

Las unidades de albañilería tienen un rol muy importante en la construcción, buscando mejorar una de sus propiedades principales esta investigación plantea como objetivo, determinar la resistencia a compresión de ladrillos elaborados con plástico fundido y arena, el tipo de investigación es experimental, la muestra estuvo constituida por 72 ladrillos distribuidas en 3 dosificaciones.

Como resultados se obtuvo la mayor resistencia a compresión en la dosificación de plástico fundido 50% y arena 50% a los 28 días de curado, con una resistencia de 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, según la normativa peruana E.070 sería un ladrillo tipo IV, mientras que la dosificación 60% : 40% obtuvo una resistencia de 148.560 kg/cm<sup>2</sup> y la dosificación 70%: 30% obtuvo una resistencia de 139.647 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la dosificación más favorable es la 50%: 50%, por lo que, se aprueba la hipótesis inicialmente planteada.

Esta investigación pretende contribuir con el desarrollo urbano en la región mediante la elaboración de ladrillos a base de plástico reciclado con arena, mejorando la capacidad de resistencia de las unidades de albañilería en consecuencia mejores construcciones en el sector civil, considerando un costo total por unidad de ladrillo de S/. 0.56. Además, esta investigación servirá como referencias bibliográficas para futuras investigaciones.

**PALABRAS CLAVES:** Ladrillos, Compresión, Plástico, Reciclaje, Resistencia.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### Realidad problemática

La contaminación ambiental, a nivel global, se ha convertido en una fuente de constante de peligros para los seres vivos, en este escenario el plástico emerge como uno de los principales contribuyentes, esto teniendo en cuenta que aproximadamente 18 millones de toneladas de plástico flotan en el océano Pacífico (Hernández, 2016), subrayando la magnitud del impacto ambiental causado por este material el cual dependiendo de su espesor demora en desintegrarse entre de 100 a 700 años (Hernández, 2016), estos datos revelan una urgente necesidad de abordar las causas fundamentales de la contaminación, siendo el plástico un actor crucial en la actual crisis medioambiental.

Las autoridades del Gobierno Regional, Ministerio del Ambiente y la Autoridad Nacional del agua tienen la responsabilidad de cuidar el medio ambiente y eso debe obligarnos a la población a actuar porque los recursos se están agotando, y precisamente una de las opciones de solución es reciclar plásticos y buscarles un fin adecuado para su reutilización (Ambicho, 2022).

Luego de varias revisiones de investigaciones y las posibles opciones de reutilizar el plástico, desde integrarlo a la construcción como elemento principal o como un recurso que unido a otros materiales den una mejor consistencia al producto elaborado y pueda ser aprovechado en el sector construcción ya que tiene alta resistencia frente a esfuerzos permanentes, desgaste, además alta rigidez y dureza (Llique, 2017).

En Perú alrededor del 38,9% (3 millones 47 mil 225) son construcciones de ladrillo y concreto armado, cumpliendo una función estructural. Cabe señalar que al ladrillo se puede cuestionarse en cuanto a sus propiedades y normas establecidas (Porto y Gardey, 2022).

En el informe elaborado por García (2018), determina las propiedades de unidades de albañilería artesanal mediante ensayos los cuales fueron evaluados de acuerdo a las exigencias de control de calidad que indica la Norma Técnica Peruana E.070 - Albañilería, 2006, en dicho estudio menciona que en la ciudad de Bagua Grande, no utilizan mecanismos de control de calidad; aunque, la experiencia a través de las generaciones de los fabricantes es una ventaja, mediante ella es difícil diferenciar parámetros los cuales deben ser mejorados.

En otro estudio sobre ladrillos en Cutervo, para poder determinar propiedades Físico - Mecánicas de ladrillos de concreto se tiene coeficiente de saturación, absorción, densidad, resistencia a la compresión; teniéndose como referencia la Norma E.070 esas diferencias son pequeñas respecto a lo establecido por norma (Cubas, 2017).

La necesidad de obtener la capacidad de resistencia del ladrillo, fue la razón para esta investigación, de esa manera obtener resultados que tiene adición de plástico fundido con arena en diversas dosificaciones sobre la capacidad de resistencia a la compresión. Lo que se quiere lograr es que se pueda utilizar los residuos sólidos, en este caso los desechos plásticos, para su reutilización y convertirlos en un material de construcción como es el ladrillo para la conformación de la unidad de albañilería, logrando así reciclar polietilenos dándoles un nuevo uso. (Aporte del autor).

A continuación, se mencionan algunos estudios previos sobre la resistencia a la compresión de ladrillos:

Ambicho (2022) desarrolló la investigación: *"Polietileno Fundido como Material Cohesivo de Adoquines para Pavimento Articulado en Zonas Urbanas Carentes de Servicios Básicos – Huancayo 2020"*, tuvo como objetivo, determinar el comportamiento del polietileno fundido como material cohesivo de adoquines para pavimento articulado, la metodología de la investigación fue de tipo experimental, implica ensayos de laboratorio para definir las propiedades físicas y mecánicas de adoquines. Aplicó un tipo de muestreo por conveniencia conformado por 75 adoquines elaborados con distintos tipos de polietileno. El autor concluye que se tiene resultados con mayor resistencia los adoquines producidos con cloruro de polivinilo llegando hasta los 425.69 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión teniendo una resistencia de un ladrillo de concreto es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, siendo factible utilizar polietileno fundido con material cohesivo de adoquines en pavimentos articulados porque cumple con los parámetros de la NTP. Concluyendo que la influencia del polietileno fundido representa una mejora favorable en las propiedades del ladrillo según el tipo de polietileno, porque se busca optimizar la durabilidad y la resistencia.

Montero y Salinas (2020) en su investigación: *"Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo-2019"*, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la fibra de plástico reciclado PET en la resistencia a la compresión y absorción del ladrillo de concreto, emplearon una investigación de tipo explicativa con un diseño experimental. Aplicaron el muestreo no probabilístico por conveniencia conformado por 4 ladrillos para 28 días de curado con 0%, 5%, 10% y 15% de plástico PET, con un total de 64 ladrillos. Los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos, la mayor resistencia la obtuvo el grupo 4, a los 28 días de elaborado los ladrillos y se obtuvo una resistencia a la compresión de 168.38 kg/cm<sup>2</sup> con 15% de fibra de PET, siendo



mayor a los del grupo 1,2 y 3 cuyas resistencias fueron de 44.02 kg/cm<sup>2</sup>, 155.11 kg/cm<sup>2</sup>, 161.76 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Echevarría (2017) en su investigación titulada "Ladrillos de concreto con plástico PET Reciclado" cuyo objetivo fue determinar las propiedades físico mecánicas de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado que considera la Norma Técnica E.070 – Albañilería. Realizó una investigación de tipo experimental, con un enfoque cuantitativo y con una finalidad aplicativa. En cuanto a los resultados con las 5 dosificaciones de prueba planteadas a las edades de 7, 14 y 28 días, la mayor resistencia mayor fue a los 28 días con una resistencia de 161.96 kg/cm<sup>2</sup> siendo la mayor obtenida comparada a los 7 y 14 días cuyas resistencias a la compresión son de 127.08 kg/cm<sup>2</sup> y 118.80 kg/cm<sup>2</sup>. El autor concluye clasificando al ladrillo patrón (al 0 de PET) como unidad de albañilería Clase IV y a los ladrillos de concreto - PET (0.03, 0.06, 0.09 PET) como unidad de albañilería Clase III.

Pinedo (2019) desarrolló la investigación: "*Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'c= 210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018*", tuvo como objetivo, determinar si el concreto con adición de plástico reciclado PET mejorar su Resistencia a la Compresión, el investigador empleó algunos materiales como agregados y respecto al plástico PET se obtuvo como consecuencia de la trituración de botellas recicladas de material plástico, la investigación empleada es de tipo experimental. Como resultados respecto a la resistencia a la compresión sin adición de PET a los 28 días, fue 220 Kg/cm<sup>2</sup>, sin embargo, en el ensayo con adición de PET al 1.5 se obtuvo y 151.31 Kg/cm<sup>2</sup>, es decir que a más porcentaje de PET reciclado que tiene la mezcla menguará la resistencia a la compresión de la muestra.

Coronel y Dueñas (2020) desarrolló la investigación: "*Evaluación de las propiedades de ladrillo de concreto con la sustitución parcial de la arena por plástico reciclado PET*", tuvo como objetivo, determinar el nivel que se afectarán las propiedades del ladrillo de concreto adicionándole PET por arena, como población y muestra se tiene la muestra es de tipo censal conformada por 150 ladrillos con PET. El tipo de investigación empleada es de tipo aplicada, de nivel experimental, con diseño pre experimental, la muestra estuvo conformada por 150 ladrillos de concreto con PET, los investigadores concluyeron que: con la intervención de diversas dosificaciones de PET en 0.25; 0.50 y 0.75, se logró determinar que la resistencia a la compresión fue de 65 kg/cm<sup>2</sup>, en cada el ladrillo con adición de PET de 0.75 de PET y 0.25 de arena, siendo la mayor resistencia respecto a las otras dosificaciones de 0.25 y 0.5 de PET.

Zúñiga (2018) en su investigación titulada: "*Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*", tuvo como objetivo, mejorar los procesos tecnológicos en la fabricación del ladrillo común, mediante el empleo adecuado de las materias primas y la incorporación de materiales alternativos para su fabricación, tecnología amigable al medio ambiente. El investigador determinó resistencia a la compresión simple mediante un ensayo a los ladrillos de materiales alternativos, no presentaron muchas fisuras y después de aplicarle la carga la falla que presenta es de tipo vertical. El autor concluye que, la elaboración de ladrillos es una mezcla de arena y arcilla y un 0.02 de aserrín, con esos elementos se ha obtenido un factor de optimización 12,40MPa/kg, sus características físicas y mecánicas mejoraron de forma notable, con respecto al ladrillo convencional que está elaborado solo a base de solo arena y arcilla.

Camacho y Mena (2018) en su tesis titulada: "*Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades*"

*mecánicas con un ladrillo tradicional*", tuvo como objetivo: Diseñar y fabricar un mampuesto ecológico como material sostenible de construcción y comparar sus propiedades mecánicas con las de otros mampuestos. El investigador utilizó mezcla del 14% cemento portland, un 6% de ceniza y el 4% cáscara de arroz, con el cual se obtuvo favorables resultados y más aceptables por su capacidad de resistencia a la compresión. A la muestra antes descrita se le aplicó ensayos de flexión, absorción y resistencia a la compresión triaxial. Como resultados se tiene que: en la elaboración de ladrillos a base de suelo-cemento se observó que a mayor cantidad de cemento se obtiene mayor capacidad de resistencia a la compresión; optando por un 0.2 de cemento dando como resultado una resistencia de 5,67Mpa a los 28 días. El autor concluye que: La ceniza es el componente de la mezcla que le da al ladrillo mayor resistencia, a casusa de su pequeño tamaño. La cáscara de arroz le da a la muestra de ladrillos mayor porosidad haciéndolo más liviano.

A continuación, se mencionan algunas definiciones previas sobre la resistencia a la compresión de ladrillos:

### **Norma Técnica Peruana E.070 – Albañilería:**

Es la Norma que contiene los requisitos y exigencias mínimas para el diseño, análisis, construcción, materiales, también presenta el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y armados.

### **Unidad de albañilería**

Las unidades de albañilería que se describe en la normativa peruana E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, son los denominados ladrillos en cuya fabricación tiene

como componente a la arcilla, sílice-cal o concreto. Estas unidades de albañilería (ladrillos), pueden ser huecas, tubulares, sólidas o alveolares (Aceros Arequipa, 2020).

**Tabla 1:** 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 <sub>b</sub> 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		
<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<sup>(1)</sup></b>	4	3	2	4	4,9 (50)
<b>Bloque NP<sup>(2)</sup></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: Norma E.070 – Albañilería, 2006.

### Clasificación de ladrillos:

De acuerdo con la Norma NTP 331.017 (1978), la clasificación de ladrillos es de la siguiente manera:

a) TIPO I. Los ladrillos de este tipo son lo que tienen muy baja su resistencia y durabilidad; son aptos y disponibles para utilizarse bajo mínimas condiciones de exigencia (viviendas de 1 o máximo 2 pisos), evitando el contacto con agentes atmosféricos.

b) TIPO II. Los ladrillos de este tipo también son de baja resistencia y durabilidad; pero son disponibles para utilizar en condiciones de moderadas servicio (no deben estar en contacto directo con agentes atmosféricos como el suelo, la lluvia o agua).

- c) TIPO III. Los ladrillos de este tipo presentan una mediana resistencia y durabilidad, disponibles para ser utilizados en construcciones que están en condiciones de bajo intemperismo,
- d) TIPO IV. Los ladrillos de este tipo presentan una resistencia alta y durabilidad; disponibles para ser empleados en condiciones de rigurosas servicio.
- e) TIPO V. Los ladrillos de este tipo presentan su resistencia y durabilidad muy elevadas; son disponibles para ser utilizados en condiciones muy rigurosas de servicio, pueden emplearse en condiciones de intemperismo similares al TIPO IV.

### **Propiedades físicas del ladrillo**

- a) **Variación Dimensional:** Se muestra cuando las dimensiones medias de las caras de las unidades de albañilería varían en sus dimensiones (largo, ancho y alto) (Espinoza & Pejerrey, 2018). Las variaciones dimensionales se producen por cambios ocasionados por la humedad y/o temperatura, pero se puede recuperar dichos cambios al perder humedad (Ostis, 1999).
- b) **Alabeo:** Esta propiedad es la que permite determinar la curvatura cóncava o convexa respecto de la cara del asiento. Cuando se aplica mortero, se genera un espesor que es desigual al material adherente, como consecuencia a la resistencia de compresión y flexión y será reducida a mayor alabeo que presenta el ladrillo (Cornejo, 2019).
- c) **Absorción:** es la propiedad definida como la diferencia de peso en porcentaje, entre la unidad de albañilería saturada y seca (Soto y Sánchez, 2017).

## Propiedades mecánicas del ladrillo

a) **Resistencia a compresión ( $f^b$ )**. Es la principal propiedad mecánica por la cual se determina la capacidad que tiene una unidad para soportar una cierta carga; con una relación directa es decir a mayor resistencia a la compresión, mayor será la calidad (Gamboa, 2017).

## El plástico PET

Sustancia sintética de estructura macromolecular por su gran cantidad de moléculas de hidrocarburos, alcoholes y otros compuestos. Patentado como un polímero para fibra y comenzó a ser utilizado a partir del 55 en producción de envases de líquidos y totalmente reciclable (Echevarría, 2017).

El PET es el material utilizado para fabricar envases de diversas bebidas, como agua y otros tipos de bebidas. Estos envases son de un solo uso, lo que los convierte en una fuente de contaminación. (Muñoz, 2021).

## Propiedades del plástico PET

El Tereftalato de Polietileno (PET) presenta las siguientes características:

- Cuando se somete a esfuerzos permanentes, el Tereftalato de Polietileno (PET) muestra un comportamiento satisfactorio.
- Presenta buenas propiedades térmicas
- El (PET) posee una alta resistencia al desgaste.

Tiene propiedades que lo hacen adecuado para su uso como aditivo en la fabricación de ladrillos. (Díez, 2021).

## Técnicas de moldeo del plástico

**a.- Moldeo a alta presión.** Esta técnica usa máquinas hidráulicas que ejercen la presión suficiente para el moldeo de las piezas.

- Compresión. Plástico en polvo es calentado y luego comprimido entre dos partes del molde mediante fuerza de una prensa hidráulica.
- Inyección. El plástico se calienta y un tornillo sinfín lo inyecta a alta presión a un molde para darle forma. Tanto el molde como el plástico inyectado se enfrían en unos canales interiores.
- Extrusión. El material plástico es empujado por un tornillo sinfín a través de un cilindro que acaba en una boquilla, con lo que se produce una tira de longitud indefinida (Castro, 2019).

**b.- Moldeo a baja presión.** Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de presión.

- Colada. Consiste en verter el material plástico en estado líquido dentro de un molde, donde fragua y luego se solidifica.
- Espumado. Consiste en introducir aire en el interior de la masa de plástico de manera hasta que se formen burbujas permanentes.
- Calandrado. Consiste en hacer pasar el plástico en unos rodillos que producen mediante presión láminas de plástico de diferente espesor (Castro, 2019).

## Reciclaje de plástico

Existen diversas formas en diversas formas de reutilizar el plástico, que van desde el reciclaje directo hasta la transformación en productos de mayor valor mediante el reciclaje químico. Estas opciones de reutilización se eligen en función de la legislación

ambiental, composición del plástico, precios de los materiales y estrategias de reciclaje. Algunas de las vías posibles incluyen el reciclaje convencional, la incineración con o sin recuperación de energía y el reciclaje químico. La elección del método adecuado depende de múltiples factores y consideraciones específicas (Abadzi, 2018).

### **Tipos de reciclaje**

- Reciclado Químico. La descomposición de los desechos plásticos en fracciones que se pueden utilizar como monómeros u otros compuestos químicos.

- Reciclado Mecánico. Este proceso se enfoca en la recolección y separación de envases de plástico, seguido de trituración, lavado y extrusión del plástico. Como resultado, se obtienen hojuelas que, mediante calor, se usa para nuevas piezas. Estas hojuelas también se emplean como agregado fino en la construcción para reducir costos.

- Recuperación Energética. Los productos que no pueden ser reciclados de manera económica y ambientalmente viable se someten a un proceso de incineración. Este proceso tiene como objetivo obtener energía a partir de estos productos. La incineración controlada garantiza que se minimice el impacto ambiental y se aproveche al máximo el potencial energético de los productos no reciclables (Díez.2021).

### **Justificación teórica**

En la presente investigación se aplicaron diversas dosificaciones del 50%:50%; 60%:40%; 70%:30% a base de plástico fundido con arena en la elaboración de ladrillos para analizar la resistencia a la compresión según la norma técnica de albañilería E.070, esta investigación se respalda en los estudios presentados en los antecedentes a nivel internacional, nacional y local.



### **Justificación práctica**

En esta investigación se dio a conocer las propiedades de los ladrillos a base de plástico fundido con arena, tal como el alabeo, variación dimensional, y la resistencia a la compresión. Son utilizados para construcciones de albañilería confinada en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

### **Justificación metodológica**

La presente investigación da a conocer la importancia de la elaboración de ladrillos a base de arena y plástico fundido en diversas dosificaciones porque tienen alta resistencia a la compresión, además de evaluar las propiedades variación dimensional y alabeo, siendo un material fundamental en la industria de la construcción civil.

### **Justificación económica**

Esta investigación se puede lograr con un ahorro porque el plástico es obtenido a base de reciclaje que está al alcance de todos los usuarios, con un gasto de 0.56 soles por ladrillo, de esa manera evitando gastos mayores a dichos usuarios o entidades, dedicadas a las construcciones civiles ecológicas.

### **Justificación investigativa**

Se ha investigado la resistencia a la compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones: 50%:50%; 60%:40%; 70%:30%, quedando abierta la posibilidad de que otros investigadores puedan mejorar los resultados de esta investigación.

Las botellas se han obtenido principalmente de agua embotellada de plástico, gaseosas, yogurts, frugos, bidones de agua, de aceite entre otras fuentes de plástico en la ciudad de Cajamarca.

## Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión de ladrillos elaborados a base de plástico fundido y arena, Cajamarca 2023?

## Objetivos

### Objetivo General

- Determinar la resistencia a compresión de ladrillos elaborados con plástico fundido y arena, Cajamarca 2023.

### Objetivos Específicos

- Definir las propiedades físicas de la arena para la elaboración de ladrillos en diversas dosificaciones.
- Determinar las propiedades físicas de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en las dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70%: 30%.
- Determinar la resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en las dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70%: 30%.
- Calcular el costo por unidad de albañilería a base de plástico fundido y arena.

## Hipótesis

El uso de plástico fundido y arena, en dosificaciones de 50%:50%; 60%:40; 70%.30% respectivamente para la elaboración de ladrillos mejora hasta en un 60 % en la resistencia a la compresión en Cajamarca, 2023.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es Experimental, porque los diversos componentes de los ladrillos a base de plástico fundido con arena modifican la variable resistencia, observándose dichas modificaciones en los resultados. (Sánchez, Reyes , & Mejía , 2018).

### **Nivel de investigación**

Es una investigación aplicada, porque se dará solución de manera práctica mediante una nueva composición del ladrillo (a base de plástico fundido con arena), dichos elementos mejoraran la capacidad de resistencia a la compresión. (Sánchez, Reyes , & Mejía , 2018).

### **Enfoque de investigación**

Es una investigación cuantitativa, porque en los resultados de la resistencia a la compresión predomina la cuantificación de las diversas dosificaciones también en la calidad de ladrillo a base de plástico fundido con arena. (Sánchez, Reyes , & Mejía , 2018).

### **Diseño de investigación**

Descriptivo, porque busca describir sin cambiar la variable resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados a base de plástico fundido con arena. (Sánchez, Reyes , & Mejía , 2018).

### **Población y muestra**

#### **- Población.**

Conjunto de personas u elementos de las cuales se busca tener un concepto específico para una investigación. (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p. 102).

La población está constituida por 72 ladrillos, de los cuales 60 ladrillos elaborados a base de plástico fundido con arena en diferentes dosificaciones y 12 ladrillos como muestras patrón.

- **Muestra.**

Grupo más reducido calculado de la población, implica hacer una evaluación a la población tomando a un pequeño grupo para ser la muestra, el método de muestreo es no probabilístico a conveniencia. (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018, p. 93)

Para la investigación la muestra es igual a la población, determinada a conveniencia de los investigadores y tomando como base la norma técnica E0.70.

- **Unidad de estudio.**

Cada uno de los 72 ladrillos (12 de muestra patrón y 60 en dosificaciones de 50%:50%; 60%:40% y 70%:30% de plástico fundido y arena respectivamente

o **Tipo de muestreo**

No probabilístico aleatorio a conveniencia de los investigadores, considerando 5 muestras por ensayo en cada dosificación y porcentajes de plásticos y arena a utilizar y 3 para la muestra patrón, Según la NTP el mínimo de muestras para realizar ensayos son 3 por lo que los ensayos son confiables.

**Tabla 2:** Resistencia a la compresión de cada ladrillo a base de plástico fundido con arena.

Día	Muestra Patrón (M.P)	Muestra con plástico y arena		
		50%: 50%	60% :40%	70%: 30%
3	(3)	(5)	(5)	(5)
7	(3)	(5)	(5)	(5)
14	(3)	(5)	(5)	(5)
28	(3)	(5)	(5)	(5)
			Total =	72

### **Materiales y equipos**

- Molde de madera para ladrillo (200 mm de largo, 130 mm de ancho y 90 mm de alto)
- Prensa de compresión (Artesanal)
- Ollas para preparar la mezcla (mediana)
- Balanza analítica
- Balde de plástico (4L)
- Cúter retráctil
- Espátula
- Vidrio
- Yeso
- Arena (fina)
- Probeta (50 y 100 ml)
- Nivel de mano
- Botellas de plástico
- Guantes
- Martillo de goma
- Corrector
- Plumones



*Foto 1: Molde de madera para elaboración de ladrillos a base de plástico fundido y arena.*



*Foto 2: Olla y cocina para la fundición del plástico.*



*Foto 3: Balde y balanza para pesar los materiales.*



*Foto 4: Probeta, balanza y deposito para los materiales.*

## **Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **Técnicas e instrumentos de recolección**

#### **Técnicas**

Observación directa: Es aquel procedimiento que se realiza para que el investigador puede observar y obtener datos mediante su propia observación. (Rodríguez, 2023).

En esta investigación sirvió para verificar la resistencia a la compresión en diversas dosificaciones, terminado los ensayos en el laboratorio de la UPN.

#### **Instrumentos**

Ficha de recolección de datos (Protocolos de la UPN): los cuales servirán como registros de la resistencia a la compresión de los ladrillos elaborados a base de plástico fundido con arena, los cuales se realizarán en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte con sus respectivos protocolos.

#### **Validación de los instrumentos**

Los instrumentos fueron validados según la norma técnica E.070 y protocolos aprobados por la Universidad Privada del Norte.

#### **Confiabilidad de los datos**

Se tuvo como muestra a 72 ladrillos, 60 en diversas dosificaciones y 12 de muestra patrón, teniendo en cuenta el intervalo de valores establecido por la norma E.070, los cuales son analizados en su resistencia a la compresión de ladrillos en diversas dosificaciones de arena y plástico a base de plástico fundido 50%: 50%; 60%: 40%; y 70%: 30%, en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca.



## Procedimiento de recolección de datos

Paso 1: Recolección de plástico (botellas plásticas incluyendo las tapas descartables). Mediante la técnica de reciclaje, limpieza, eliminación de etiquetas, almacenamiento para su posterior fundición.

Paso 2: En cuanto a la obtención de arena fina se compró de la cantera de Llacanora, verificando que cumpla con las propiedades físicas (granulometría y peso unitario; utilizando protocolos y guías del laboratorio de concreto de UPN), buena trabajabilidad y que este limpia.

Paso 3: Para determinar los porcentajes en diversas dosificaciones de 50% - 50%; 60% - 40% y 70% - 30%, se tuvo que utilizar una balanza para pesar el plástico reciclado y la arena.

Paso 4: Para elaborar un ladrillo de 50% - 50% se utilizó 1.50kg de plástico y 1.50kg de arena, para un ladrillo de 60% - 40% se utilizó 1.80kg de plástico y 1.20kg de arena y para un ladrillo de 70% - 30% se utilizó 2.10kg de plástico y 0.90kg de arena.

Paso 5: Se coloca el recipiente sobre el fuego a temperaturas muy altas, donde se empieza a colocar el plástico reciclado, para empezar con el proceso de fundido donde llega a una temperatura aproximada de 230 °C, en 1 hora 30 minutos a 2 horas.

Paso 6: Una vez fundido el plástico se procede a mezclar con la arena por un lapso de 10 minutos en temperaturas de 230 °C aproximadamente.

Paso 7: Elaboración de ladrillos, una vez mezclado ambos componentes se procede a vaciar en estado líquido en los moldes de madera (estos moldes fueron elaborados previamente con medida estándar a los ladrillos artesanales) para las diversas dosificaciones de 50% - 50%; 60% - 40% y 70% - 30%, para los días 3, 7, 14 y 28 de haber sido elaborados.

Paso 8: Terminado de vaciar la mezcla en los moldes se chuza alrededor del molde con una madera. Luego se coloca la tapa del molde, para colocar la prensa artesanal y poder realizar la vibración manual golpeado con un martillo de goma por cada uno de sus lados.

Paso 9: Se procede a colocar el molde en agua a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de 15 minutos hasta que el ladrillo se encuentre en estado sólido.

Paso 10: Finalmente desmoldamos el ladrillo dejando secar a la intemperie y esperamos los días correspondientes para poder realizar los ensayos de acuerdo a la NTP E070 correspondiente a la albañilería.

Paso 11: Post Secado, para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos en diversas dosificaciones de arena y plástico a base de plástico fundido 50% y arena 50%; plástico fundido 60% y arena 40%; y plástico fundido 70% y arena 30%. Se llevó las muestras al laboratorio de la UPN, de los sesenta ladrillos elaborados, son distribuidos veinte ladrillos por cada dosificación a base de plástico fundido y arena al 50% - 50%; 60% - 40% y 70% - 30%. Para lo cual se han seleccionado cinco muestras (ladrillos) de cada dosificación en cada ensayo de resistencia a la compresión llevados a cabo a los 3, 7, 14 y 28 días después de la elaboración de ladrillos a base de plástico fundido y arena, considerando la norma técnica E.070 y protocolos aprobados por la Universidad Privada del Norte.

**Paso 12: Ensayos realizados a las unidades de albañilería.**

**A. Ensayo de resistencia a la compresión axial:**

**a) Materiales y Equipos (NTP 399.613)**

- Máquina para realizar la resistencia a la compresión axial, marca Forney, serie 10165, tiene una capacidad de: 250000 lbs.
- Cinco unidades de ladrillos por cada dosificación.

- Cinco unidades de ladrillos.

**b) Cálculos:**

- La resistencia a la compresión axial se calculará con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{P_{\text{máx}}}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$\sigma$  = Resistencia a la compresión axial.

$P$  = Carga de rotura.

$A$  = Área bruta de la sección.

- La sección  $A$  se calculará por la siguiente ecuación:

$$A = a \times l \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$a$  = ancho de la muestra, en centímetro

$l$  = Largo de la muestra, en centímetro

De acuerdo a la norma E.070, se utilizó las siguientes formulas:

**Resistencia ( $kg/cm^2$ )**

$$f_b = \frac{P_{\text{max}}}{A_b}$$

**Sección**

$$A_b = L * A$$

## **Coefficiente de Variación**

$$C. \text{ Variación} = \left( \frac{\sigma}{fb} \right) * 100$$

### **C. Alabeo (NTP 399.613)**

#### **a) Materiales**

- Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm.
- Cuña de 60 mm de longitud, 12,5 mm de ancho y 12,5 mm de espesor en un extremo.
- La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.

### **D. Variación Dimensional**

Propiedad física que tiene influencia sobre el comportamiento del muro. Tiene una relación directa respecto al espesor de la junta, dicho de otra forma, a mayor variación dimensional, entonces el espesor de la junta será mayor; y si el espesor de la junta tiene relación indirecta respecto a la resistencia a la compresión, como consecuencia a mayor espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión (Norma E.070, 2006).

#### **Medidas del tamaño:**

Según NTP 399.613.

#### **a) Materiales**

- Regla de acero graduada de 30 cm.

#### **b) Procedimiento**

- Medir longitud, ancho y altura.
- El ancho se mide a través de los extremos y ambas caras.
- El alto se mide a través de los extremos y ambas caras.

De acuerdo a la norma E.070, se utilizó las siguientes formulas:

Longitud efectiva promedio  $L_0$

$$L_0 = \frac{(L_1 + L_2 + \dots + L_6)}{6}$$

Ancho efectivo promedio  $A_0$

$$A_0 = \frac{(A_1 + A_2 + \dots + A_6)}{6}$$

Altura efectiva promedio  $H_0$

$$H_0 = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_6)}{6}$$

Variación dimensional  $V\%$

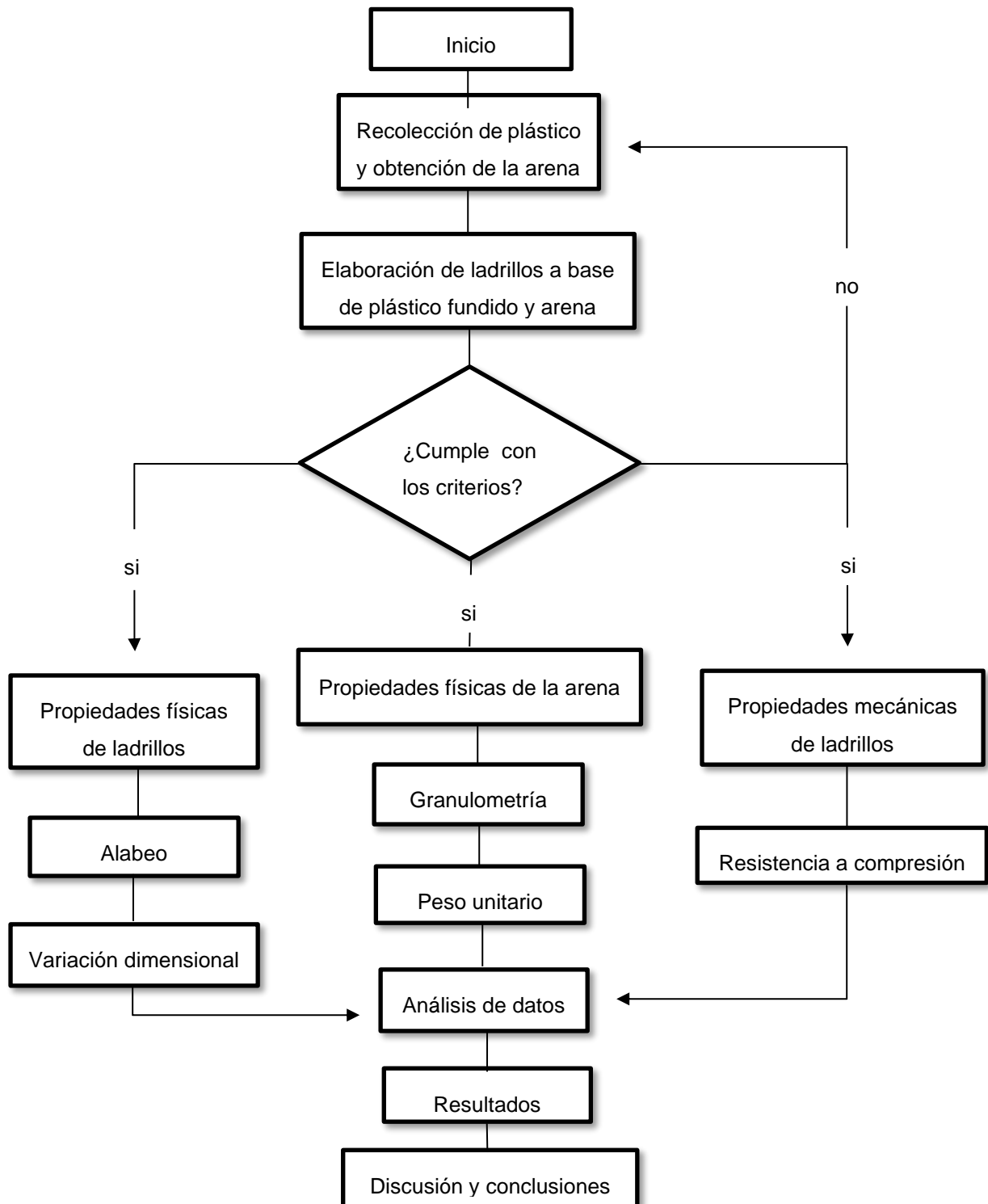
$$V\% = \left( \frac{(L_f - L_0)}{L_f} \right) * 100$$

### **Procesamiento y Tratamiento de datos**

Para el análisis de los datos obtenidos de la resistencia a la compresión, variación dimensional y alabeo con sus fórmulas respectivas según los protocolos de la UPN, siendo presentadas en tablas con datos obtenidos en el laboratorio de la UPN siendo procesados en Word 2019 y Excel 2019 respectivamente. También se utilizó el análisis estadístico descriptivo para la resistencia a la compresión, y un análisis mediante la norma técnica de albañilería y fue validado con la norma E.070.

## Flujograma de la Investigación

*Esquema 1: Flujograma de investigación*



### **Aspectos éticos.**

No se han alterado los resultados de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión ver anexos de protocolos de la UPN.

En esta investigación, se cumplió de manera adecuada según la norma E.070 que respaldan las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería (resistencia a la compresión) en diversas dosificaciones. También en cada párrafo de la investigación que fueron recopilados de tesis, libros y otras fuentes se citó según las normas APA séptima edición.

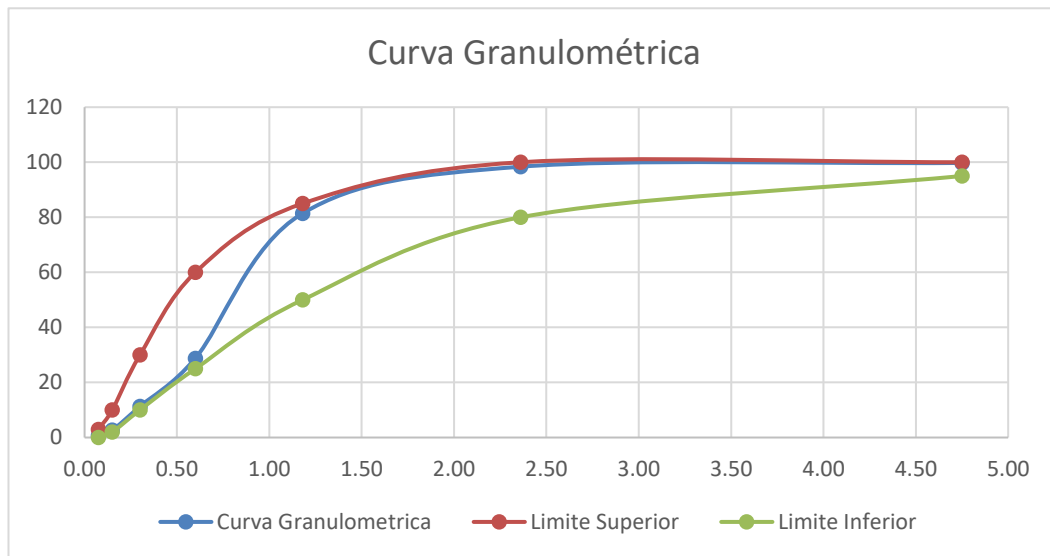
### CAPÍTULO III: RESULTADOS

Se presenta las propiedades de la arena utilizada en la elaboración de los ladrillos y para el análisis de resistencia a la compresión, se llevó las muestras al laboratorio de la UPN, los sesenta ladrillos elaborados a base de plástico fundido y arena de los cuales son veinte ladrillos por cada dosificación plástico fundido y arena al 50% - 50%; 60% - 40% y 70% - 30%. Para lo cual se han seleccionado cinco muestras (ladrillos) de cada dosificación en cada ensayo de resistencia a la compresión llevados a cabo a los 3, 7, 14 y 28 días después de la elaboración de ladrillos a base de plástico fundido y arena.

#### Propiedades físicas de la Arena.

#### Granulometría

Figura 1: Curva granulométrica de agregado fino (arena)



Nota: Se presenta la curva de resultados de la granulometría del agregado fino (arena) utilizado para la elaboración de ladrillos, respecto a las normativas MTC E204 – ASTM C136 – NTP 400.012.



### Peso unitario

*Tabla 3: Resultados del peso unitario compactado de la arena.*

PESO UNITARIO COMPACTADO	Und	M1	M2	M3	PROMEDO
	Kg/m <sup>3</sup>	1778.495	1748.387	1761.290	<b>1762.724</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1762.724</b>

Nota: Se presenta los resultados de peso unitario compactado, respecto a las normativas MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017.

*Tabla 4: Resultados del peso unitario suelto de la arena.*

PESO UNITARIO SUELTO	Und	M1	M2	M3	PROMEDO
	Kg/m <sup>3</sup>	1425.806	1478.495	1448.387	<b>1450.896</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1450.896</b>

Nota: Se presenta los resultados de peso unitario suelto, respecto a las normativas MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017.

### Propiedades físicas de los ladrillos.

#### Variabilidad dimensional.

#### Variabilidad dimensional de la muestra patrón

*Tabla 5: Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra patrón en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.*

RESULTADOS VARIABILIDAD DIMENCIONAL									
Muestra	Longitud			Ancho			Alto		
Patrón	L1	$\delta 1$	V1%	A1	$\delta 1$	V1%	H1	$\delta 1$	V1%
3 días	223.682	0.001	11.841	133.887	0.001	2.990	85.136	0.004	5.405
7 días	222.919	0.002	11.460	132.338	0.001	1.799	84.221	0.004	6.422

<b>14 días</b>	221.176	0.001	10.588	130.979	0.001	0.753	83.199	0.003	7.557
<b>28 días</b>	220.231	0.001	10.116	130.420	0.001	0.323	82.376	0.008	8.471

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra patrón, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

### Variabilidad dimensional de la muestra 50% plástico 50% arena

**Tabla 6:** Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 50% - 50% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.

<b>RESULTADOS VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Longitud</b>			<b>Ancho</b>			<b>Alto</b>		
	<b>L1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>A1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>H1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>
<b>3 días</b>	202.092	0.003	1.046	132.329	0.003	1.791	92.003	0.003	2.226
<b>7 días</b>	201.531	0.004	0.765	132.113	0.002	1.625	85.004	0.018	5.551
<b>14 días</b>	198.952	0.001	0.524	130.645	0.004	0.496	83.987	0.019	6.681
<b>28 días</b>	197.896	0.008	1.052	131.986	0.009	1.528	83.726	0.035	6.971

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra 50%: 50%, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

### Variabilidad dimensional de la muestra 60% plástico 40% arena

**Tabla 7:** Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 60% - 40% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.

<b>RESULTADOS VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Longitud</b>			<b>Ancho</b>			<b>Alto</b>		
	<b>L1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>A1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>H1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>
<b>3 días</b>	203.107	0.004	1.554	131.729	0.002	1.330	91.829	0.007	2.033
<b>7 días</b>	200.393	0.002	0.196	131.405	0.005	1.081	82.638	0.008	8.180

<b>14 días</b>	198.478	0.001	0.761	130.313	0.009	0.241	80.378	0.019	10.691
<b>28 días</b>	198.490	0.003	0.755	130.927	0.014	0.713	80.740	0.028	10.289

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de 5 unidades de la muestra 60%: 40%, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

### Variabilidad dimensional de la muestra 70% plástico 30% arena

**Tabla 8:** Resultado promedio de variabilidad dimensional para muestra 70% - 30% en cuanto a longitud, ancho y alto, ensayados a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente.

<b>RESULTADOS VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>									
<b>Muestra</b>	<b>Longitud</b>			<b>Ancho</b>			<b>Alto</b>		
<b>70%-30%</b>	<b>L1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>A1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>	<b>H1</b>	<b>δ1</b>	<b>V1%</b>
<b>3 días</b>	203.670	0.004	1.835	132.628	0.005	2.022	91.743	0.005	1.937
<b>7 días</b>	199.959	0.002	0.020	130.508	0.001	0.391	84.166	0.011	6.482
<b>14 días</b>	198.314	0.002	0.843	129.383	0.006	0.474	80.577	0.010	10.470
<b>28 días</b>	197.605	0.003	1.197	129.080	0.015	0.708	81.063	0.017	9.930

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de 5 unidades de la muestra 70%: 30%, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

### Alabeo.

**Tabla 9:** Resultados promedio del análisis de alabeo de cada una de las muestras ensayadas.

<b>ESPECIMEN</b>	<b>CARA A</b>		<b>CARA A</b>	
	<b>CÓNCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>	<b>CÓNCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>
	<b>(mm)</b>		<b>(mm)</b>	
M Patrón (Promedio)	2	1	2	1
M Promedio (50%: 50%)	1	4	4	2

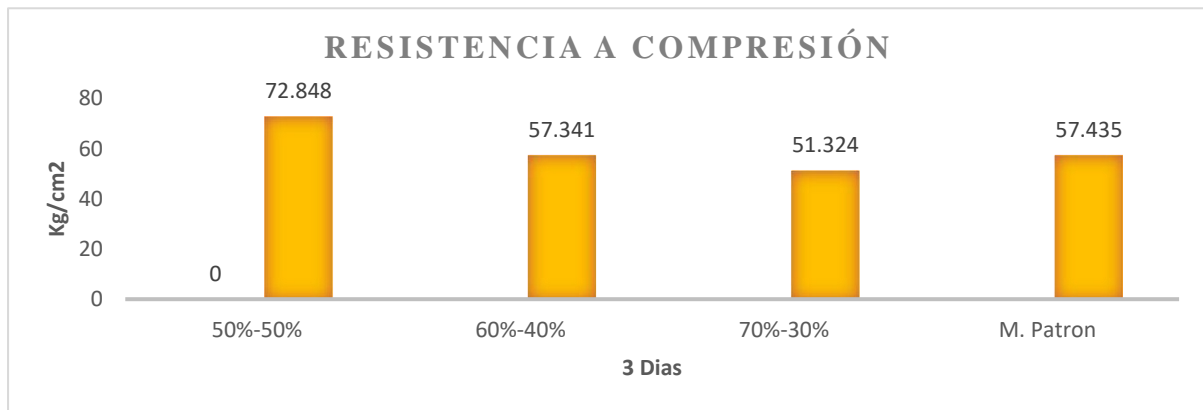
M Promedio (60%: 40%)	2	1	2	1
M Promedio (70%: 30%)	4	1	2	1

Nota: En cuanto a los resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en los porcentajes de (50%: 50%, 60%: 40%, 70%:30%) y en la muestra patrón, se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

### Resistencia a compresión

#### Resistencia a la compresión pasados 3 días de haber sido elaborados.

**Figura 2:** Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados.



Nota: Se presenta los resultados de la resistencia a compresión a los 3 días de haber sido elaborados los ladrillos a base de plástico fundido y arena, siendo el de 50% - 50% de mayor resistencia promedio fb de 72.848 kg/cm<sup>2</sup>, a diferencia de los demás porcentajes y la muestra patrón.

#### Resistencia a la compresión pasados 7 días de haber sido elaborados.

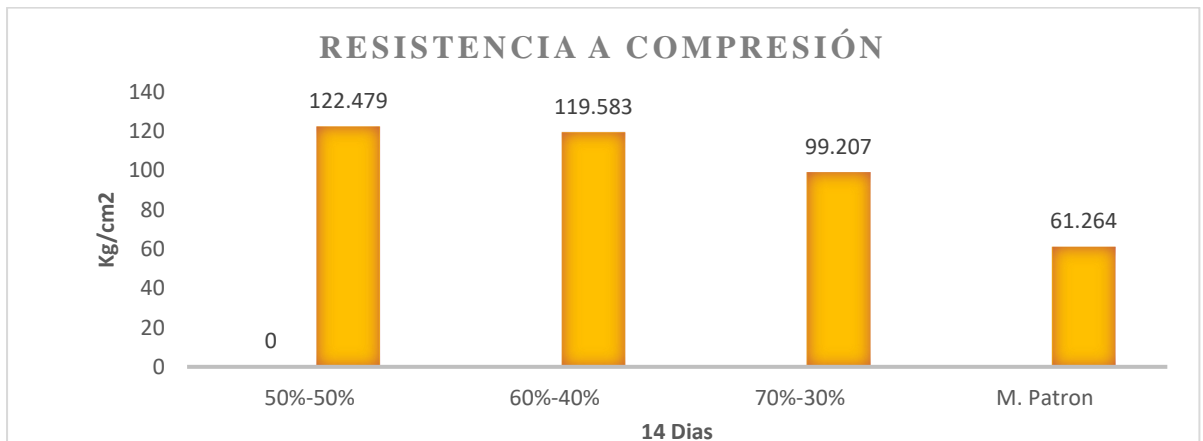
**Figura 3:** Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados.



Nota: Se presenta los resultados de la resistencia a compresión a los 7 días de haber sido elaborados los ladrillos a base de plástico fundido y arena, siendo el de 50% - 50% de mayor resistencia promedio fb de 94.406 kg/cm<sup>2</sup>, a diferencia de los demás porcentajes y la muestra patrón.

### Resistencia a la compresión pasados 14 días de haber sido elaborados.

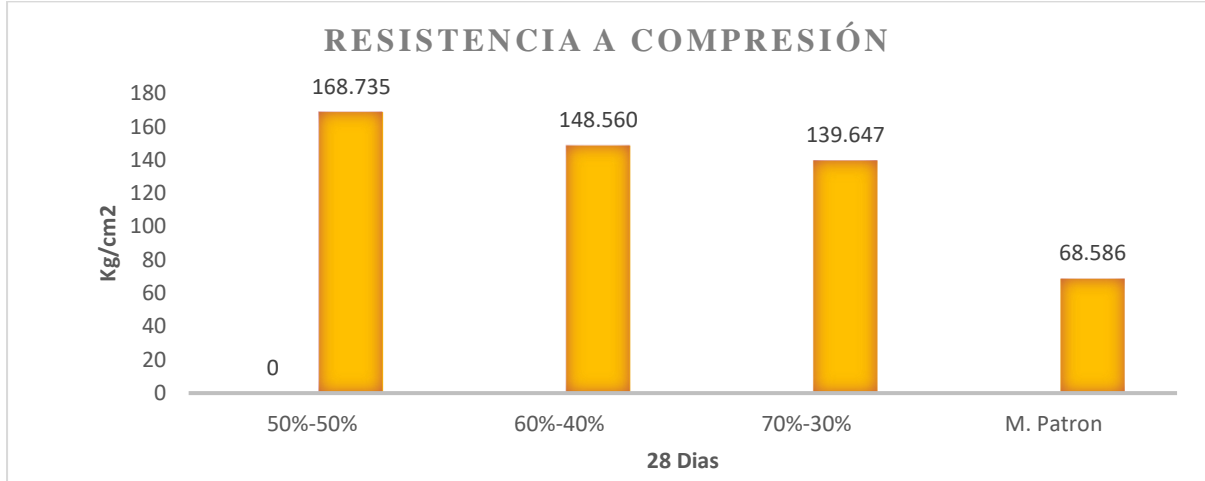
**Figura 4:** Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados.



Nota: Se presenta los resultados de la resistencia a compresión a los 14 días de haber sido elaborados los ladrillos a base de plástico fundido y arena, siendo el de 50% - 50% de mayor resistencia promedio fb de 122.479 kg/cm<sup>2</sup>, a diferencia de los demás porcentajes y la muestra patrón.

### Resistencia a la compresión pasados 28 días de haber sido elaborados.

**Figura 5:** Resultados de ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena 50% - 50%, 60% - 40%, 70% - 30% y la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados.



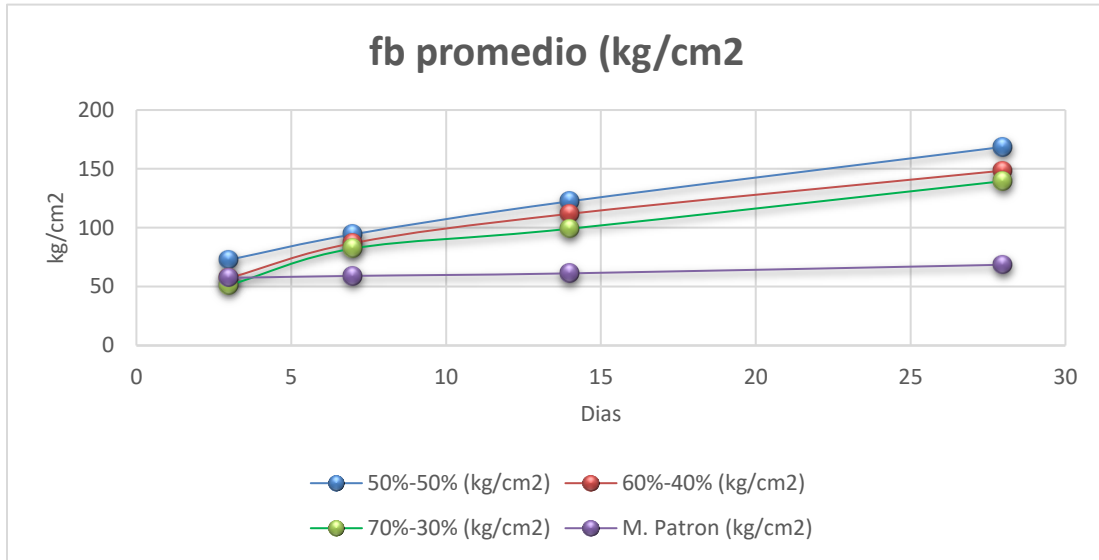
Nota: Se presenta los resultados de la resistencia a compresión a los 3 días de haber sido elaborados los ladrillos a base de plástico fundido y arena, siendo el de 50% - 50% de mayor resistencia promedio fb de 168.735 kg/cm<sup>2</sup>, a diferencia de los demás porcentajes y la muestra patrón.

**Tabla 10:** Resumen de las resistencias en las diferentes dosificaciones.

		Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
Edad	Muestra Patrón	Dosificaciones		
		50%: 50%	60%:40	70%: 30%
Día 3	57.435	72.848	57.341	51.323
Día 7	59.120	94.406	86.986	82.391
Día 14	61.263	122.478	119.58	99.206
Día 28	68.585	168.734	148.56	139.647

Nota: Según lo mostrado en la tabla anterior de ensayo a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido en diversas dosificaciones y edades, se presenta que la mayor resistencia es para el día 28 de la dosificación 50%: 50%.

**Figura 6:** fb promedio de las muestras seleccionadas



Nota: Se muestra los resultados promedio de la resistencia compresión de cada una de las muestras ensayadas para cada uno de los diferentes porcentajes

## Presupuesto por unidad de albañilería

*Tabla 11: Resultado del costo por unidad de albañilería*

Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
1	Elaboración de ladrillos de plástico fundido con arena					0.56
1.1	Ladrillos fundidos con arena					0.56
1.1.1	Ladrillos	und	1	0.56	0.56	
Costo Directo						0.56
<b>TOTAL:</b>						<b>0.56</b>

Nota: Se muestra el presupuesto total de la elaboración de ladrillos de plástico fúndico con arena, de cero soles con cincuenta y seis céntimos.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las tablas de resultados del ensayo de Alabeo, tanto de la muestra patrón y las muestras de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70% 30% respectivamente a los 3,7,14 y 28 días de haber sido elaborados, el alabeo de concavidad con valores que oscilan entre 0 y 6mm, y el alabeo de convexidad con valores que también oscilan entre 0 y 6mm; esos valores están por debajo de los valores máximos permitidos de alabeo en mm de los diferentes tipos de ladrillo (I-V), valores que se presentan en la tabla N°14 de la norma peruana E.070 (Clase de unidad de albañilería para fines estructurales) cuyo máximo valor es de 10 mm en ladrillo tipo I.

En las tablas de resultados del ensayo variación dimensional, se puede definir que las dimensiones de fábrica de los ladrillos de la muestra patrón son de longitud 200 mm, ancho 130 mm y alto 90 mm, en comparación a las medidas promedio de las dimensiones calculadas para el día 3 en las dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70% 30% a base de plástico fundido y arena, son menores en cuanto a la Longitud que oscila entre 201.993 y 203.04, el Ancho que oscila entre 131.5551 y 132.397, Alto que oscila entre 91.735 y 92.005. Las dimensiones de fábrica en comparación las medidas promedio de las dimensiones calculadas para el día 7 en las dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70% 30% a base de plástico fundido y arena, son menores en cuanto a la Longitud que oscila entre 200.96 y 201.5 y la dimensión Ancho que oscila entre 131.118 y 131.75, pero la dimensión Alto oscila entre 83.821 y 87.99 siendo mayor a estas. Las dimensiones de fábrica en comparación las medidas promedio de las dimensiones calculadas para los días 14 y 28, en las dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70% 30% a base de plástico fundido y arena, son mayores en Longitud que oscila entre 198.104 y 198.622, y en dimensión Alto que oscila entre 80.645 y 82.562, sin embargo, en



cuanto la dimensión Ancho solo para la dosificación 70%:30% del día 28 con (129.862) es mayor y para las otras dosificaciones ensayadas es menor oscilando entre 130.191 y 130.908, siendo menor a las dimensiones de fábrica. Respecto al porcentaje de variación de Longitud oscila entre (-11.84 y 0.947), respecto a la dimensión Ancho oscila entre (-2.990 y 0.105) y la dimensión Alto que oscila entre (-1.192 y 10.393), siendo estas variaciones en porcentaje menores y dentro de los máximos de cada tipo de ladrillo indicados en la Tabla N°1 (Clase de unidad de albañilería para fines estructurales) de la normativa E.070.

En las tablas de resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de la muestra patrón, para el día 3 la resistencia a compresión promedio fb es de (57.435 kg/cm<sup>2</sup>), para el día 7 fb es de (59.120), para el día 14 fb es de (61.263) y para el día 28 fb es de (68.585 kg/cm<sup>2</sup>), dichos resultados se ubican entre los valores de compresión del ladrillo tipo I (50kg/cm<sup>2</sup>) y debajo del valor de compresión del ladrillo tipo II (70kg/cm<sup>2</sup>), presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070. En las tablas de resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 3 una fb (72.848 kg/cm<sup>2</sup>), para el día 7 (94.406 kg/cm<sup>2</sup>) y para el día 14 (122.478 kg/cm<sup>2</sup>), valores que se ubica entre ladrillo de tipo II (70 kg/cm<sup>2</sup>) y tipo III (95 kg/cm<sup>2</sup>), sin embargo, el día 28 (168.734 kg/cm<sup>2</sup>), este valor se ubica en el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070. En las tablas de resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de la dosificación 60%:40% a base de plástico fundido y arena para el día 3 una fb (57.341 kg/cm<sup>2</sup>), para el día 7 una fb (86.986 kg/cm<sup>2</sup>) y para el día 14 una fb (119.58 kg/cm<sup>2</sup>), valores que se ubica entre ladrillo de tipo II (70 kg/cm<sup>2</sup>) y tipo III (95 kg/cm<sup>2</sup>), sin embargo para el día 28 una fb (148.560 kg/cm<sup>2</sup>), este valor se ubica entre el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>) y el tipo de ladrillo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>),

presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070. En las tablas de resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de la dosificación 70%: 30% a base de plástico fundido y arena para el día 3 una fb (51.323 kg/cm<sup>2</sup>), para el día 7 (82.391 kg/cm<sup>2</sup>) y para el día 14(99.206 kg/cm<sup>2</sup>) y día 28(139.647 kg/cm<sup>2</sup>), valores que se ubica entre ladrillo de tipo I (50 kg/cm<sup>2</sup>) y por encima del tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070.

Teniendo en cuenta que la resistencia a compresión es el valor más relevante para definir su clasificación según la clasificación para fines estructurales de los ladrillos de la Tabla N°1 de la Norma E.070, se toma como referencia al ladrillo de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día el día 28 (168.734 kg/cm<sup>2</sup>), este valor se ubica en el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), superando al valor de compresión del tipo IV con solo 17.6 kg/cm<sup>2</sup>.

Como **limitaciones** se tiene, que la presente investigación se limita a la elaboración de ladrillos con dosificaciones de plástico fundido y arena 50%: 50%, 60%: 40%, 70% 30% respectivamente considerando un mismo tipo de plástico (botellas), Otra limitación es el proceso de elaboración (artesanal) de los ladrillos, considerando una vibración manual influyendo en el tiempo promedio de elaboración de 1.5 horas para aproximadamente 7 ladrillos y la temperatura fue aproximadamente de 230 °C para derretir el plástico. No se realizó un ensayo de compresión triaxial para un mejor detalle de resultados.

A continuación, se presenta la **interpretación comparativa** de los resultados teniendo en cuenta el comparativo de los antecedentes con la presente investigación:

De acuerdo a la tabla 10 el resultado de compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28, ubicado en el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070, obtenida en el laboratorio de mecánica de suelos de la UPN.

En comparación con lo que sostiene Gordillo (2020) en su tesis titulada: *"Evaluación de la resistencia a compresión de ladrillos ecológicos con aplicación de tereftalato de polietileno, Moyobamba, 2020"*. Como resultados presentan que: en los estudios de resistencia de los ladrillos ecológicos con aplicación de PET, a 28 días de edad; con una adición del 15 % se obtuvo un  $f'_{b} = 88,44$  kg/cm<sup>2</sup>, con una adición de 10% se obtuvo  $f'_{b} = 88,07$  kg/cm<sup>2</sup>; y con la aplicación del 5 % un  $f'_{b} = 86,58$  kg/cm<sup>2</sup>; obteniendo mejor resultado con la aplicación del 15% de tereftalato de polietileno dando como consecuencia la obtención de un ladrillo de clase II. Comparando con los resultados de los ladrillos elaborados con plástico, estos presentan mayor resistencia a compresión.

En comparación con lo que afirma Horna (2022) en su investigación: *"Resistencia de la compresión del ladrillo artesanal en el comportamiento estructural de una vivienda del Centro Poblado Blanca Varela"*. El autor presenta como resultados que en relación a la modelación de la vivienda, se analizó con el tipo de resistencia ( $f'_{m}$ ) del ladrillo resultante de los ensayos, que de acuerdo a su desviación estándar de las tres muestras dieron una resistencia de 22.61 kg/cm<sup>2</sup>; el resultado de la resistencia de sus ladrillos artesanales de la localidad de Juliaca es de: 32.69 kg/cm<sup>2</sup>, 24.79 kg/cm<sup>2</sup> y 29.08 kg/cm<sup>2</sup>, cuyo promedio es una resistencia

de 28.84 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo analizó en un prototipo de vivienda que cumplía los requerimientos mínimos de la normativa E.030 Diseño Sismorresistente y E.070 Albañilería, a diferencia de esta investigación que fue analizada en la elaboración de las unidades a base de plástico fundido y arena.

En comparación lo que menciona Ambicho (2022), en su investigación: *"Polietileno Fundido como Material Cohesivo de Adoquines para Pavimento Articulado en Zonas Urbanas Carentes de Servicios Básicos – Huancayo 2020"*. Este autor presenta resultados con mayor resistencia los adoquines producidos con cloruro de polivinilo llegando hasta 425.69 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión con una mejora del 3,78% en comparación con los adoquines convencionales, cumpliendo con los parámetros de la NTP. Comparando con los resultados de la presente investigación cuya resistencia a la compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28, presenta una mejora de 2.4 veces la compresión de la muestra patrón. Teniendo en cuenta a Ambicho (2022), la mayor resistencia a la compresión lo presentan los ladrillos a base de plástico unido con el material cohesivo haciendo una unidad de albañilería bien compacta, usada para pavimentos, cabe resaltar que, comparado los resultados de la investigación la utilización del plástico influye en la resistencia de cada ladrillo.

En comparación lo que mencionan Montero y Salinas (2020), en su investigación denominada: *"Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo-2019"*. Presenta los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos, la mayor resistencia la presenta el grupo 4, a los 28 días de elaborado los ladrillos y se obtuvo una resistencia a la compresión de 168.38 kg/cm<sup>2</sup> con 15% de fibra de PET, siendo mayor a los del grupo 1,2 y 3. Comparando con los resultados de la

presenta investigación cuya compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28, presenta mayor compresión que las dosificaciones de 60%: 40%, 70% 30% respectivamente a los 3, 7, 14 y 28 días. La mínima diferencia de los resultados de esta investigación es que los ladrillos fueron elaborados a base de plástico fundido y arena, siendo más resistentes a los presentados por los autores mencionados.

En comparación lo que menciona Echevarría (2017) en su investigación titulada: *"Ladrillos de concreto con plástico PET Reciclado"*. Presenta resultados con las 5 dosificaciones de prueba a las edades de 7, 14 y 28 días, la mayor resistencia mayor fue a los 28 días con una resistencia de 161.96 kg/cm<sup>2</sup> siendo la mayor obtenida comparada a los 7 y 14 días cuyas resistencias a la compresión son de 127.08 kg/cm<sup>2</sup> y 118.80 kg/cm<sup>2</sup>. Comparando con los resultados de la presenta investigación coincidimos en que la mayor compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28, presenta mayor compresión que las dosificaciones de 60%: 40%, 70% 30% respectivamente a los 3, 7, 14 y 28 días. Pero la diferencia de los resultados de resistencia a la compresión radica en que Echevarría (2017) realizó las pruebas en ladrillos que fueron elaborados a base de concreto con plástico reciclado para tener la mayor resistencia posible y en esta investigación que se presenta mayor resistencia por la resistencia de la arena y plasticidad del plástico.

En comparación lo que mencionan Coronel y Dueñas (2020) en su investigación: *"Evaluación de las propiedades de ladrillo de concreto con la sustitución parcial de la arena por plástico reciclado PET"*. Los autores presentan como resultados que se logró determinar que la resistencia a la compresión fue de 65 kg/cm<sup>2</sup>, en cada el ladrillo con adición de PET de

0.75 de PET y 0.25 de arena, siendo la mayor resistencia respecto a las otras dosificaciones de 0.25 y 0.5 de PET. Comparando con los resultados de esta investigación coincidimos en que la mayor resistencia a la compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, de los ladrillos de la dosificación 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28. La diferencia de los resultados radica en que Coronel y Dueñas (2020), sustituyeron a la arena por el plástico en los ladrillos de concreto y aplicado a esta investigación los materiales utilizados solo fueron a base de plástico fundido y arena (aportando la mayor resistencia a la compresión).

En comparación lo que menciona Pinedo (2019) en su investigación: *"Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018"*. Como resultados de la resistencia a la compresión sin adición de PET a los 28 días, fue 220 Kg/cm<sup>2</sup>, y en el ensayo con adición de PET al 1.5 se obtuvo y 151.31 Kg/cm<sup>2</sup>, expresado de otra forma a más porcentaje de PET reciclado menguará la resistencia a la compresión de la muestra. Comparando con los resultados de esta investigación contrariamente en que la mayor resistencia a la compresión es cuando se añade el 50% de plástico fundido a la muestra original (68.585 kg/cm<sup>2</sup>) con la cual se ha obtenido una resistencia a la compresión 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, en el día 28.

En comparación lo que menciona Camacho y Mena (2018) en su tesis titulada: *"Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional"*. Como resultados presentan que: en la elaboración de ladrillos, se observó que a mayor cantidad de cemento se obtiene mayor capacidad de resistencia a la compresión; optando por un 0.2 de cemento dando como resultado una resistencia de 5,67Mpa a los 28 días. Comparando con los resultados de la presente investigación coincidimos en que la mayor compresión es 168.734 kg/cm<sup>2</sup>, cuya composición

de los ladrillos tiene una dosificación de 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28. La diferencia de los resultados radica en que Camacho y Mena (2018) utilizan componentes como cáscara de arroz, ceniza, suelo y cemento y en esta investigación los ladrillos solo se utilizó plástico fundido y arena.

Respecto a las **implicancias**, los resultados obtenidos en la dosificación de 50%: 50% a base de plástico fundido y arena para el día 28 muestran el mayor efecto en la resistencia a la compresión que produce la adición de plástico fundido en los ladrillos, siendo la dosificación óptima la del 50%: 50% a base de plástico fundido y arena; superando en un 146.046% con respecto a la muestra patrón.

Respecto a la implicancia teórica, su contribución establece la mejora de las propiedades físicas y mecánicas en los ladrillos a base de plástico fundido y arena y permiten seguir elaborando ladrillos cuyo material sea reciclaje. Además, los resultados presentados en esta investigación permiten identificar mejor la óptima adición de plástico fundido para la fabricación de las unidades de albañilería, cuyas dosificaciones para un ladrillo de 50% - 50% es de 1.50kg de plástico y 1.50kg de arena, para un ladrillo de 60% - 40% es de 1.80kg de plástico y 1.20kg de arena y para un ladrillo de 70% - 30% es de 2.10kg de plástico y 0.90kg de arena, siendo la dosificación óptima la de 50% - 50% para ser utilizados en sector de construcción.

La implicancia práctica, se refiere a la contribución de conocer las propiedades mecánicas de los ladrillos elaborados a base de plástico fundido con arena, en cuanto a la resistencia a la compresión se obtuvieron los siguientes resultados ensayados a los 28 días de haber sido elaborados en las diferentes dosificaciones 50% - 50% (168.735 kg/cm<sup>2</sup>), 60% -

40% (148.560 kg/cm<sup>2</sup>) y 70% - 30% (139.647 kg/cm<sup>2</sup>), con respecto a las resistencias obtenidas se puede clasificar por un ladrillo tipo IV, estos funcionan como muros de alta resistencia y durabilidad soportando grandes cargas sin deformarse. Son utilizados para construcciones de albañilería confinada en condiciones de servicio particularmente rigurosas, teniendo en cuenta la zona sísmica que presenta la ciudad de Cajamarca se puede utilizar dicho ladrillo en construcciones de hasta 3 pisos. Según la NTP-E070.

Implicancia investigativa, permite seguir investigando la resistencia a la compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en diversas dosificaciones y tipos de plástico, quedando abierta la posibilidad de mejorar los resultados de esta investigación.

Implicancia económica, permite lograr un ahorro económico porque el plástico es obtenido a base de reciclaje que está al alcance de todos los usuarios, con lo cual se puede elaborar ladrillos a base de plástico fundido con un gasto 0.56 soles por ladrillo, de esa manera evitando gastos mayores a dichos usuarios o entidades.

Finalmente, el alcance de esta investigación fue elaborar ladrillos a partir de plástico fundido y arena, permitiendo obtener datos de resistencia a la compresión altos, obteniendo ladrillos de mejor calidad.



## CONCLUSIONES

Se elaboró los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones de 50%:50%; 60%:40; 70%.30%, de las cuales la mayor resistencia se obtuvo para la dosificación 50%:50% del día 28 (168.734 kg/cm<sup>2</sup>), con una variación de 146.046% con respecto a la muestra patrón. Concluyéndose que se demuestra la hipótesis inicialmente planteada, validados según la norma técnica E.070 y protocolos aprobados por la Universidad Privada del Norte.

Se determinó la resistencia a compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones de 50%:50%; 60%:40; 70%.30% respectivamente, obteniéndose la mayor resistencia en todos los casos el día 28 después de haber elaborado los ladrillos, para la dosificación 50%: 50 una fb de (168.734 kg/cm<sup>2</sup>), y se ubica en el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>; para la dosificación 60%: 40 una fb (148.560 kg/cm<sup>2</sup>), este valor se ubica entre el ladrillo de tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>) y para la dosificación 70%: 30 una fb (139.647 kg/cm<sup>2</sup>), valores que se ubica entre ladrillo de tipo I (50 kg/cm<sup>2</sup>) y por encima del tipo IV (130 kg/cm<sup>2</sup>), presentados en la tabla N° 1 de la normativa peruana E.070, siendo la mayor resistencia en la dosificación 50%:50%.

Se analizó las resistencias de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70%: 30% respectivamente, concluyéndose que la mayor resistencia se obtuvo el día 28 después de haber elaborado los ladrillos en la dosificación 50%:50% con una resistencia de 168.734 kg/cm<sup>2</sup>.

Se mejoró en un 146.021 % la resistencia a la compresión de los ladrillos a base de plástico fundido y arena en dosificaciones de 50%: 50%, 60%: 40%, 70%: 30%, concluyéndose que la mayor resistencia fue en la dosificación 50%:50%, obtenida el día 28 después de haber elaborado los ladrillos.

Se determino el presupuesto total por unidad de albañilería a base de plástico fundido y arena, obteniendo como resultado un costo total de S/. 0.56, concluyendo que es un costo factible para la población de la ciudad de Cajamarca.

## **RECOMENDACIONES**

A los egresados de Ingeniería Civil de la UPN, se recomienda realizar el cálculo de resistencia a la compresión triaxial para un estudio más completo de los ladrillos a base de plástico fundido y arena.

A los tesis de Ingeniería Civil sobre la resistencia a la compresión de ladrillos, tener en cuenta los resultados de esta investigación de la dosificación 50%:50% del día 28, cuya resistencia es mayor a la resistencia de la muestra patrón para elaborar ladrillos para construcción.

A los estudiantes de Ingeniería Civil, utilizar plástico fundido para la elaboración de ladrillos porque genera mayor resistencia a la compresión en consecuencia se obtiene ladrillos de mayor calidad.

## Referencias

- Abadzi, H. (2018). Ausentismo y más allá: pérdida de tiempo de instrucción y consecuencias, serie Policy Research Working Paper 4376. The World Bank, 23-67.
- Ambicho, Y (2022). *“Polietileno Fundido como Material Cohesivo de Adoquines para Pavimento Articulado en Zonas Urbanas Carentes de Servicios Básicos – Huancayo 2020”*. Tesis de Ingeniero Civil. Huancayo, Perú.
- Castro, K. (2019). *Fabricación de moldes de inyección de plásticos por medio de CAD/CAM/CAE: análisis de las variables asociadas a la reparación y fabricación de moldes de inyección de plásticos. Escuela especializada en ingeniería Itca-Fepade dirección de investigación y proyección social santa tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América.*
- Camacho, A & Mena M. (2018). *Diseño y fabricación de un ladrillo ecológico como material sostenible de construcción y comparación de sus propiedades mecánicas con un ladrillo tradicional*. Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito – Ecuador.
- Coronel, O. y Dueñas, J. (2020). *Evaluación de las propiedades de ladrillo de concreto con la sustitución parcial de la arena por plástico reciclado PET.*
- Cornejo, A. (2019). *Evaluación comparativa de las características físico – mecánicas de unidades de ladrillo tipo king kong de 18 huecos elaboradas en la ladrillera latesan con arcillas y arenas de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo-Cusco según la norma e.070. [Tesis de Tiulo Profesional]. Univerisdad Andina del Cusco, Cusco, Perú*

- Diez, M. (2021). *El reciclaje en la escuela recycling at school*. [Tesis de Maestro]. Universidad de Cantabria.
- Echevarría, E (2017). "*Ladrillos de concreto con plástico PET Reciclado*" Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca, Perú.
- Espinoza, I., & Pejerrey, K. (2018). *Propiedades mecánicas del ladrillo con escoria de acero para viviendas unifamiliares San Juan de Lurigancho-2018*. [Tesis de Título Profesional]. Repositorio de Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú
- García, D. (2018). "*Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto en el distrito de Bagua Grande – Amazonas*". Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca, Perú.
- Gamboa, D. (2017). *Determinación de la resistencia a la compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos king kong de concretos fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba*. [Tesis de Título Profesional]. Resositorio de Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Peru.
- Gordillo, C. (2020). *Evaluación de la resistencia a compresión de ladrillos ecológicos con aplicación de tereftalato de polietileno, Moyobamba, 2020*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba – Perú.
- Horna, R. (2022). *Resistencia de la compresión del ladrillo artesanal en el comportamiento estructural de una vivienda del Centro Poblado Blanca Varela*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho – Perú.

- Montero, J & Salinas, A (2020). *“Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo-2019”*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Trujillo, Perú.
- Muñoz, K. V. (2021). Viabilidad de la gestión ecoeficiente de los residuos plásticos domiciliarios en la parroquia “El Guayacán” del cantón Quevedo (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- NTP 339.185:2013 (2018). *“Agregados, secado, contenido de humedad”*. Lima-Perú
- Pérez, J. y Gardey, A. (2022). *Obra civil - Qué es, beneficios, definición y concepto*.
- Pinedo, J. (2019). *Estudio de resistencia a la compresión del concreto  $F'c= 210\text{kg/cm}^2$ , con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018*.
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima - Perú.
- Soto, G., & Sánchez, L. (2017). *Estudio comparativo de la resistencia a la resistencia a compresión, absorción y dimensionamiento de ladrillo rafo producido en Quimistán Chamelecón y Florida, Honduras*. Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras
- Zúñiga, A. (2018). *Ciencia e ingeniería de nuevos materiales en la fabricación de ladrillos mejorados tecnológicamente*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, España.

## Anexos

### Anexo 1: Panel fotográfico



*Foto 5: Selección del plástico para la elaboración de los ladrillos en las diversas dosificaciones*



*Foto 6: Recolección de plástico para elaborar los ladrillos de la dosificación 50:50 a base de plástico fundido y arena.*



*Foto 7: Fundición de plástico para la elaboración de las unidades de albañilería en diversas dosificaciones*



*Foto 8: Elaboración de las unidades de albañilería en las diversas dosificaciones a base de plástico fundido y arena.*





*Foto 9: Ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería.*



*Foto 10: Ensayo de variación dimensional de las unidades de albañilería en diversas dosificaciones.*





*Foto 11: Colocación de la capa de yeso en las diversas unidades de albañilería.*



*Foto 12: Muestras codificadas para el ensayo de resistencia a la compresión en diversas dosificaciones.*



Foto 13: Compresión de la unidad de albañilería de la dosificación 50%:50% a base de plástico fundido y arena.



Foto 14: Mayor resistencia a la compresión obtenida de la muestra de la dosificación 50%:50% a base de plástico fundido y arena.



*Foto 15: Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra de la dosificación 60%:40% a base de plástico fundido y arena.*



*Foto 16: Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra de la dosificación 70%:30% a base de plástico fundido y arena.*

**Resultados de los ensayos de Alabeo y variación dimensional**

**Tabla 12:** Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	2	2	4
M2 (60%: 40%)	4	0	2	0
M3 (70%: 30%)	0	5	0	2

Nota: Se presenta las variaciones en cada unidad ensayada en diversas dosificaciones en cuanto a la convexidad y concavidad. Además, se observa un caso donde la convexidad es mayor 5 en la dosificación de (70%: 30%), en los demás casos tanto en convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070; cabe resaltar que la convexidad es mayor que la concavidad.

**Tabla 13:** Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 3 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica		Largo: 200 mm						Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm																	
Unid	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)																		
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho										
M1	224.1	223.2	224.0	224.1	224.1	223.2	223.8	133.5	134.2	133	133.3	134.1	135.03	133.8	86	85.23	86.6	84	84.2	84.81	85.15										
M2	224.2	224.1	223.0	223	223.1	223.1	223.4	134.5	133.9	134	133.3	133.3	134.03	133.8	86.2	85.02	85	85.2	83.1	84.21	84.8										
M3	223.1	223.1	224.0	224	224.1	224.4	223.8	133.3	134.7	133.1	134.4	134.1	134.62	134	86.4	86.02	85.9	84.3	84.9	85.22	85.46										
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		223.6822222						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						133.8872222						Altura Efectiva Prom Ho (mm)						85.13555556					
Desviación estándar		0.202761034						Desviación estándar						0.076036054						Desviación estándar						0.329462244					
Coeficiente de Variación		0.000906469						Coeficiente de Variación						0.000567911						Coeficiente de Variación						0.003869855					
Longitud de Fábrica		200						Longitud de Fábrica						130						Longitud de Fábrica						90					
Variación Dimensional		-11.84111111						Variación Dimensional						-2.99017094						Variación Dimensional						5.404938272					

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra patrón para las diversas dosificaciones, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

**Tabla 14:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 3 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	2	2	0
M2 (50%: 50%)	0	0	0	0
M3 (50%: 50%)	0	2	1	0
M4 (50%: 50%)	4	0	0	2
M5 (50%: 50%)	0	1	1	4

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070; cabe resaltar que la convexidad es mayor que la concavidad en la mayoría de los casos.

**Tabla 15:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 3 días de haber sido elaborados.

UN D	Dimensiones de fábrica							Largo: 200 mm							Ancho: 130 mm							Alto: 90 mm						
	Longitud Efectiva (mm)							Ancho Efectivo (mm)							Altura Efectiva (mm)													
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho							
M1 (50%: 50%)	201.3	201.4	200.2	200.9	201.3	201.3	201.1	133	131.5	133.3	132.3	131.99	132.2	132.4	94.3	91.84	91	92.4	93.1	92.4	92.5							
M2 (50%: 50%)	203.4	203.5	200.4	201.5	202.5	200.9	202	130.3	133.2	132.3	131.9	132.73	132.1	132.1	92	92.51	91.4	92	92.2	92.8	92.1							
M3 (50%: 50%)	202.5	201.8	203.3	202.2	202.7	203.1	202.6	131.2	130.1	134.3	131.9	130.23	131.6	131.5	91.4	92.38	92.6	92.1	92	91.6	92.2							

50 (50 %: 50 %)	204	200	201.	202	202	201	202.	131	132	134	132.	131.	132.	132	92	93.	90	91.	92	90.9	91
50 (50 %: 50 %)	.1	.9	2	.3	.9	.2	1		.4	.2	5	68	4	.4		22	.3	9	.4	6	.8
M4																					
50 (50 %: 50 %)	203	201	202.	201	202	201	202.	132	132	133	132.	132.	132.	132	92.	91.	91	91.	91	91.1	91
50 (50 %: 50 %)	.5	.7	4	.6	.1	.9	2	.9	.1	.2	7	82	2	.7	4	53	.2	7	.8	7	.6
M5																					
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)	201.993			Ancho Efectivo Prom Ao (mm)	132.2063333			Altura Efectiva Prom Ho (mm)	92.005												
Desviación estándar	0.564576291			Desviación estándar	0.423593096			Desviación estándar	0.340699852												
Coefficiente de Variación	0.002795029			Coefficiente de Variación	0.00320403			Coefficiente de Variación	0.003703058												
Longitud de Fábrica	200			Longitud de Fábrica	130			Longitud de Fábrica	90												
Variación Dimensional	-0.9965			Variación Dimensional	-1.697179487			Variación Dimensional	-2.227777778												

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 3 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud, ancho y alto son menores que las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 16:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 3 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (60%: 40%)	6	0	4	0
M2 (60%: 40%)	0	2	0	4
M3 (60%: 40%)	2	0	2	2
M4 (60%: 40%)	0	0	0	0
M5 (60%: 40%)	2	4	2	2

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 17:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 3 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica		Largo: 200 mm					Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm								
U ND	Longitud Efectiva (mm)					Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1 (60% : 40%)	202.4	201.5	202.1	202	202.1	201	201.9	132	130.4	131.5	130.8	131	131	131	91.8	93.1	91.3	92.1	91.5	91.9	92
M2 (60% : 40%)	203.2	202.5	201.3	202.3	201.3	202	202.1	130.2	133.3	131.9	130.9	132	132	90	92	92.4	91.5	90.1	91.2	91	91
M3 (60% : 40%)	203.8	204.3	203	203.7	203.5	204	203.7	131	132.3	131.7	131.1	132	132	91.7	91.7	94	92.1	91.9	92.3	92	92
M4 (60% : 40%)	203.4	202.9	203.8	203.3	202.9	203	203.2	130.3	131.5	131.5	130.3	131	131	91.7	90.7	90.4	90.9	91.9	91.2	91.1	91
M5 (60% : 40%)	203.5	203.7	204.3	203.8	204.1	203	203.8	132	132.3	132.1	131.4	132	132	93	91.7	91.7	92.2	92.6	91.2	91.2	92
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)					202.935		Ancho Efectivo Prom Ao (mm)					131.5551			Altura Efectiva Prom Ho (mm)			91.735			
Desviación estándar					0.870164416		Desviación estándar					0.284375134			Desviación estándar			0.529794247			
Coeficiente de Variación					0.004287897		Coeficiente de Variación					0.002161643			Coeficiente de Variación			0.005775268			
Longitud de Fábrica					200		Longitud de Fábrica					130			Longitud de Fábrica			90			
Variación Dimensional					-1.4675		Variación Dimensional					-1.196230769			Variación Dimensional			-1.927777778			

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 3 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud, ancho y alto son menores que las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 18:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 3 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (70%: 30%)	0	0	2	2
M2 (70%: 30%)	4	2	2	0
M3 (70%: 30%)	0	0	0	0
M4 (70%: 30%)	2	0	2	0
M5 (70%: 30%)	0	4	0	2

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 19:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 3 días de haber sido elaborados.

Dimensione s de fábrica	Largo: 200 mm						Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm																							
UN D	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)																							
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho															
M1 (70%: 30%)	20	202	20	20	201	20	202.1	132	133	13	132	13	132	132	92.	92.	92.	92.	92.	91.	92.															
	3.5	.3	1.4	2.5	.23	1.9	3	.24	.73	2.3	.8	2.6	.3	.65	1	2	42	25	43	38	14															
M2 (70%: 30%)	20	203	20	20	202	20	202.9	131	131	13	132	13	131	132	89.	91.	93.	91.	89.	91.	91.															
	4.4	.1	2.3	3.3	.12	2.2	1	.34	.27	4.1	.2	1.7	.9	.09	9	37	12	47	82	38	18															
M3 (70%: 30%)	20	205	20	20	201	20	202.9	134	132	13	132	13	131	132	91.	93.	91.	92.	92.	93.	92.															
	5.5	.4	1.1	3.1	.43	1.1	36	.54	.32	1.4	.7	2.3	.2	.41	4	14	56	03	2	32	27															
M4 (70%: 30%)	20	203	20	20	202	20	203.6	131	131	13	132	13	131	131	93.	89.	90.	91.	91.	90.	91.															
	4.5	.3	5.3	2.9	.67	3.2	57	.26	.95	2.4	132	1.8	.4	.81	3	82	27	14	37	63	09															
M5 (70%: 30%)	20	204	20	20	203	20	203.5	133	133	13	132	13	132	133	90.	92.	92.	91.	93.	92.	92.															
	5.3	.1	3.5	3.2	.19	2.1	7	.49	.23	3.8	.3	3.1	.2	.02	6	43	43	83	14	14	1															
	Longitud Efectiva Prom Lo (mm)						203.0405333						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						132.397						Altura Efectiva Prom Ho (mm)						91.756					



Desviación estándar	0.615831218	Desviación estándar	0.470844985	Desviación estándar	0.570585226
Coficiente de Variación	0.003033046	Coficiente de Variación	0.003556312	Coficiente de Variación	0.006218506
Longitud de Fábrica	200	Longitud de Fábrica	130	Longitud de Fábrica	90
Variación Dimensional	-1.520266667	Variación Dimensional	-1.843846154	Variación Dimensional	-1.951111111

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud, ancho y alto son menores que las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 20:** Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	2	0	0	2
M2 (60%: 40%)	0	4	4	0
M3 (70%: 30%)	0	2	0	4

Nota: Se presenta las variaciones en cada unidad ensayada en diversas dosificaciones en cuanto a la convexidad y concavidad. Además, se presenta en todos los casos tanto en convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E070; cabe resaltar que la convexidad es mayor que la concavidad.

**Tabla 21:** Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo:	200	mm	Ancho:	130	mm	Alto:	90	mm													
U	Longitud Efectiva (mm)							Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)								
ND	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho	
M1	22 3.5	224. 2	22 3.2	22 2.4	22 2.5	222. 32	223	1 3 5	134. 23	1 3 1	130. 29	13 3.1	13 2	13 2.5	84.2 2	84. 23	85. 62	84.0 3	83. 29	84.8 1	84 .4	
M2	22 1.3	223. 3	22 4.3	22 1.2	22 1.4	222. 64	222. 3	1 3 2	131. 42	1 3 1	131. 14	13 4.8	13 3	13 2.2	83.2 2	85. 02	83. 01	85.2 1	83. 12	83.2 1	83 .8	
M3	22 4.1	222. 3	22 2	22 4.2	22 4.1	223. 62	223. 4	1 3 3	132. 62	1 3 2	133. 01	13 3	13 1	13 2.4	85.4 2	84. 02	83. 86	84.3 3	84. 14	85.2 1	84 .5	
	Longitud Efectiva Prom Lo (mm)							222.9194444	Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						132.3383333	Altura Efectiva Prom Ho (mm)						84.22055556
	Desviación estándar							0.531040209	Desviación estándar						0.164223763	Desviación estándar						0.371387538
	Coeficiente de Variación							0.002382207	Coeficiente de Variación						0.001240939	Coeficiente de Variación						0.004409702
	Longitud de Fábrica							200	Longitud de Fábrica						130	Longitud de Fábrica						90
	Variación Dimensional							-11.45972222	Variación Dimensional						-1.798717949	Variación Dimensional						6.421604938

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra patrón a los 7 días de haber sido elaborados para las diversas dosificaciones, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

**Tabla 22:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 7 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	2	2	0
M2 (50%: 50%)	4	0	6	0
M3 (50%: 50%)	0	1	0	5
M4 (50%: 50%)	1	0	4	0
M5 (50%: 50%)	0	5	0	1

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 23:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 7 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: 200 mm							Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm							
UN D	Longitud Efectiva (mm)							Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)							
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1 (50%: 50%)	20.0.3	20.1	20.0.3	20.1.7	19.9.8	19.9.3	200.4	13.2.2	130.34	13.2.2	131	13.2.2	130.54	131.43	84.3	81.3	84.76	83.8	83.23	83.2.5	83.4
M2 (50%: 50%)	20.1.2	20.0	20.1.3	20.2.1	19.9.9	19.9.3	200.7	13.0.2	133.24	13.2.4	130.2	13.1.1	131.03	131.37	86.3	82.22	82.41	82.3	82.31	84.2.3	83.3
M3 (50%: 50%)	20.2.3	20.2	20.2	19.9.4	20.0.6	20.0	201.1	13.1.3	131.51	13.2.7	130.8	13.3.2	131.47	131.83	87.4	82.37	84.82	81.4	82.3	81.7.5	83.3
M4 (50%: 50%)	20.2.8	20.1	20.1	20.1.3	20.1.3	19.9.8	201.3	13.1.3	131.61	13.2.3	131.5	13.0.4	131.22	131.39	87.2	83.42	87.51	83.4	81.48	83.3.8	84.4
M5 (50%: 50%)	20.1.4	20.2	20.2.2	20.2.7	19.9.9	20.0.2	201.5	13.1.5	132.49	13.2.4	131.7	13.2	133.5	132.28	86.3	87.41	87.31	82.3	83.02	81.4	84.6
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		200.9826667					Ancho Efectivo Prom Ao (mm)					131.6591			Altura Efectiva Prom Ho (mm)			83.82333333			
Desviación estándar		0.424158644					Desviación estándar					0.395943171			Desviación estándar			0.640069441			
Coeficiente de Variación		0.002110424					Coeficiente de Variación					0.003007336			Coeficiente de Variación			0.007635934			
Longitud de Fábrica		200					Longitud de Fábrica					130			Longitud de Fábrica			90			
Variación Dimensional		-0.491333333					Variación Dimensional					-1.276230769			Variación Dimensional			6.862962963			

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 7 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y la dimensión alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 24:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 7 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (60%: 40%)	2	0	2	0
M2 (60%: 40%)	4	2	0	5
M3 (60%: 40%)	0	0	4	0
M4 (60%: 40%)	1	2	0	0
M5 (60%: 40%)	0	5	1	6

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070, se observa también que la convexidad es mayor a la concavidad en la mayoría de los casos.

**Tabla 25:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 7 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: 200 mm						Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm								
	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)								
UN	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1 (60%: 40%)	201.7	199.8	199.3	201.11	200.3	200.0	200.4	131.1	132.22	133.05	132.2	133.23	132.2	131.758	83.81	83.23	83.25	84.31	81.3	84.71	83.4
M2 (60%: 40%)	202.1	199.9	199.3	200.31	201.2	200.1	200.7	131.02	131.13	133.1	130.2	133.32	132.4	131.373	82.34	82.31	84.23	86.31	82.22	82.41	83.3
M3 (60%: 40%)	199.2	200.6	200.0	202.25	202.3	200.2	201.1	132.98	133.21	133.15	131.3	133.35	132.7	131.996	81.35	82.3	81.75	87.43	82.35	84.82	83.3
M4 (60%: 40%)	200.3	201.0	199.8	201.31	202.8	200.1	201.0	131.15	130.42	133.12	131.3	133.16	132.3	131.387	83.4	81.48	83.38	87.23	83.42	87.51	84.4
M5 (60%: 40%)	202.7	199.9	200.2	203.36	201.4	200.2	201.6	131.17	132.02	133.35	131.5	133.25	132.4	132.282	82.32	83.02	81.4	86.32	87.41	87.31	84.6
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						Altura Efectiva Prom Ho (mm)									
200.9616667						131.7591						83.821									

Desviación estándar	0.464456074	Desviación estándar	0.392582468	Desviación estándar	0.641947558
Coefficiente de Variación	0.002311168	Coefficiente de Variación	0.002979547	Coefficiente de Variación	0.007658553
Longitud de Fábrica	200	Longitud de Fábrica	130	Longitud de Fábrica	90
Variación Dimensional	-0.480833333	Variación Dimensional	-1.353153846	Variación Dimensional	6.865555556

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 7 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y la dimensión alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 26:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 7 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (70%: 30%)	0	0	0	0
M2 (70%: 30%)	2	0	0	0
M3 (70%: 30%)	0	1	1	4
M4 (70%: 30%)	4	0	0	0
M5 (70%: 30%)	0	0	0	0

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 27:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 7 días de haber sido elaborados.

UN D	Largo: 200 mm						Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm								
	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L Lo	A1	A	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho	
	6						2														
M1 (70%: 30%)	20	199.	19	20	20	20	201	130	130	13	131	132	130	131	85.	82.	85.	91.	93.	91.	88
	1.7	23	9.8	2.4	1.5	2.1	.1	.34	.23	1.2	.8	.33	.4	.05	24	75	62	78	1	32	.3
M2 (70%: 30%)	20	199.	19	20	20	20	201	130	130	13	132	130	133	131	84.	81.	84.	90.	92.	92.	87
	2.3	62	9.3	3.2	2.5	1.3	.4	.64	.3	0.9	.2	.24	.3	.27	32	44	04	02	03	42	.4
M3 (70%: 30%)	20	197.	19	20	20	20	201	129	129	13	131	131	132	130	83.	83.	82.	91.	91.	94.	87
	1.9	99	8.9	3.8	4.3	3	.7	.38	.92	1.6	.4	.25	.3	.97	22	57	69	74	74	01	.8
M4 (70%: 30%)	20	198.	19	20	20	20	201	130	130	12	132	130	131	130	86.	85.	83.	91.	90.	90.	88
	1	32	9.4	3.4	2.9	3.8	.5	.92	.34	9.8	.6	.25	.5	.91	1	62	23	72	72	36	
M5 (70%: 30%)	20	198.	19	20	20	20	201	131	130	13	132	131	132	131	84.	82.	87.	93.	91.	91.	88
	2.6	79	8.5	3.5	3.7	4.3	.9	.14	.73	0.1	.4	.63	.3	.39	69	94	02	03	72	73	.5
	Longitud Efectiva Prom Lo (mm)					201.5		Ancho Efectivo Prom Ao (mm)					131.1183333			Altura Efectiva Prom Ho (mm)			87.99766667		
	Desviación estándar					0.287472221		Desviación estándar					0.204501426			Desviación estándar			0.441810668		
	Coeficiente de Variación					0.001426661		Coeficiente de Variación					0.001559671			Coeficiente de Variación			0.005020709		
	Longitud de Fábrica					200		Longitud de Fábrica					130			Longitud de Fábrica			90		
	Variación Dimensional					-0.75		Variación Dimensional					-0.86025641			Variación Dimensional			2.224814815		

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 7 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y la dimensión alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 28:** Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	0	2	0
M2 (60%: 40%)	2	2	0	4
M3 (70%: 30%)	0	4	5	0

Nota: Se presenta las variaciones en cada unidad ensayada en diversas dosificaciones en cuanto a la convexidad y concavidad. Además, se presenta en todos los casos tanto en convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 29:** Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: mm	Ancho: mm	Alto: mm																		
	200	130	90																		
Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)									
U	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1 (50%: 50%)	199.93	199.22	199.3	197.22	196.8	198.42	198.38	130.01	130.02	130.2	128.9	128.89	128.54	129.79	82	81.2	81.81	83.24	81	82.62	82
M2 (50%: 50%)	199.84	199.05	199.7	198.72	197.84	199.02	198.79	130.98	130.01	130.0	130.5	131.05	130.02	130.34	85.2	82.12	83.21	83.22	81.02	80.01	82.5
M3 (50%: 50%)	199.91	199.03	199.02	196.99	196.99	198.01	198.19	130.1	130.1	130.0	129.2	128.92	128.6	129.84	82.3	84.04	85.2	80.42	83.02	82.86	83
M4 (50%: 50%)	199.9	199.08	198.12	197.32	196.32	198.73	198.1	130.03	130.01	130.1.1	129	129.9	129.13	129.77	84.5	85.62	86.01	81.1	80.62	80.2	83
M5 (50%: 50%)	199.9	199.4	197.49	197.99	197.51	196.2	197.93	130.14	130.0	130.2.6	132.2	131.2.2	129.11	131.23	85.2	86.31	85.01	78.69	78.94	78.98	82.2
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.2786667					Ancho Efectivo Prom Ao (mm)		130.1913667						Altura Efectiva Prom Ho (mm)			82.525			
Desviación estándar		0.329172785					Desviación estándar		0.625574873						Desviación estándar			0.461270889			
Coeficiente de Variación		0.001660152					Coeficiente de Variación		0.004805041						Coeficiente de Variación			0.005589469			

Longitud de Fábrica	200	Longitud de Fábrica	130	Longitud de Fábrica	90
Variación Dimensional	0.860666667	Variación Dimensional	-0.147205128	Variación Dimensional	8.3055555556

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra patrón a los 14 días de haber sido elaborados para las diversas dosificaciones, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

**Tabla 30:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% 14 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	2	5	2	0
M2 (50%: 50%)	0	0	0	0
M3 (50%: 50%)	0	4	0	0
M4 (50%: 50%)	4	0	2	1
M5 (50%: 50%)	0	4	0	4

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070; cabe resaltar que la convexidad es mayor que la concavidad en la mayoría de los casos.

**Tabla 31:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 14 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: 200 mm	Ancho: 130 mm	Alto: 90 mm																							
U	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)													
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H1	H2	H3	H4	H5	H6		
M1 (50%: 50%)	199.3	199.22	199.3	197.22	196.8	198.42	130.38	130.01	130.02	130.2	128.9	128.89	82.54	81.79	81.82	81.81	83.24	81.81	82.62	82.82						
M2 (50%: 50%)	199.84	199.05	199.7	198.72	197.84	199.02	130.79	130.98	130.01	130.0	130.5	131.05	85.02	82.34	82.2	83.21	83.22	81.02	80.01	82.5						



M3 (50%: 50%)	19 9.1	199. 03	199 .02	196 .99	196 .99	198 .01	198. 19	13 1	13 1	13 0	129 .2	12 9.2	128. 6	129 .84	82. 3	84. 04	85. 2	80. 42	83. 02	82. 86	83
M4 (50%: 50%)	19 9	199. 08	198 .12	197 .32	196 .32	198 .73	198. 1	13 0.3	13 0.1	13 1.1	129 129	12 9	129. 13	129 .77	84. 5	85. 62	86. 01	81. 1	80. 62	80. 2	83
M5 (50%: 50%)	19 9	199. 4	197 .49	197 .99	197 .51	196 .2	197. 93	13 1.4	13 0	13 2.6	132 .2	13 2.2	129. 11	131 .23	85. 2	86. 31	85. 01	78. 69	78. 94	78. 98	82 .2
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.2786667				Ancho Efectivo Prom Ao (mm)		130.1913667				Altura Efectiva Prom Ho (mm)		82.525							
Desviación estándar		0.329172785				Desviación estándar		0.625574873				Desviación estándar 0.461270889									
Coeficiente de Variación		0.001660152				Coeficiente de Variación		0.004805041				Coeficiente de Variación 0.005589469									
Longitud de Fábrica		200				Longitud de Fábrica		130				Longitud de Fábrica 90									
Variación Dimensional		0.860666667				Variación Dimensional		-0.147205128				Variación Dimensional 8.305555556									

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 14 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y la dimensión alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 32:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 14 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (60%: 40%)	2	0	2	0
M2 (60%: 40%)	0	4	4	0
M3 (60%: 40%)	2	0	0	1
M4 (60%: 40%)	4	0	0	0
M5 (60%: 40%)	0	4	0	4

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 33:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 14 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica		Largo: 200 mm						Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm									
U ND	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)										
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho	
M1 (60%: 40%) )	198.11	198.03	198.89	198.86	198.73	198.13	198.43	198.13	130.02	130.23	130.01	130.22	130.13	130.2	130.85	81.1	81.79	81.86	81.2	81.4	81.6	81.21	
M2 (60%: 40%) )	199.43	198.28	198.83	198.86	198.17	198.16	198.5	198.0	130.54	130.07	130.45	130.34	130.4	130.74	81.3	82.03	82.4	81.2	81.2	82.2	81.23		
M3 (60%: 40%) )	197.87	199.35	198.94	198.92	198.66	198.14	198.76	198.91	129.31	129.91	129.27	129.03	129.3	129.33	79.5	80.14	79.8	80.80	79.2	79.99	79.767		
M4 (60%: 40%) )	198.65	199.14	198.81	198.84	198.08	198.27	198.45	198.93	129.48	129.97	129.26	128.92	129.7	129.4	80.9	80.37	80.3	80.3	80.2	80.34	80.375		
M5 (60%: 40%) )	198.84	199.25	198.94	198.92	198.72	196.04	198.58	198.13	131.04	131.12	131.14	131.02	132.6	131.21	83.4	81.26	81.2	82.3	82.3	83.36	82.312		
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.5416667						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						130.304						Altura Efectiva Prom Ho (mm)		80.98266667	
Desviación estándar		0.134551725						Desviación estándar						0.876291586						Desviación estándar		1.029543858	
Coeficiente de Variación		0.0006777						Coeficiente de Variación						0.006724978						Coeficiente de Variación		0.012713139	
Longitud de Fábrica		200						Longitud de Fábrica						130						Longitud de Fábrica		90	
Variación Dimensional		0.729166667						Variación Dimensional						-0.233846154						Variación Dimensional		10.01925926	

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 14 días de haber sido elaborados, cuya dimensión de fabrica respecto a la dimensión promedio de ancho es menor y la dimensión longitud y alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 34:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 14 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (70%: 30%)	0	0	2	4
M2 (70%: 30%)	4	2	0	0
M3 (70%: 30%)	0	6	2	1
M4 (70%: 30%)	4	0	2	4
M5 (70%: 30%)	0	0	0	0

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 35:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 14 días de haber sido elaborados.

U	Dimensiones de fábrica					Largo: 200 mm		Ancho: 130 mm						Alto: 90 mm																					
	Longitud Efectiva (mm)					Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)																							
ND	L1	L2	L3	L4	L5	L	Lo	A1	A	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H	H	H4	H	H6	Ho														
						6	2						2																						
M1 (70%: 30%)	199.2	198.42	19.86	19.3	19.8	19.9	198.833	129.83	128.23	128.4	130.03	131.07	133.4	130.16	83.41	80.3	82.0	79.7	83.2	79.81	81.4167														
M2 (70%: 30%)	199.14	199.32	19.9	19.9	19.8	20.0	199.0317	130.15	130.45	131.02	128.81	131.34	131.14	130.49	81.74	81.3	85.2	83.3	80.1	82.41	82.36167														
M3 (70%: 30%)	197.73	198.78	19.83	20.0	20.0	19.9	199.077	128.34	128.31	134.46	131.5	132.56	133.21	131.4	82.2	82.3	82.1	82.9	83.7	84.84	82.8935														
M4 (70%: 30%)	198.4	198.72	19.91	19.87	19.97	19.6	198.4633	129.73	130.02	129.24	131.63	132.15	131.9	130.78	80.12	80.5	80.2	83.5	83.6	84.61	82.10167														
M5 (70%: 30%)	198.14	198.52	19.86	19.93	19.59	19.6	197.767	131.43	130.24	129.3	132.53	133.21	133.61	131.72	82.6	84.4	79.8	85.8	88.3	83.7	84.045														
	Longitud Efectiva Prom Lo (mm)					198.6225333						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						130.908						Altura Efectiva Prom Ho (mm)						82.5627					

Desviación estándar	0.524640226	Desviación estándar	0.642920204	Desviación estándar	0.985454946
Coefficiente de Variación	0.002641393	Coefficiente de Variación	0.004911237	Coefficiente de Variación	0.011935837
Longitud de Fábrica	200	Longitud de Fábrica	130	Longitud de Fábrica	90
Variación Dimensional	0.688733333	Variación Dimensional	-0.698461538	Variación Dimensional	8.263666667

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 14 días de haber sido elaborados, cuya dimensión de fabrica respecto a la dimensión promedio de ancho es menor y la dimensión longitud y alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 36:** Resultados de ensayos de alabeo de la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	2	2	0
M2 (60%: 40%)	4	0	0	2
M3 (70%: 30%)	0	2	0	0

Nota: Se observa las variaciones en cada unidad ensayada en diversas dosificaciones en cuanto a la convexidad y concavidad. Además, se presenta en todos los casos tanto en convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 37:** Resultados de ensayos de variación dimensional de la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: 200 mm	Ancho: 130 mm	Alto: 90 mm																		
U ND	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1	220.12	220.34	22.4	22.2	22.3	22.0.3	220.2883	13.0.5	13.0.2	13.0.5	130.2	13.0.1	132.01	13.0.6	81.22	82.3	82.2	81.03	81.2	81.81	81.68
M2	220.64	220.05	22.0	22.5	22.2	22.0.4	220.3133	13.0.5	13.1	13.2	130.14	13.9.7	130.02	13.0.4	83.22	81.2	80.1	85.21	82.2	83.21	82.46
M3	220.09	220.32	22.0	22.0	22.0	22.0.0	220.0918	13.0.1	13.0.6	12.8.6	131.01	13.1.0	130.01	13.0.2	80.42	83.2	82.8	82.33	84.0	85.2	82.97

Longitud Efectiva Prom Lo (mm)	220.2311667	Ancho Efectivo Prom Ao (mm)	130.42	Altura Efectiva Prom Ho (mm)	82.37611111
Desviación estándar	0.121311926	Desviación estándar	0.180092569	Desviación estándar	0.65123245
Coefficiente de Variación	0.000550839	Coefficiente de Variación	0.001380866	Coefficiente de Variación	0.007905598
Longitud de Fábrica	200	Longitud de Fábrica	130	Longitud de Fábrica	90
Variación Dimensional	-10.11558333	Variación Dimensional	-0.323076923	Variación Dimensional	8.470987654

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de la muestra patrón a los 28 días de haber sido elaborados para las diversas dosificaciones, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de longitud y ancho son menores y en cuanto a la dimensión alto es mayor que las dimensiones promedio.

**Tabla 38:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% 28 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (50%: 50%)	0	5	2	0
M2 (50%: 50%)	1	0	4	0
M3 (50%: 50%)	0	0	0	5
M4 (50%: 50%)	6	0	0	4
M5 (50%: 50%)	0	4	0	4

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070; cabe resaltar que la convexidad es mayor que la concavidad en la mayoría de los casos.

**Tabla 39:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 28 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica	Largo: 200 m					Ancho: 130 mm					Alto: 90 m															
	Longitud Efectiva (mm)					Ancho Efectivo (mm)					Altura Efectiva (mm)															
U ND	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho					
M1 (50%: 50%)	198.3	199.1	199.1	199.7	199.7	199.7	198.9	130.0	131.1	133.4	129.5	128.2	128.06	130.7	80.2	80.7	81.81	81.41	82.03	82.01	83.52					
M2 (50%: 50%)	198.0	199.0	197.7	199.3	199.7	199.7	198.9	128.8	131.34	131.1	130.02	130.45	130.02	130.27	83.3	80.12	82.41	80.34	81.04	80.23	81.24					
M3 (50%: 50%)	200.0	200.0	199.22	199.88	199.8	199.8	199.07	132.5	132.81	133.21	129.34	128.31	128.46	130.77	84.9	84.81	85.001	80.24	82.02	82.16	83.19					
M4 (50%: 50%)	199.7	199.5	196.11	199.7	199.8	199.8	197.81	131.6	132.11	131.9	129.35	130.02	128.24	130.54	84.5	83.62	84.61	80.12	80.42	80.21	82.24					
M5 (50%: 50%)	195.0	199.5	196.11	199.85	199.9	199.9	196.8	132.5	133.91	133.61	131.03	130.24	129.3	131.77	85.8	88.31	88.7	79.6	79.34	79.48	83.54					
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.1048667					Ancho Efectivo Prom Ao (mm)					130.6846667					Altura Efectiva Prom Ho (mm)					82.15136667				
Desviación estándar		0.78348568					Desviación estándar					0.662775519					Desviación estándar					1.274700904				
Coeficiente de Variación		0.003954904					Coeficiente de Variación					0.005071563					Coeficiente de Variación					0.015516491				
Longitud de Fábrica		200					Longitud de Fábrica					130					Longitud de Fábrica					90				
Variación Dimensional		0.947566667					Variación Dimensional					-					Variación Dimensional					8.720703704				

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 50% y arena 50% a los 28 días de haber sido elaborados, cuya dimensión de fábrica respecto a la dimensión promedio de ancho es menor y la dimensión longitud y alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 40:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 28 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (60%: 40%)	6	0	2	0
M2 (60%: 40%)	5	0	0	4
M3 (60%: 40%)	2	0	0	1
M4 (60%: 40%)	0	1	0	0
M5 (60%: 40%)	0	4	0	1

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 41:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 28 días de haber sido elaborados.

Dimensiones de fábrica		Largo: 200 mm		Ancho: 130 mm		Alto: 90 mm																	
UN D	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)										
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho		
M1 (60%: 40%)	196.81	197.84	198.84	197.64	199.41	198.32	198.1	130.2	130.12	130.07	130.17	130.03	130.21	130.02	79.8	77.6	79.2	79.79	78.73	79.81	79.032		
M2 (60%: 40%)	199.11	199.91	199.9	198.71	198.23	199.04	199	130.1	131.02	131.15	130.13	130.04	131.03	130.06	81.9	81.81	82.1	81.81	81.03	81.9	81.63		
M3 (60%: 40%)	198.2	198.76	198.8	199.46	198.01	198.07	198.4	129.9.5	130.51	129.9.8	130.08	129.34	129.06	129.9.7	79.3	77.3	78.9	79.79	79.04	79.32	78.88		
M4 (60%: 40%)	198.41	199.01	199.8.7	199.24	198.01	198.43	198.6	129.9.7	129.42	129.9.4	129.56	129.08	129.27	129.9.4	80.4	80.38	80.5	80.80	80.05	80.4	80.32		
M5 (60%: 40%)	199.72	199.2	199.6.2	198.28	199.03	197.29	198.3	130.2.2	134.02	131.5.7	131.07	132.02	133.6	131.3.1	84.3	84.22	83.3	83.83	81.02	84.32	83.367		
Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.484						Ancho Efectivo Prom Ao (mm)						130.62						Altura Efectiva Prom Ho (mm)		80.64566667	
Desviación estándar		0.355466438						Desviación estándar						1.464013699						Desviación estándar		1.884236362	
Coeficiente de Variación		0.001790907						Coeficiente de Variación						0.011208189						Coeficiente de Variación		0.023364384	
Longitud de Fábrica		200						Longitud de Fábrica						130						Longitud de Fábrica		90	

Variación Dimensional	0.758	Variación Dimensional	-0.476923077	Variación Dimensional	10.3937037
-----------------------	-------	-----------------------	--------------	-----------------------	------------

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 60% y arena 40% a los 28 días de haber sido elaborados, cuya dimensión de fabrica respecto a la dimensión promedio de ancho es menor y la dimensión longitud y alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 42:** Resultados de ensayos de alabeo de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 28 días de haber sido elaborados.

ESPECIMEN	CARA A		CARA A	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	(mm)		(mm)	
M1 (70%: 30%)	0	0	2	0
M2 (70%: 30%)	5	0	0	1
M3 (70%: 30%)	0	6	0	1
M4 (70%: 30%)	2	0	2	0
M5 (70%: 30%)	0	5	4	0

Nota: Se presenta la variación en cada unidad ensayada, se observa en todos los casos la convexidad y concavidad están dentro de la variación de la normativa peruana E.070.

**Tabla 43:** Resultados de ensayos de variación dimensional de los ladrillos a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 28 días de haber sido elaborados.

Dimensione s de fábrica	Largo: 200 mm	Ancho: 130 mm	Alto: 90 mm																		
U N D	Longitud Efectiva (mm)						Ancho Efectivo (mm)						Altura Efectiva (mm)								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Ao	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Ho
M1	190	197	198	192	193	193	198	12	12	12	130	13	132	128	83	82	82	81	81	81	81.9
0	6.8	22	8.4	9.2	9.3	9.3	817	8.9	0.2	8.5	2	0.1	01	.33	24	81	.6	03	.2	81	833
30	%:		2	2	3			4	3	4				7		2					3
M2	190	198	199	199	198	197	198	13	13	13	130	12	130	130	83	81	80	85	82	83	82.4
0	7.8	72	9.0	9.0	8.4	9.7	917	0.5	1	1.0	14	9.7	130	.41	22	.0	.0	21	.1	21	65
30	%:	4	2	5	2			4	1	2		6	02	3		2	1		2		
M3	190	196	198	199	199	198	198	12	12	12	131	13	130	129	80	83	82	82	84	85	82.9
0	6.9	99	8.0	9.0	9.0	9.0	867	9.1	8.6	8.6	01	1.0	130	.74	42	.0	.8	33	.0	2	783
30	%:	9	1	3	8	2		8	2	8.6		4	01	3		2	6		4		3



M 4 (7 0 %: 30 %)	19 6.3 2	197. 32	19 8.7 3	19 9.0 8	19 9.0 3	19 8.1 2	198.1	12 8.9 9	13 0	12 9.1 3	130. 12	13 0.3	131. 07	129 .93 5	81. 1	80 .6 2	80 .2	84. 51	85 .6 2	86. 01	83.0 1	
M 5 (7 0 %: 30 %)	19 7.5 1	197. 99	19 6.2	19 9.4	19 9.0 1	19 7.4 9	197.9 333	13 2.1 8	13 0.1 2	12 9.1 1	129. 95	13 1.3 5	132. 6	130 .88 5	78. 69	78 .9 4	78 .9 8	85. 2	86 .3 1	85. 01	82.1 883 3	
	Longitud Efectiva Prom Lo (mm)		198.2786667	Ancho Efectivo Prom Ao (mm)		129.8627	Altura Efectiva Prom Ho (mm)		82.525													
	Desviación estándar		0.329172785	Desviación estándar		0.96136473	Desviación estándar		0.461270889													
	Coficiente de Variación		0.001660152	Coficiente de Variación		0.007402932	Coficiente de Variación		0.005589469													
	Longitud de Fábrica		200	Longitud de Fábrica		130	Longitud de Fábrica		90													
	Variación Dimensional		0.860666667	Variación Dimensional		0.105615385	Variación Dimensional		8.305555556													

Nota: Se presenta los datos del ensayo respecto a la variación dimensional de las muestras a base de plástico fundido 70% y arena 30% a los 28 días de haber sido elaborados, cuyas dimensiones de fabrica respecto a las dimensiones promedio de ancho, longitud y alto es mayor a las dimensiones promedio del ensayo.

**Tabla 44:** Análisis de precios unitarios de la unidad de albañilería

Partida: 1.1.1 LADRILLOS							Rendimiento:500 und/Día
							Costo unitario por und <b>0.56</b>
Código	Cod. Elect.	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
<b>MANO DE OBRA</b>							<b>0.31</b>
470010001		operario	hh	0.5	0.004	21	0.08
470010004		peón	hh	2	0.016	14.56	0.23
<b>MATERIALES</b>							<b>0.24</b>
40010002		arena fina	m <sup>3</sup>	-	0.0011	80	0.09
430010029		leña	und	-	0.5	0.3	0.15
<b>EQUIPO</b>							<b>0.01</b>
370010001		herramientas manuales	%mo	-	3	0.31	0.01

Nota: Se presenta los recursos, cantidad y precios de la mano de obra, materiales y equipos utilizados para la elaboración de los ladrillos a base de plástico fundido con arena.