

Reforzamiento con Fibras de Polipropileno (HS-SikaFiber PE) en Módulos de Albañilería

Reinforcement with Polypropylene Fibers (HS-SikaFiber PE) in Masonry Modules

Ambrocio Mamani Cutipa^{a,*}, Juan Pedro Luciano Cortez Vargas^a & Juan Percy Mamani Cutipa^b

a Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Cusco, Perú. amamanic@continental.edu.pe

b Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Perú. jmamanic@unam.edu.pe

* Autor correspondencia

Recibido: 17 agosto 2021 / Recibido en formato revisado: 11 setiembre 2021 / Aceptado para publicación: 16 setiembre 2021 / Disponible en línea 18 de setiembre 2021

Resumen

Las edificaciones en la ciudad del Cusco están construidas en su mayor parte con muros de albañilería, en el cual, uno de los factores de mayor importancia es la adherencia del ladrillo – mortero; para lo cual, es necesario conocer la influencia que aporta la adición de fibras de polipropileno (HS-SikaFiber PE) en el mortero para el asentado del ladrillo; para evitar el agrietamiento y su mejora en la resistencia a compresión, con el uso de materiales de la zona. De igual manera, se determina el espesor óptimo de la junta en los muros de albañilería. Durante el proceso de experimentación se ha determinado que las propiedades físico – mecánicas, de los ladrillos, son inferiores a lo indicado en la norma E-070.

Palabras clave: Albañilería; fibras de polipropileno; muros de ladrillo.

Abstract

The buildings in the city of Cusco are built for the most part with masonry walls, in which one of the most important factors is the adherence of brick - mortar; For this, it is necessary to know the influence of the addition of polypropylene fibers (HS - SikaFiber PE) in the mortar for the laying of the brick; to avoid cracking and its improvement in resistance to compression, with the use of materials from the area. In the same way, the optimum thickness of the joint in the masonry walls is determined. During the experimentation process, it has been determined that the physical-mechanical properties of the bricks are lower than that indicated in the E-070 standard.

Keywords: Brickwork; brick walls.; polypropylene fibers.

1 Introducción

El estudio genera su importancia por su apoyo para un adecuado proceso constructivo en edificaciones, que hacen el uso de ladrillos en la construcción de sus muros; se observa que las edificaciones, en especial las viviendas populares de las ciudades al interior del país y en especial la ciudad del Cusco, no consideran el manejo adecuado de sus morteros para el asentado del ladrillo. En tal sentido; se observa deficiencias en los procesos constructivo de las viviendas familiares y algunas obras ejecutas por el gobierno regional y local.

A pesar que existir estudios relacionados a la preparación del mortero para el asentado de ladrillos, aún falta estudios sobre el comportamiento de los morteros de cemento con la adición de aditivos, como las Fibras de

Polipropileno; más aún, con los agregados que tienen diferentes características, según la ubicación de las canteras. “Unos de los inconvenientes de los morteros de cemento vienen a ser su alta retracción plástica, menor resistencia y su comportamiento frágil. Adicional a estas características es la escasa capacidad de deformación que presenta frente a cambios de temperaturas o deformaciones volumétricas. Entonces surge la idea de la adición de fibras a la mezcla del mortero de cemento, que conlleva a un aumento de la capacidad de absorción de energía del material, con el consiguiente aumento de la ductilidad y su resistencia a la fisuración” [1].

Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP – 334.001); la Contracción por secado es aquel decremento o disminución de la longitud de un espécimen de ensayo, que es causado por factores como: la temperatura, humedad

relativa y la velocidad de evaporación del entorno ambiental. La contracción considera una variedad de fenómenos inherentes con el incremento o decremento de la longitud de un espécimen de ensayo; durante el proceso de preparación del mortero de concreto y su aplicación, se presenta los procesos de hidratación del cemento según la variabilidad de la velocidad del tiempo de fraguado [2].

1.1 Albañilería confinada

Un sistema estructural de bastante uso en el país es la edificación con albañilería confinada, en donde los elementos de soporte son los muros, que deben amortiguar los esfuerzos cortantes; el confinamiento del muro es realizado por las columnas y vigas de arriostre de concreto armado; se diferencia del tipo aporticado, por que sus elementos de confinamiento no tienen las características de un pórtico. Entre sus características más resaltantes podemos considerar que su altura, según la norma E070, no supera los cinco niveles; presenta gran rigidez, sus distorsiones y desplazamientos laterales son mínimos, su falla por corte es frágil [3].

Debido a la naturaleza de sus elementos estructurales, y a la poca altura que suelen tener este tipo de edificaciones (muy pocas veces superan los tres pisos), la albañilería confinada es un sistema estructural de gran rigidez que, durante un evento sísmico, se caracteriza por tener desplazamientos laterales y distorsiones de entrepiso mínimos, además de presentar una falla frágil por esfuerzos de corte. Adicional, se tiene que las fuerzas cortantes sísmicas se distribuyen en los muros portantes de manera proporcional a su rigidez. En el análisis de la rigidez de los muros, de estas estructuras, se considera las deformaciones por flexión y corte; siendo de relevancia en el comportamiento sismorresistente, las deformaciones por corte [3].

1.2 Modos de comportamiento de los muros de albañilería

Los muros de albañilería confinada, que se encuentran sujetos a cargas horizontales sísmicas, desarrollan esfuerzos por Flexión, Corte y Flexo-cortante; su reacción y comportamiento de falla dependen de las condiciones de carga, su tipo de cimentación y de las cuantías de acero de sus elementos confinantes como son las vigas de arriostre y las columnas. Estos muros presentan grietas o colapsan cuando alcanzan su máxima capacidad de agrietamiento; de igual modo, dependen del tipo de mecanismo que desarrolla el muro frente a las acciones horizontales del sismo, que tienen carácter de cargas cíclicas; el cual domina su comportamiento lateral. Como consecuencia, pueden presentarse comportamientos frágiles e inestables, con niveles de deformación inelástica; o comportamientos dúctiles caracterizado por una deformación alta y una degradación controlada frente a dichas cargas cíclicas [4].

El colapso o falla por Flexión de un muro de albañilería, por acción de las cargas laterales, se caracteriza por presentar grietas en el mortero ubicado en la zona de

tensión a lo largo de las juntas, en donde el acero entra en fluencia; mientras que, en la zona opuesta se presenta la compresión y el aplastamiento de la mampostería. En el caso de las columnas, se produce el pandeo del acero longitudinal; entonces el colapso del muro de mampostería confinada se produce cuando: se presenta un agrietamiento horizontal elevado, el aplastamiento del concreto de las columnas, o cuando aparecen grietas a corte en el paño del muro [4].

Mientras que la falla por Corte en muros de albañilería, por acción de las cargas laterales del sismo, se produce por la tensión diagonal producida en los muros por las cargas laterales sísmicas; como resultado se tiene la formación de grietas diagonales que atraviesan el muro de albañilería y las juntas de mortero. Al continuar con el aumento de la deformación lateral del muro, la grieta diagonal se expande hasta llegar al concreto ubicado en la parte inferior de las columnas y la parte superior de la otra columna opuesta. Al llegar a las columnas la grieta diagonal, los esfuerzos generados de compresión, tensión y cortante en el concreto lleva a colapsar al muro de albañilería; es decir, una falla por corte implica falla por tensión diagonal [4].

1.3 Normativa de concreto reforzado con fibra

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.204), “Especificación normalizada del concreto reforzado con fibra”, en el ítem 5.1, que está basada en la Norma ASTM C1116/C1116M-10a; establece una clasificación según el tipo del material de la fibra incorporada, considerando cuatro categorías el I, II, III, y IV. El actual estudio está considerado como del Tipo III, “Concreto reforzado con fibras sintéticas”; clasificación que considera que el concreto contiene fibras sintéticas, cuya finalidad es asegurar su resistencia al deterioro, cuando el concreto este en contacto con la humedad y los álcalis presentes en la pasta de cemento y las sustancias presentes en mezclas a lo largo de la vida útil esperada de la estructura [5].

Según la NTP 339.204; en el ítem 7.1.8, considerando la responsabilidad de dar las proporciones de mezcla del concreto reforzado con fibras, se tiene tres alternativas la A, B, C, para lograr la calidad requerida. De igual manera, en el actual estudio se ha optado por la alternativa “A”. Por cuanto, es el comprador o usuario quien da los parámetros de diseño. Dentro de estos parámetros se considera el contenido, tipo y cantidad de cemento, en kilogramo por metro cubico o en porcentajes; la cantidad de agua, considerando la absorción y humedad de los agregados; el tipo, rango de dosificación de los aditivos; el tipo y cantidad de las fibras. Si se requiere el uso de aditivos químicos, indica el tipo y cantidad del aditivo [5].

1.4 Adición de fibras

En las construcciones de albañilería confinada, es frecuente el uso de morteros de cemento; el inconveniente surge por la aparición de fisuras y grietas por incompatibilidad de los materiales, por sus altas resistencias y rigideces, la aparición de eflorescencias por

su contenido de sales solubles, baja permeabilidad al agua, y un alto coeficiente de expansión térmica, que la mampostería base.

Posteriormente, como respuesta de mejora se ha considerado el uso de los morteros adicionados con cal, aérea o hidráulica, debido a su compatibilidad química, física y estructural con los ladrillos de mampostería. Además, la combinación de cemento y cal produce mayor permeabilidad con menor retención de agua; se logra mayor resistencia a tempranas edades y su fraguado resulta más rápido que la cal; con ello se reduce la incompatibilidad. El mayor problema de los morteros con cal hidráulica es su retracción plástica, menor resistencia, su comportamiento frágil y escasa capacidad de deformación [1].

Con los anteriores procedimientos, no se ha logrado la mejora de la calidad de los morteros; entonces, se incorpora fibras a la masa del mortero de cemento, el cual aumenta la capacidad de absorción de energía del material; con el consiguiente aumento de la ductilidad, resistencia a la fisuración, aumento de la capacidad del elemento antes de su falla. La adición de las fibras produce el aumento del aire y un cambio en la estructura del mortero endurecido; el incremento de la porosidad puede afectar la durabilidad de los morteros; porque, un sistema de degradación actúa de acuerdo al caudal de agua que atraviesa el mortero y controla la velocidad de ingreso de la humedad, que puedan contener sustancias químicas agresivas o degradarlos por estrés térmico [1].

2 Materiales y métodos

Para el Tamaño de la Muestra se ha considerado tres empresas fabricantes de ladrillo de la ciudad del Cusco: Latesa, El Mirador y Constructec, estas muestras están compuestas por ladrillos artesanales tipo King Kong.

Las Normas Técnicas consideradas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.
Normas técnicas

CODIGO	NOMBRE
NTP 399.613	Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería
NTP 399.621	Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería
NTP 339.204	Especificación normalizada del concreto reforzado con fibra
NTP 339.088	Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland
NTP 339.036	Practica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco
NTP 339.035	Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el Cono de Abrams
NTP 339.034	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas
NTP 339.033	Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra

ASTM C144-03	Standard Specifications for Aggregate for Masonry Mortar
ASTM C1314-03b	Standard test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms
ASTM C349-02	Standard test Method for Compressive Strength of Hydraulic – Cement Mortars
ASTM C109-C109M-11b	Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm (2 pulg) de lado.

Los Ensayos considerados en el estudio son: Ensayos por unidad, Ensayos de Compresión axial en Pilas, Ensayos de Compresión diagonal en Muretes; para espesores de las juntas de 0.75, 1.00 y 1.50 cm. Respecto a los Ensayos por Unidad considera las pruebas de Variabilidad dimensional, Alabeo, Succión, Absorción, Resistencia a la compresión, y ensayo de Porcentaje de Ranuras.

El tipo de investigación es Correlacional, tipo de diseño Experimental.

El tamaño de la muestra se ha determinado considerando un criterio de muestreo No probabilístico por conveniencia; siendo el siguiente:

Tabla 2.
Tamaño de la muestra – Unidad de albañilería

Ensayos por Unidad de albañilería	Unidades de albañilería
Variabilidad dimensional	10
Alabeo	10
Succión	5
Absorción	5
Resistencia a la compresión	5
Porcentaje de ranuras	5
Total	40

La tabla 2, muestra la cantidad de unidades de albañilería a considerar para cada uno de los ensayos considerados.

Tabla 3.
Tamaño de la muestra - Pilas y muretes

Ensayos	Espesor de mortero en junta	Muestra	Total
Compresión Axial en Pilas (f'm)	0.75 cm	3	9
	1.00 cm	3	
	1.50 cm.	3	
Compresión diagonal en muretes (V'm)	0.75 cm	3	9
	1.00 cm	3	
	1.50 cm.	3	

La tabla 3, muestra la cantidad de Pilas y muretes a considerar para cada uno de los ensayos propuestos, estos Pilas y muretes fueron construidos en laboratorio por el grupo de investigación.

Tabla 4.
 Tamaño de la muestra – Total

Ladrillera	Medidas de Unidades de albañilería	Ensayos		
		Unidad de albañilería	Compresión axial en Pilas	Compresión diagonal en muretes
Latesa	09x14x24 cm	40	9	9
El Mirador	10x14x24 cm	40	9	9
Constructec	09x14x24 cm	40	9	9
Total (unidades)		120	27	27

El tamaño de las muestras totales se detalla en la tabla 4, para cada tipo de fábrica (ladrillera) y cada tipo de ensayo considerado, sean por unidad de albañilería, Pilas y muretes. 120 unidades de albañilería, 27 Pilas y 27 muretes.



Figura 1. Unidad de albañilería.

La imagen muestra una unidad de albañilería (ladrillo) fabricado por los proveedores de materiales.



Figura 2. Pilas.

La imagen muestra un conjunto de Pilas de ladrillo, preparados por el investigador.



Figura 3. Muretes.

La imagen muestra un conjunto de Muretes de ladrillo, preparados por el investigador.

Para la recolección de datos se considera técnicas Directas e Indirectas; en las técnicas Indirectas, se recurre a las fuentes bibliográficas y opinión de expertos relacionados al tema. En relación a las técnicas Directas se considera: la seguridad en campo y laboratorio, la observación y toma de datos en laboratorio y el tratamiento de los datos. Los ensayos de laboratorio se han realizado considerando un Plan de ensayos para laboratorios; de igual manera, se hace uso de software SPSS, Minitab y las hojas de cálculo Excel.

La medición y trabajos en laboratorio como su análisis estuvo a cargo de un equipo de 05 personas, dirigido por un responsable de la investigación, asesor y personal de apoyo.

La metodología desarrollada en este estudio tiene un enfoque cuantitativo y descriptivo; considerando una etapa de campo, de laboratorio y el procesamiento de datos, según se muestra en la figura 2, con técnicas estadísticas. Se ha buscado comparar la producción de unidades de albañilería, en términos de sus propiedades físicas – mecánicas, en la ciudad del Cusco.

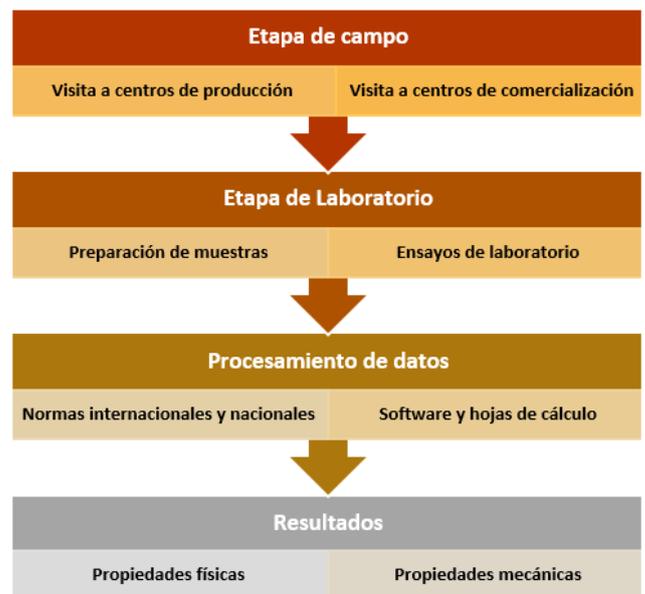


Figura 4. Metodología

Los ensayos se han realizado considerando los de carácter Físico y Mecánico. Los ensayos Físicos son: la Variabilidad dimensional, Alabeo, Succión, absorción. Los

ensayos Mecánicos consideran: la Compresión Axial en Pilas y la Compresión diagonal en muretes.

Respecto a la cantidad de la muestra, se ha determinado considerar según el tipo de ensayo: para los ensayos Físicos: 120 unidades de albañilería; para los ensayos de Resistencia mecánica: 27 unidades de Pilas y 27 unidades de muretes.

Para las observaciones en laboratorio se han contado con un Registro de la observación de las variables de la investigación. Los instrumentos empleados para el desarrollo de la investigación han sido: Balanza de precisión, Máquina de compresión simple, Vernier digital, Máquina para compresión diagonal de muretes, Horno de 110 ± 5 °C, Balanza electrónica con 0.01 g de precisión, Nivel de mano, Deformímetros, Regla metálica graduada en divisiones de 1 mm, Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200, Varilla de hierro liso de 5/8" de diámetro, Cubetas, Wincha y herramientas manuales para trabajos de albañilería.

En referencia al método de la investigación, los Protocolos de la investigación y las Guías de observación cumplen tres propósitos:

- Permite identificar las variables y sus relaciones.
- Preguntas preparadas para medir las variables.
- Descubrir los modelos y sus relaciones de las variables.

3 Resultados

Los resultados que se han obtenido son los siguientes:

- Variabilidad dimensional

La Variabilidad dimensional se ha obtenido para cada uno de las unidades de albañilería, midiendo su largo, ancho y altura. Luego comparando con las longitudes nominales estándar.

Tabla 5.
Variabilidad dimensional

Dimensiones	Ladrillera			
	Latesa	El Mirador	Constructec	
Largo	Promedio	242.001	240.300	238.049
	Nominal	240	240	240
	Var. (%)	0.83	0.12	-0.81
Ancho	Promedio	141.717	140.135	137.703
	Nominal	140	140	140
	Var. (%)	1.23	0.10	-1.64
Altura	Promedio	91.290	100.903	88.279
	Nominal	90	100	90
	Var. (%)	1.43	0.90	-1.91

Var.= Variabilidad dimensional

El porcentaje de Variabilidad dimensional, varía en el Largo desde un -0.81% (Constructec) hasta un 0.83% (Latesa); en su Ancho desde un -1.64% (Constructec) hasta un 1.23% (Latesa); y en su Altura desde un -1.91% (Constructec) hasta un 1.43% (Latesa).

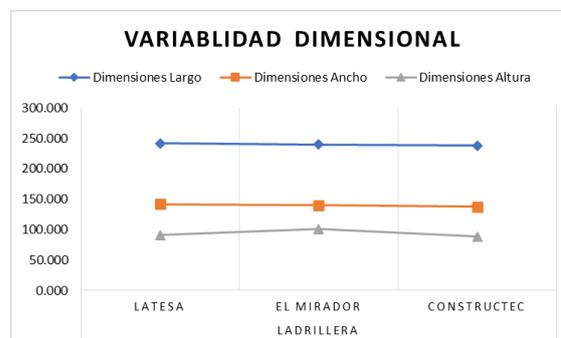


Figura 5. Variabilidad.

- Alabeo

El Alabeo se ha obtenido para cada uno de las unidades de albañilería, midiendo su mayor concavidad o convexidad del ladrillo.

Tabla 6.
Alabeo

Ladrillera	Alabeo (mm)		
	Largo	Ancho	Altura
Latesa	0.579	-0.755	-0.456
El Mirador	0.510	0.430	-0.370
Constructec	0.468	-0.178	-0.033

El Alabeo, varía en el sentido de Largo desde un 0.468 (Constructec) hasta un 0.579 (Latesa); en su Ancho desde un 0.430 (El Mirador) hasta un -0.755 (Latesa); y en su sentido de Altura desde un -0.456 (Latesa) hasta un -0.033 (Constructec). Se considera un Alabeo positivo cuando es Convexa y negativo cuando es Cóncava.

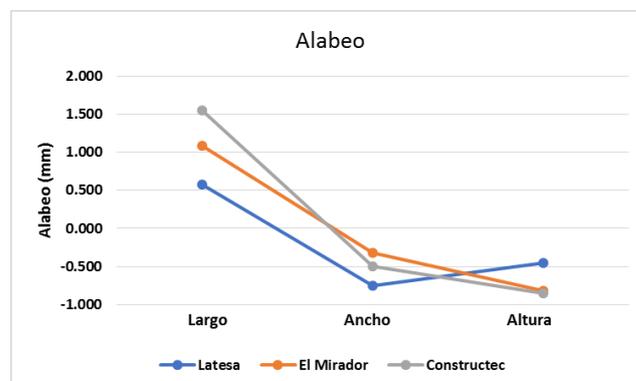


Figura 6. Alabeo.

- Succión

Es la medición de la absorción del agua del mortero de una unidad de albañilería, su cualidad es definir la adherencia entre el mortero y la unidad en la albañilería.

Tabla 7.

Succión

Ladrillera	Succión
Latesa	53.659
El Mirador	30.040
Constructec	36.384

gr
200 cm² × min

De acuerdo a la tabla 7, los ladrillos de la fábrica Latesa son los que tienen mayor capacidad de succión; mientras que las unidades de albañilería de Construtec succionan menos cantidad de agua del mortero.

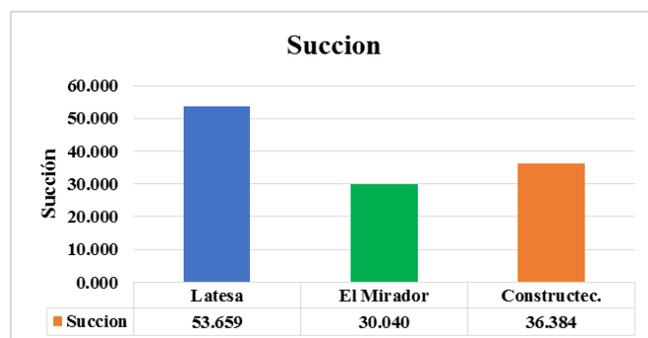


Figura 7. Succión.

– **Absorción**

Es la medición de la capacidad de absorción de agua de un ladrillo; se define como, la relación entre el peso de agua que absorbe y su peso propio en estado seco.

Tabla 8.

Absorción

Ladrillo	Absorción (%)
Latesa	13.915
El Mirador	13.781
Constructec	14.375

De acuerdo a la tabla 8, los ladrillos de la fábrica El Mirador son que tienen menor capacidad de absorción; mientras que las unidades de albañilería de Construtec absorben mayor cantidad de agua.

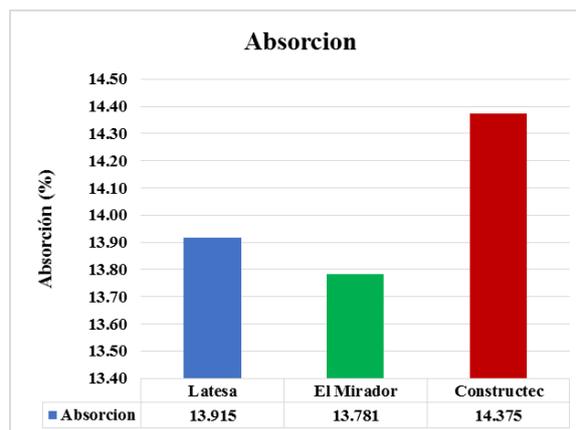


Figura 8. Absorción.

– **Resistencia a la Compresión simple**

Es la medición de la Resistencia a compresión simple (f'b) de un ladrillo; se define como, la relación entre la carga de rotura (kg) y su área bruta (cm²).

Tabla 9.

Resistencia a la compresión simple

Ladrillera	Resistencia a la Compresión simple			
	f _b Prom. (kg/cm ²)	Desv. Estándar (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)	f' b Caracter. (kg/cm ²)
Latesa	43.174	17.161	235.603	26.013
El Mirador	26.887	4.353	15.156	22.534
Constructec	38.337	5.009	20.074	33.328

De acuerdo a la tabla 9, los ladrillos de la fábrica El Mirador tienen menor capacidad de Resistencia a la compresión; mientras que, las unidades de la fábrica Construtec tienen la mayor resistencia. En general, todas las unidades de albañilería, tienen menor resistencia que la indicada en la normativa E-070, que considera una resistencia mínima de f'b = 50 kg/cm².

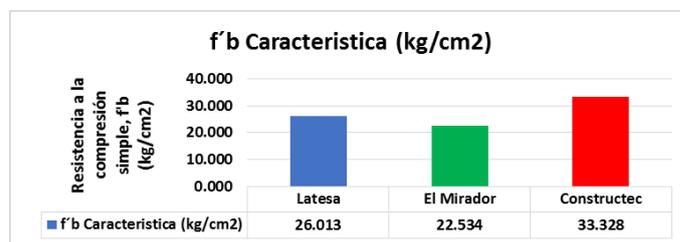


Figura 9. Características de la resistencia de compresión simple.

– **Porcentaje de Ranuras**

Es la medición del contenido de ranura en una unidad de albañilería; se define como, el porcentaje de la relación entre Área de ranuras y el Área de la superficie de asiento.

Tabla 10.

Porcentaje de ranuras

Fabrica	Porcentaje de Ranuras
Latesa	26.123
El Mirador	28.761
Constructec	37.474

De acuerdo a la tabla 10, los ladrillos de la fábrica Latesa tienen el menor porcentaje de ranuras; mientras que las unidades de albañilería de Constructec tienen el mayor porcentaje de ranuras y que sobrepasa el 30% máximo del área bruta, según la norma E.070.

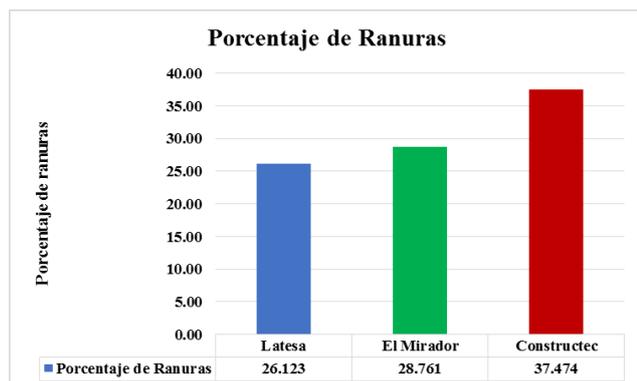


Figura 10. Porcentaje de ranuras.

– Compresión simple en Pilas de ladrillo

Es la medición de la Resistencia a compresión simple de Pilas de ladrillos ($f'm$); se define como, la relación entre la carga de rotura y el área bruta de la sección transversal de la Pila; una vez determinado es corregido por un Factor de esbeltez. En las siguientes tablas se presenta valores para diferentes espesores de mortero, considerando de 0.75, 1.00 y 1.50 cm.

Tabla 11.
 Compresión axial en pilas - $e = 0.75$ cm

Espesor mortero: 0.75 cm			
Ladrillera	$f'm$ (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	34.66	1.08	4.89
El Mirador	12.22	1.97	92.76
Constructec	17.75	1.26	14.10

De acuerdo a la tabla 11, los ladrillos en pila de la fábrica Latesa tienen mayor resistencia a la compresión axial con un valor de 34.66 kg/cm². Se aproxima al ladrillo K.K. artesanal de 35 kg/cm², según la norma E.070.

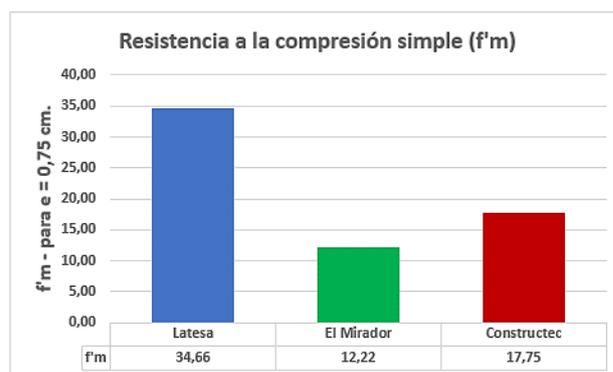


Figura 11. Resistencia a la compresión simple – $e=0.75$ cm

Tabla 12.
 Compresión axial - $e = 1.00$ cm
 Espesor mortero: 1,00 cm

Ladrillera	$f'm$ (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	28,35	1,54	155,26
El Mirador	13,24	1,17	3,41
Constructec	26,32	1,20	18,49

De acuerdo a la tabla 12, los ladrillos en pila de la fábrica Latesa tienen mayor resistencia a la compresión axial con un valor de 28.35 kg/cm². Con un valor menor al ladrillo K.K. artesanal de 35 kg/cm², según la norma E.070.

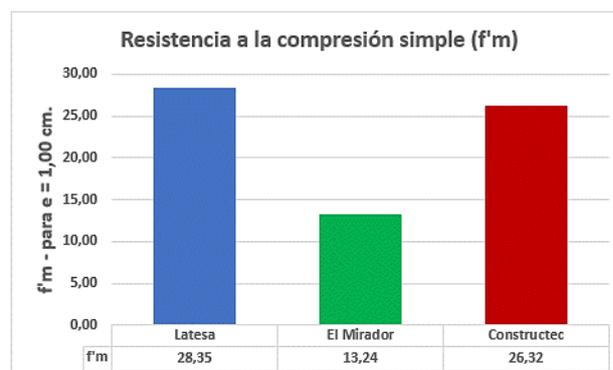


Figura 12. Resistencia a la compresión simple – $e=1.00$ cm

Tabla 13.
 Compresión axial - $e = 1.50$ cm
 Espesor mortero: 1,50 cm

Ladrillera	$f'm$ (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	35,99	1,22	43,02
El Mirador	19,43	1,31	24,05
Constructec	9,13	2,18	77,93

De acuerdo a la tabla 13, los ladrillos en pila de la fábrica Latesa tienen mayor resistencia a la compresión

axial con un valor de 35.99 kg/cm². Un valor superior al ladrillo K.K. artesanal de 35 kg/cm², según la norma E.070.

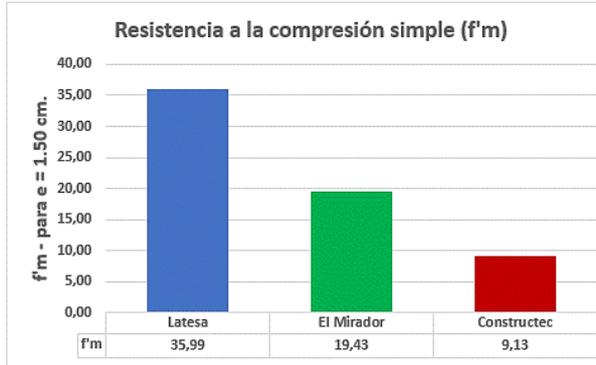


Figura 13. Resistencia a la compresión simple – e=1.50cm

Tabla 14.

Compresión axial – Diferentes espesores

Ladrillera	f'm (kg/cm ²) para espesor:		
	0,75	1,00	1,50
Latesa	34,66	28,35	35,99
El Mirador	12,22	13,24	19,43
Constructec	17,75	26,32	9,13

De acuerdo a la tabla 14, los ladrillos en pila de las diferentes fábricas, presentan mejor resistencia a la compresión axial con el incremento del espesor del mortero, con excepción de Constructec que tiene con un valor de 9.13 kg/cm². menor al ladrillo K.K. artesanal de 35 kg/cm², según la norma E.070.

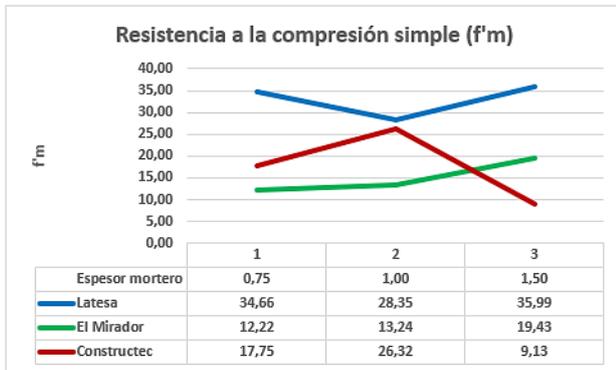


Figura 14. Resistencia a la compresión simple – Resumen.

Tabla 15.

Compresión diagonal en muretes (V'm)

Espeor mortero: e = 0.75 cm.

Ladrillera	V'm (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	3,16	1,16	2,31
El Mirador	3,77	1,62	27,24
Constructec	3,37	1,14	2,22

De acuerdo a la tabla 15, los ladrillos en el murete de la fábrica El Mirador, presentan mejor resistencia a la

compresión diagonal, que tiene con un valor de 3.77 kg/cm². menor al ladrillo K.K. artesanal de 5,10 kg/cm², según la norma E.070.

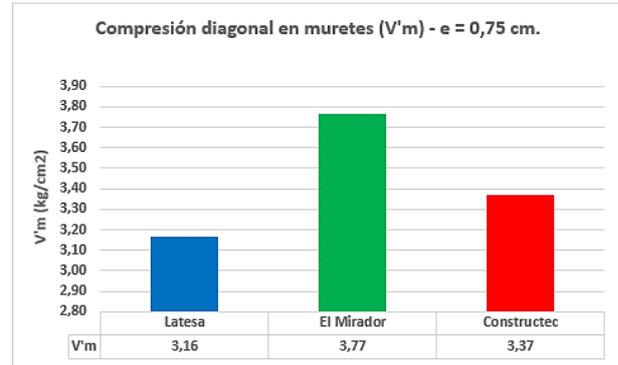


Figura 15. Compresión diagonal en murete – e=0.75cm.

Tabla 16.

Compresión diagonal en muretes (V'm)

Espeor mortero: e = 1.00 cm.

Ladrillera	V'm (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	4,67	1,27	12,10
El Mirador	3,56	1,35	11,07
Constructec	4,23	1,15	3,98

De acuerdo a la tabla 16, los ladrillos en el murete de la fábrica Latesa, presentan mejor resistencia a la compresión diagonal, que tiene con un valor de 4.67 kg/cm². menor al ladrillo K.K. artesanal de 5,10 kg/cm², según la norma E.070.

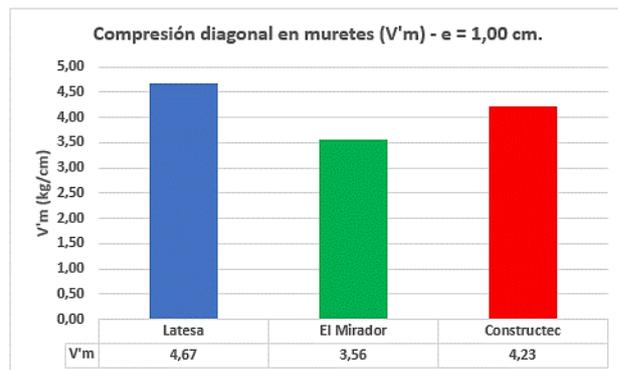


Figura 16. Compresión diagonal en murete – e=1.00cm.

Tabla 17.

Compresión diagonal en muretes (V'm)

Espeor mortero: e = 1.50 cm.

Ladrillera	V'm (kg/cm ²)	α (%)	C.V. (%)
Latesa	3,25	1,32	7,54
El Mirador	3,32	1,24	5,23
Constructec	3,99	1,17	4,42

De acuerdo a la tabla 17, los ladrillos en el murete de la fábrica Constructec, presentan mejor resistencia a la compresión diagonal, que tiene con un valor de 3.99 kg/cm². menor al ladrillo K.K. artesanal de 5,10 kg/cm², según la norma E.070.

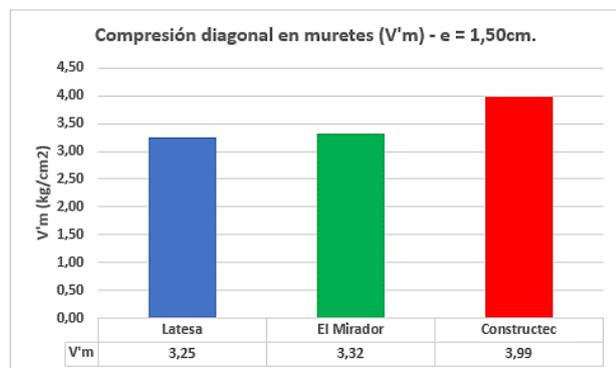


Figura 17. Compresión diagonal en murete – e=1.50cm.

Tabla 18.

Compresión diagonal en muretes (V'm)

Ladrillera	V'm (kg/cm ²) para espesor:		
	0,75	1,00	1,50
Latesa	3,16	4,67	3,25
El Mirador	3,77	3,56	3,32
Constructec	3,37	4,23	3,99
Media	3,43	4,15	3,52
Desv. Stand.	0,31	0,56	0,41

En la tabla 18, los ladrillos en los muretes tienen mejor comportamiento para espesores de mortero de 1.00 cm. La fábrica con mejor producto es Latesa, presentando mejor resistencia a la compresión diagonal con un valor de 4.67 kg/cm². menor al ladrillo K.K. artesanal de 5,10 kg/cm², según la norma E.070. En general los ladrillos tienen valores menores, que solo clasifican para tipo I, artesanal.

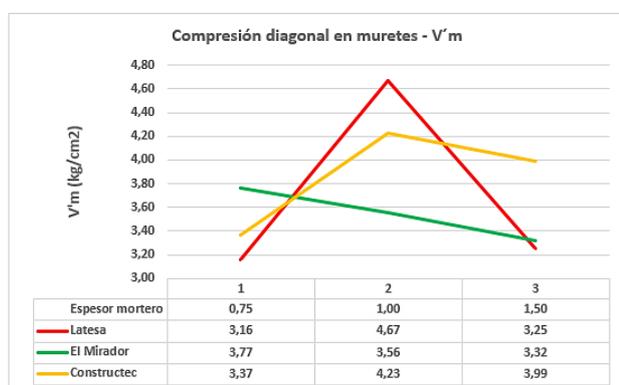


Figura 18. Compresión diagonal en murete – Resumen.

4 Discusión

Propiedades físicas

La Variabilidad dimensional es menor que lo indica en la norma E-070, Comparando entre los ladrillos estudiados, podemos indicar que la fábrica El Mirador presenta menor variabilidad dimensional.

En relación al Alabeo los ladrillos tienen valores menores la norma E070; mientras que, la fábrica Constructec, presenta Alabeos inferiores a las otras fábricas.

Los ladrillos de la fábrica El Mirador presenta menor valor de Succión y de Absorción que los otros fabricantes. Características que permiten lograr el asentado de ladrillos sin mayores problemas.

En relación al porcentaje de Ranuras, los ladrillos de la fábrica Latesa, presenta menores valores en que las otras dos fábricas.

Propiedades mecánicas

Analizando las propiedades mecánicas de los ladrillos se tiene lo siguientes:

La Resistencia a la Compresión simple de las unidades de albañilería, varían unas a otras, el de mayor resistencia corresponde a la fábrica Constructec con 33.328 kg/cm², mientras que, los ladrillos Latesa y El Mirador presentan similares valores. Todos los ladrillos corresponden al tipo I; por cuanto sus valores no superan los 50 kg/cm² de la norma E070.

En función al espesor del mortero empleado, la mayor resistencia corresponde a la fábrica Latesa, y con menor resistencia a los ladrillos El Mirador.

La Resistencia a la Compresión axial de las pilas de unidades de albañilería, varían en función al espesor del mortero empleado, la mayor resistencia corresponde a la fábrica Latesa, y con menor resistencia a los ladrillos El Mirador.

Considerando el espesor del mortero, las pilas con morteros de un espesor de 1.00 cm, tiene mejor comportamiento mecánico de resistencia a la compresión simple, que de otros espesores.

Finalmente, considerando la Compresión diagonal en muretes, los ladrillos de la fábrica Latesa presenta mejor comportamiento mecánico frente a los demás. En relación al espesor del mortero de cemento, no existe mucha variabilidad, Pero ligeramente los muretes con un espesor de mortero de 1.00 cm, presentar mejor Resistencia al Corte.

5 Conclusiones

Durante el estudio se adoptaron tres diferentes productores de las unidades de albañilería para caracterizar las propiedades físicas y mecánicas y comparar sus resultados. Destacando que estas unidades de albañilería no

han logrado cumplir plenamente con las normas técnicas E070, teniendo valores inferiores a los indicados por esta norma, llegando a clasificarse en forma ajustada a los ladrillos del tipo I.

Considerando las propiedades físicas podemos indicar lo siguiente:

Respecto a la Variabilidad dimensional; en relación al largo, los ladrillos de El Mirador presentan mayor variabilidad con respecto a los otros dos fabricantes, con un 0.12%. Considerando el ancho, los ladrillos Latesa y Constructec son los que tienen mayor variabilidad con valores de 1.23% y -1.64% respectivamente. Con respecto a la altura, los ladrillos Latesa y Constructec son los que tienen mayor variabilidad con valores de 1.43% y -1.91% respectivamente.

En relación al Alabeo, todos los ladrillos presentan un valor de 0.519 mm en su dimensión de largo. En tanto, considerando el ancho los ladrillos de Latesa tienen un valor de 0.755 mm, superior a los demás. Con respecto a la altura, el mayor alabeo presenta los ladrillos de Latesa con un valor de -0.456 mm.

Analizando la Succión de los ladrillos. La empresa Latesa presenta mayor valor que sus competidores, con 53.659 gr/200cm² x min. Considerando la propiedad física de la Absorción, los ladrillos de la fábrica Constructec, tiene un valor mayor que los otros, con un 14.375%.

En cuanto a las propiedades mecánicas, se tiene lo siguiente:

Respecto a la Resistencia a la compresión simple, los ladrillos de Constructec presentan un valor de 33.328 kg/cm², superior a los demás e inferior a 50 kg/cm² (Norma E070).

En relación Porcentaje de ranuras, los ladrillos de Constructec presentan un valor de 37.474%, superior a los demás y al 30% según la Norma E070.

Analizando la Compresión axial en pilas, considerando un espesor de 0.75 y 1.00 cm de mortero; los ladrillos de la empresa Latesa han obtenido valores de 34.66 y 28.35 kg/cm² inferior a los 35 kg/cm² de la norma E070. Mientras que para el espesor de mortero de 1.50 cm, esta misma empresa tienen una resistencia a la compresión axial de 35.99 kg/cm² superior a los 35 kg/cm² indicado en la norma E070.

Con relación a la Compresión diagonal en muretes (V'm), para un espesor de mortero de 0.75 cm, los ladrillos de la empresa El Mirador tiene una resistencia de 3.77 kg/cm². Para el espesor de mortero de 1.00 cm, los ladrillos Latesa tiene un valor de 4.67 kg/cm². Finalmente, para espesor de mortero de 1.50 cm, los ladrillos Constructec presenta un valor de 3.99 kg/cm².

De las mediciones realizadas en laboratorio, considerando las propiedades físicas, los ladrillos provenientes del fabricante “El Mirador” son los que resultado con mejor resultado. En relación a las propiedades mecánicas el mejor resultado es de la fábrica de ladrillos “Latesa”.

Los resultados obtenidos no fueron los esperados o al menos no totalmente, en el sentido de que se esperaban errores poco significativos, siendo necesario realizar un estudio documental, respecto a los diversos errores cuando se utiliza procedimientos de fabricación no estandarizados.

De las afirmaciones anteriores, se llega a la conclusión que los ladrillos fabricados en la ciudad del Cusco, no cumplen satisfactoriamente las normas técnicas de la albañilería, E070.

Referencias bibliográficas

- [1] A. Bustos-García, E. Moreno-Fernández, F. González-Yunta, and A. Cobo-Escamilla, “Influencia de la adición de fibras en las propiedades de los morteros de cal hidráulica,” *Dyna*, vol. 94, no. 2, pp. 228–232, 2018, doi: 10.6036/8495.
- [2] N. 334. 001. 200. Norma Técnica Peruana NTP 334.001, “Norma Técnica Peruana NTP 334.001,” no. Lima 41, 2001.
- [3] L. Sirumbal and V. Fernández-Dávila, “Seismic Behavior of Low-Height Confined Masonry Buildings,” no. September 2010, 2010.
- [4] E. Espinosa, A. Terán, O. Zúñiga, and R. Jean, “Consideraciones Para El Diseño Sísmico De Edificios Altos De Mampostería Confinada Ubicados En Zonas Sísmicas,” *Rev. Ing. Sísmica*, vol. 109, no. 90, pp. 88–109, 2014.
- [5] Norma Técnica Peruana NTP 339.204, “CONCRETO . Especificación normalizada del concreto,” *INACAL*, no. Lima 27, 2016.
- [6] L. Yacila Alvarado and S. V. Jhoselyn, “Aplicación de la fibra de acero galvanizado para el reforzamiento estructural de muros de albañilería confinada ante cargas cíclicas en su plano,” Pontificia Católica del Perú, 2019.
- [7] J. F. Alvarado Bolaños and A. A. Tafur Tasilla, “Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca,” Universidad Privada del Norte, 2017.