

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**Evaluación de la Influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho, departamento de Lima**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Bach. Abraham Loayza Morales

**Asesor:**

Ing. David Díaz Garamendi

Lima, noviembre de 2023

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo David Diaz Garamendi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Evaluación de la Influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho, departamento de Lima”** del autor Abraham Loayza Morales tiene un índice de similitud de 11 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Ñaña, a los 03 días del mes de noviembre del año 2023



---

Ing. David Diaz Garamendi

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 02 día(s) del mes de **noviembre** del año 2023 siendo las **9:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Ing. Ferrer Canaza Rojas**, el secretario: **Mg. Leonel Chahuares Paucar** y los demás miembros: **Mg. Roberto Roland Yoctun Ríos** y el asesor **Ing. David Díaz Garamendi** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la Influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho, departamento de Lima".

.....de el(los)/la(las) bachiller(es): a) ... **ABRAHAM LOAYZA MORALES** .....

.....b) .....

.....conducente a la obtención del título profesional de:.....

.....**INGENIERO CIVIL**.....

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **ABRAHAM LOAYZA MORALES** .....


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>16</b>	<b>B</b>	<b>BUENO</b>	<b>MUY BUENO</b>

Candidato (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Ing Ferrer  
Canaza Rojas

  
\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Leonel  
Chahuares  
Paucar

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Ing. David Díaz  
Garamendi

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Mg. Roberto  
Roland Yoctun  
Ríos

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Abraham Loayza  
Morales

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

## Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	6
CONCLUSIONES.....	12
REFERENCIAS .....	12
ANEXO .....	14

# **Evaluación de la Influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho, departamento de Lima**

## **EVALUATION OF THE INFLUENCE OF CALCIUM CARBONATE ON THE MECHANICAL RESISTANCE TO COMPRESSION AND WATER ABSORPTION OF BRICKS FROM THE SANTA MARÍA DE HUACHIPA VILLAGE, DISTRICT OF LURIGANCHO, DEPARTMENT OF LIMA.**

Abraham, Loayza Morales <sup>1</sup>; David, Díaz Garamendi <sup>2</sup>

*Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,  
Universidad Peruana Unión, Lima, Perú*

### **Resumen**

El artículo tiene como objetivo evaluar la influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho. Presenta una metodología experimental y cuantitativa, realizándolo por medio de un diseño experimental estructurado, analizando los resultados en relación a la adición de carbonato de calcio en probetas, con valores de 0, 2, 4, 6 y 8% en peso por ladrillo, y temperaturas de cocción en el horno de 800, 900 y 1000°C, se utilizaron 15 muestras por cada lote de producción, siguiendo las recomendaciones de la norma E 070 y la norma UNE 67030. Demostrando así en los resultados que; el carbonato de calcio tiene una gran influencia positiva en la resistencia mecánica, la absorción de agua de los ladrillos, la contracción y el alabeo de los ladrillos. Debido a que la resistencia mecánica se mejora con las diferentes adiciones de carbonato de calcio, además se reducen las temperaturas de cocción, pero se deben tener en cuenta que adiciones mayores al 4% no ejercen influencia positiva pues reducen resistencia a la compresión; respecto a la absorción de agua, se observó que las diferentes adiciones de carbonato mejoran el porcentaje de absorción de agua de las muestras a menores temperaturas como en el caso de la adición de carbonato al 8% y al 6% y respecto a la contracción y alabeo de los ladrillos no es muy significativa pero si negativa, debido a que estas variaciones se incrementan en las muestras.

Palabras Clave: Carbonato de Calcio, Resistencia Mecánica, Alabeo, Contracción. Absorción de agua, probetas, temperatura de cocción.

### **Abstract**

The article aims to evaluate the influence of calcium carbonate on the compressive strength and water absorption of bricks in the Santa María de Huachipa settlement, district of Lurigancho. It presents an experimental and quantitative methodology, conducted through a structured experimental design, analyzing the results in relation to the addition of calcium carbonate in specimens, with values of 0%, 2%, 4%, 6%, and 8% by weight per brick, and firing temperatures in the kiln of 800°C, 900°C, and 1000°C. Fifteen samples were used per production batch, following the recommendations of the E 070 and the UNE 67030 standard. The results demonstrate that calcium carbonate has a significant positive influence on the mechanical strength, water absorption, contraction, and warping of the bricks. The mechanical strength is improved with different additions of calcium carbonate, and the firing temperatures are reduced. However, it should be noted that additions higher than 4% do not have a positive influence as they reduce compressive strength. Regarding water absorption, it was observed that different additions of carbonate improve the water absorption percentage of the samples at lower temperatures, such as in the case of 8% and 6% carbonate addition. As for the contraction and warping of the bricks, the effects are not very significant but negative, as these variations increase in the samples.

Keywords: Calcium Carbonate, Mechanical Strength, Warping, Shrinkage. Water absorption, test tubes, firing temperature

<sup>1</sup> correspondencia de autor: E-mail: [abrahamapaf@hotmail.com](mailto:abrahamapaf@hotmail.com)



## INTRODUCCIÓN

Debido al sistema de cocción con que operan los hornos, la temperatura varía a lo largo de dichos hornos y se debe de utilizar mayor cantidad de combustible para lograr llegar a la temperatura de sinterización en la parte superior del horno, por lo que el tiempo de operación puede llegar a ser de 30 horas, esto ocasiona que se obtenga productos a diferentes temperaturas de cocción y sinterización lo que incide en la calidad de los mismo. Los empresarios ladrilleros, desconocen tecnologías que permitan mejorar el proceso de producción de ladrillos, sobre todo de los ladrillos King Kong de 18 huecos que son los más comerciales además que deben cumplir con características de calidad como son la resistencia a la compresión y absorción de agua, ya que son clasificados de TIPO IV, por su alta durabilidad y resistencia. Además, también desconocen el uso aplicativo de agregados en la industria de cerámicos, que podrían reducir el tiempo de sinterización, aspecto que se podría lograr con el uso de fundentes.

El carbonato de calcio según Petrucci, Madura, Bissonnette y Herring (2011) es un compuesto iónico que tiene origen en la reacción entre el ion calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y el ion carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y se puede encontrar en la naturaleza en forma de calcita, aragonita y vaterita; respecto a sus propiedades, este es un sólido cristalino insoluble en agua, cuya densidad es de aproximadamente  $2.71 \text{ g/cm}^3$  y punto de fusión es de  $825^\circ\text{C}$ , se usa de diferentes modos, pero específicamente en la producción de ladrillos gracias a que se le añade a la arcilla puede actuar como aglutinante ayudando a que se use menos agua en el proceso de fabricación de ladrillos lo que a la vez sirve para acelerar el proceso de secado de estos, además de acuerdo con Díaz, Betancourt y Martirena (2011) el carbonato de calcio puede ayudar en la mejora de la resistencia a la compresión de los ladrillos, ósea que este puede soportar de mejor manera cargas de presión y peso.

Hatzl (2001) refiere que la sinterización en ladrillos ocurre cuando los puntos de contacto de los granos adyacentes son fundidos en una fase vítrea y al mismo tiempo unidos, esta actividad ocurre al alcanzar los  $800^\circ\text{C}$ , llegando a ser continua hasta los  $1200^\circ\text{C}$ , llegando a un punto de fusión y recristalización del material, logrando así mejorar la resistencia mecánica del ladrillo, por medio del tratamiento térmico.

Los fundentes, son parte de la materia prima para la fabricación de los ladrillos, su función es lograr la cocción de los ladrillos a menor temperatura de operación, esto se debe a que es un componente de bajo punto de fusión, que al combinarse con los aluminosilicatos que se encuentran en las arcillas, producen cambios en las propiedades mineralógicas de los nuevos productos de reacción. Muchos empresarios ladrilleros desconocen la función del fundente ( $\text{CaCO}_3$ ), y lo consideran una impureza que les ocasiona grietas y rajaduras a los ladrillos en el proceso de cocción, sin embargo, no cuentan con que estas impurezas se originan por la mala preparación y mezclado de las materias primas que realizan. En síntesis, adicionando un aditivo fundente como el  $\text{CaCO}_3$  al ladrillo, se lograría reducir el tiempo de cocción y de sinterización. Al reducir el tiempo de cocción y sinterización en el proceso de cocción, se lograría también reducir el consumo de combustible, implicando en una reducción en los costos del proceso de cocción.

Durante la cocción llegan a ocurrir dos importantes procesos; como la deshidrolización de la caolinita, al alcanzar temperaturas entre  $500$  y  $600^\circ\text{C}$ , y como siguiente proceso la descarbonatación de los carbonatos, al alcanzar temperaturas entre  $700$  y  $800^\circ\text{C}$ , llegando a crearse una mayor cantidad de material amorfo, el cual ayuda a la formación de nuevas fases como la Anorthita, Ghelenita y Wollastonita (Hatzl et al. 2001).

Según Camino & Camino (2017) en su investigación de Pregrado “Evaluación de la Conductividad térmica, propiedades físico-mecánicas del ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional”, en Cusco – Perú, menciona que la conductividad térmica es una propiedad física del material; la cual muestra una capacidad de conducción de calor, propia e inherente. Para ello se realizó un equipo electrónico, de acuerdo con la norma ASTM C177 – 13, que comprende las unidades de albañilería incluyendo una placa caliente de aluminio que transmite el calor por el hecho de estar cara a cara en el ladrillo. Se tomaron como muestra 70 ladrillos con puzolana como adicional, que fueron 100 ladrillos para cada porcentaje de combinación de puzolana.

Guerrero, Afanador, Noriega (2020) su trabajo de investigación se evaluó la influencia del carbonato de calcio en el proceso de cocción y el tiempo de sinterización de ladrillos, por medio de un procedimiento experimental que considero la mezcla y fabricación de muestras de ladrillos macizos con proporciones diferentes de carbonato de calcio que fueron 100% de arcilla y otra de 70% de arcilla y 30% de carbonato de calcio, el secado de ladrillos se realizó a través de un proceso natural que duró 2 días con nueve horas para los ladrillos sin carbonato y 3 días con tres horas para las muestras con carbonato y finalmente analizando los resultados, se pudo observar que la adición de carbonato de calcio como fundente mejoró las propiedades de calidad de los ladrillos producidos, también se redujo la temperatura, el tiempo de cocción y los costos de producción de los ladrillos; también se redujo la emisión de contaminantes al ambiente durante la cocción; sin embargo en las pruebas de ensayo de resistencia, ninguna de las muestras cumple con los requisitos de la NTE E070 que establece un valor de 12.7 MPa; en tanto respecto al módulo de ruptura ambas muestras cumplen con la norma NTE E070 que especifica rangos de valores entre 0.29 Mpa y 0.88 Mpa.

Betancourt, Dania; Martirena, Fernando; Day, Robert; Díaz, Yosvany (2007) realizaron un estudio titulado "Influencia de la adición de carbonato de calcio en la eficiencia energética de la producción de ladrillos de cerámica roja". El objetivo general de la investigación fue mejorar el perfil energético de la producción de ladrillos mediante la disminución de la temperatura y el tiempo de quema. La metodología del estudio consistió en seleccionar arcilla, mezclarla con carbonato de calcio, moldear y cocer probetas. Se llevaron a cabo diversos ensayos para evaluar la resistencia, densidad, absorción de agua, porosidad y análisis mineralógico de los ladrillos. Además, se fabricaron ladrillos y se evaluó su durabilidad mediante ensayos después de un proceso de envejecimiento acelerado. Los resultados obtenidos concluyeron que la adición de pequeñas cantidades de carbonato de calcio (menos del 5%) a la arcilla utilizada en la fabricación de ladrillos cocidos incrementa su resistencia a la compresión en un rango del 40 al 50%, siendo los mejores resultados obtenidos con una adición del 2%. Esta adición también contribuye a la formación de poros más pequeños, derivados de la formación de CaO y microfisuras. Además, se observó que la fase Anorthita se forma preferentemente en los ladrillos, mejorando su resistencia mecánica. Se determinó que la adición de carbonato de calcio no afecta la durabilidad de los ladrillos y permite reducir el consumo energético de la producción entre un 30% y un 50%, lo cual representa una contribución significativa a la sostenibilidad económica y ecológica. Las pruebas a escala piloto confirmaron estos resultados y demostraron que la adición de carbonato de calcio puede mejorar la eficiencia energética y la capacidad productiva en la fabricación de ladrillos.

Báez, Misael; Leyva, Carlos; Orozco, Gerardo (2019) llevaron a cabo una investigación titulada "Evaluación de las arcillas de Centeno para su utilización en la cerámica roja del municipio de Moa". El objetivo general del estudio fue evaluar las propiedades de las arcillas

del sector Centeno y las tobas vítreas para determinar su idoneidad en la producción de ladrillos de cerámica roja. En la metodología utilizada, se tomaron muestras de material arcilloso del sector Centeno y tobas vítreas, las cuales fueron sometidas a procesos de selección, mezcla, limpieza y análisis mineralógico. A continuación, se prepararon mezclas y se moldearon probetas, que posteriormente fueron secadas y cocidas en un horno eléctrico. Se realizaron ensayos de contracción, absorción de agua y resistencia a la compresión para determinar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos. Los resultados obtenidos se obtuvieron mediante mediciones y cálculos utilizando ecuaciones específicas. Los análisis revelaron que las arcillas del sector Centeno están compuestas principalmente por caolinita y cuarzo, con un índice de plasticidad del 22%, una potencia promedio de 4,53 m y un bajo contenido de carbonato de calcio del 0,83%. Se demostró que es posible utilizar mezclas de arcilla con tobas vítreas, lo que permite reducir el peso del producto final y aumentar su resistencia. Se determinó que la dosificación más efectiva es del 10% de tobas vítreas y el 90% de arcilla. Además, se identificó que la ubicación más favorable para la extracción de arcilla se encuentra a 2,75 km del tejear de Centeno, con buenas vías de acceso. En general, la región presenta condiciones favorables para la explotación del material arcilloso, lo que permite su aprovechamiento en las empresas Industrias Locales y Empresa Constructora de Obras del Poder Popular en Moa.

Figuroa Calderón, Víctor y Graos Lavado, Jeremías (2022) llevaron a cabo una investigación titulada "Propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla quemado, adicionando polvo de caparazón de cangrejo reciclado, Huamachuco - 2022". El objetivo general del estudio fue determinar cómo la adición de polvo de caparazón de cangrejo reciclado influye en las propiedades físico-mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla quemado. La metodología utilizada consistió en analizar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de arcilla quemado al agregar diferentes porcentajes de polvo de caparazón de cangrejo reciclado (3%, 5% y 7%). Se empleó un enfoque cuantitativo para medir las variables y obtener resultados numéricos. Se aplicó un diseño experimental para establecer las relaciones de causa y efecto entre las variables. El polvo de caparazón de cangrejo reciclado fue la variable independiente, mientras que las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo fueron las variables dependientes. Se realizó un muestreo no probabilístico y se utilizaron técnicas de observación, junto con guías y fichas de recolección de datos, para recopilar la información necesaria. Tras analizar los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio, se concluyó que la inclusión del polvo de caparazón de cangrejo reciclado tuvo un impacto en las propiedades mecánicas del ladrillo de arcilla quemado. Se observó una mejora en la resistencia a la compresión con una adición del 3% de polvo de caparazón de cangrejo reciclado, alcanzando una resistencia de 40.08 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con los 23.45 kg/cm<sup>2</sup> sin adición. Asimismo, se determinó que el porcentaje óptimo de adición de polvo de caparazón de cangrejo reciclado es del 3%, ya que los porcentajes más altos mostraron una disminución considerable en la resistencia. En cuanto a la absorción, se observó que la adición de polvo de caparazón de cangrejo reciclado en cualquier porcentaje condujo a una disminución en el nivel de absorción, siendo el 5% el porcentaje más efectivo con un 11% de absorción. Los resultados estadísticos respaldan la conclusión de que el porcentaje óptimo de adición de polvo de caparazón de cangrejo reciclado es del 3%, logrando una resistencia a la compresión de 40.08 kg/cm<sup>2</sup> en comparación con los 23.45 kg/cm<sup>2</sup> del ladrillo sin adición de polvo de caparazón de cangrejo reciclado.

Meza Huaman, Jyshenda y Wu Vega, Mario (2018) llevaron a cabo un estudio titulado "Los efectos de la adición del carbonato de calcio en el mejoramiento de las características de los ladrillos artesanales del distrito de Chilca, año 2018". El objetivo general de la investigación

fue determinar de qué manera la adición de carbonato de calcio mejora las características mecánicas y físicas de los ladrillos artesanales. El estudio se enmarcó en una investigación de tipo aplicada, utilizando un enfoque descriptivo, correlacional y cuantitativo. Se empleó un diseño experimental para analizar los cambios y modificaciones producidos por la adición de carbonato de calcio en los ladrillos artesanales. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio utilizando muestras de ladrillos fabricados con diferentes porcentajes de carbonato de calcio (3% y 5%) en reemplazo de la arcilla. Se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación directa, la revisión documentaria, la encuesta y la entrevista. El análisis de datos se realizó utilizando el software SPSS y se aplicaron métodos estadísticos como el T de Student y el análisis de varianza ANOVA. Los resultados obtenidos indicaron que la adición de carbonato de calcio mejora significativamente las características de los ladrillos. Se observó un aumento del 57.62% en la resistencia a la compresión al agregar un 3% de carbonato de calcio en lugar de arcilla durante la fabricación. Además, se encontró que la adición de carbonato de calcio no afecta la variación dimensional ni el alabeo de los ladrillos. También se constató una disminución en la succión al agregar carbonato de calcio, lo que contribuye a mejorar la calidad de los ladrillos. En conclusión, la adición de carbonato de calcio resulta beneficiosa para mejorar las características de los ladrillos artesanales.

La dosificación de carbonato de calcio utilizadas en la práctica, con rangos entre 15 y 35% en relación al peso de la arcilla y con temperatura de cocción de 900 – 1000°C, mostrando una baja resistencia a la compresión, debido al aumento de porosidad, logrando presenciar grietas, ocurridas por la expansión del óxido de calcio que no se logró mezclar adecuadamente con la arcilla cuando es hidratado y la estructura porosa del óxido de calcio que es formado (Betancourt, Martirena, Day, Díaz 2007).

El presente trabajo de investigación se justifica que al utilizar pequeñas dosis de carbonato de calcio como aditivo fundente en la fabricación de ladrillos en la región de Lima. En el cual, casi todo el carbonato de calcio presente se incorpora con la arcilla, lo que reduce la disponibilidad de óxido de calcio sin combinar, y la probabilidad de que se produzca efectos nocivos. La presencia del fundente permite bajar la temperatura de cocción a un valor inferior a lo que normalmente necesita la arcilla durante la cocción. De esta forma es posible incrementar la eficiencia energética durante el proceso de fabricación, sin el riesgo de comprometer las propiedades mecánicas y durabilidad de los ladrillos. De esta forma se identificó la influencia del  $\text{CaCO}_3$  en la resistencia mecánica y absorción de agua en ladrillos, usando probetas de ladrillo King Kong de 18 huecos, que orientará a los productores para mejorar y llevar un control de calidad del ladrillo; también garantizando una mejora en la organización, gestión en la producción y el involucramiento de los distintos grupos de interés e instituciones según sus competencias, lo que significa el apoyo en la mejora tecnológica de los procesos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se consideró el utilizar técnicas y también instrumentos de recolección de datos que ayudaron en la declinación o en la validación de la hipótesis:

### Técnicas

- Pruebas experimentales

### Instrumentos

- Ficha de recolección

- Termocupla tipo K (para medir la temperatura de cocción)
- Horno o Mufla (para realizar cocción)
- Balanza digital (para medir el peso de las probetas)
- Prensa Hidráulica (para realizar la prueba de resistencia)
- Capilaridad (para medir la absorción del agua)

### Obtención de datos

La materia prima compuesta de arcilla, arena, limo y carbonato de calcio fue sometida a molienda, haciendo uso de morteros de cerámica, de manera separada, para posteriormente ser tamizado usando mallas para obtener distintas granulometrías, este procedimiento se hizo con el fin de homogeneizar y eliminar impurezas de la materia prima. Luego del proceso de molienda la materia prima se mezcló con el carbonato de calcio también molido, de acuerdo al diseño experimental, seguido a este proceso se añadió agua hasta conseguir una masa moldeable. La masa obtenida fue moldeada en probetas de ladrillos, mediante el uso de moldes con forma geométrica cúbica de  $49 \text{ cm}^3$  de volumen y dimensiones de 7 cm de largo, 3,5 cm de ancho y 2 cm de espesor, las dimensiones mencionadas fueron elegidas a conveniencia de la investigación, es importante resaltar que las probetas no deben tener espacios internos que alteren el proceso de moldeado, se rotulará cada probeta para que pueda pasar a los siguientes procesos. Los ladrillos se sometieron a secado durante 7 días en los cuales se realizó un control de peso para estimar la cantidad de agua perdida durante este proceso, también se midió la pérdida de dimensiones o la contracción que sufran los ladrillos; estas probetas se someterán a cocción a diferentes temperaturas de acuerdo al diseño experimental haciendo control de la cocción de los ladrillos, se tendrá en cuenta un espaciamiento mínimo de 1cm entre ladrillo y ladrillo. Finalmente, Los ladrillos fueron sometidos a análisis de resistencia a la compresión y absorción de agua.

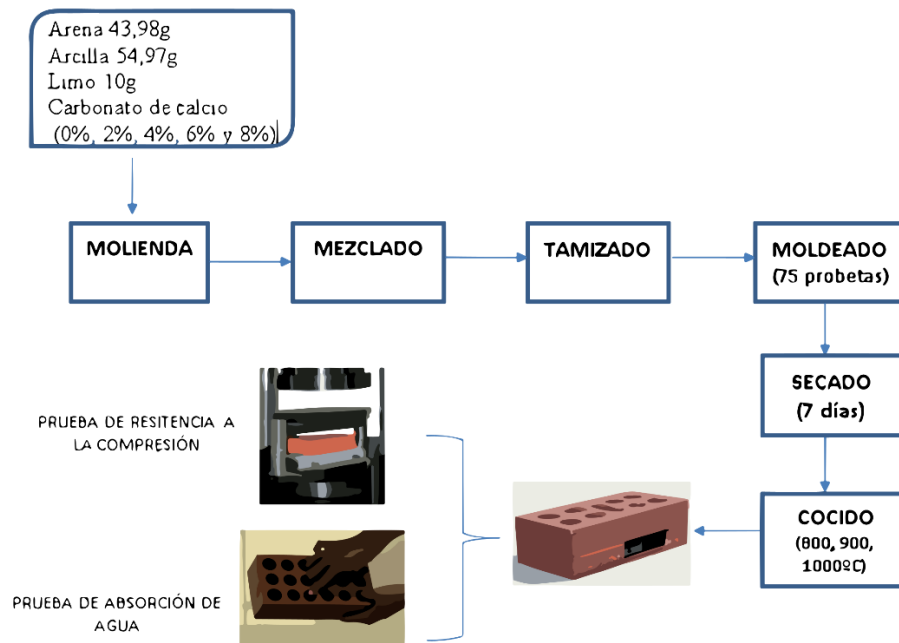


Figura 1 Proceso experimental

Para obtener los datos necesarios se realizaron experimentos con cada porcentaje de aditivo (Carbonato de calcio) a distintas temperaturas como se observa en la tabla 1; la

obtención de la materia prima para la elaboración de muestras experimentales, como la arcilla, fue del centro poblado de Santa María de Huachipa, que está ubicado en el distrito de Lurigancho, departamento de Lima, lugar donde se puede encontrar la arcilla que está compuesta también de sílice, alúmina, agua, óxido de hierro, materiales alcalinos como óxido de calcio y óxido de magnesio. Se consideraron 5 muestras para cada ensayo, de acuerdo a la referencia de la norma E 070 y la UNE 67030, que establece que se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción, cantidad que se toma con el fin de reducir la variabilidad o incertidumbre en los resultados, por lo que se consideró la cantidad de 15 muestras por cada lote de producción que tuvieron composición de limo, arcilla, arena y con valores constantes y valores variables del carbonato ya que se tomó en cuenta estudiar la influencia de este en las propiedades mecánicas de los ladrillos como resistencia a la compresión, alabeo, absorción de agua y contracción.

Tabla 1. Diseño experimental

Temperatura	Diseño Experimental (para cada aditivo)				
	0%	2%	4%	6%	8%
800°C	5	5	5	5	5
900°C	5	5	5	5	5
1000°C	5	5	5	5	5

### Procesamiento de datos

Para obtener los datos necesarios se realizaron experimentos con cada porcentaje de aditivo a las distintas temperaturas. Una vez de tener los datos experimentales se desea obtener un procesamiento de información más completo y de fácil entendimiento con el fin de usar la información en el desarrollo de la investigación, se optó trabajar con hojas de cálculo en Excel para clasificarlos, registrarlos, analizarlos, calcular y consolidarlos.

Una vez que se obtuvieron datos cuantitativos, estos mismos sirvieron para establecer la validación de hipótesis. Se utilizó el software Excel para crear tablas y gráficas de datos de forma estructurada y organizada, así como establecer los balances de masa, recolectar resultados en tablas, realizar el análisis estadístico, además de indicar los índices porcentuales, a fin de visualizar con mayor claridad los resultados de investigación y permitan un mejor análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de resistencia a la compresión aplicados a las muestras con diferentes porcentajes de adición de  $\text{CaCO}_3$  y a diferentes temperaturas de cocción.

%CaCO <sub>3</sub>	Resistencia a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )		
	800°C	900°C	1000°C
0%	54.29	56.85	58.12
2%	60.03	61.12	62.67
4%	57.1	63.95	61.01
6%	54.9	57.3	60.58
8%	54.2	60.4	57.98

De acuerdo a la tabla 2 mostrada, se observa que se logra una mayor resistencia a la compresión al adicionar 4% de  $\text{CaCO}_3$  para temperaturas de cocción que alcanzaron los  $900^\circ\text{C}$ , también se observan valores altos para adiciones de 2% de  $\text{CaCO}_3$  y temperaturas de  $900$  y  $1000^\circ\text{C}$ , estos resultados se observan de mejor manera en el siguiente gráfico.

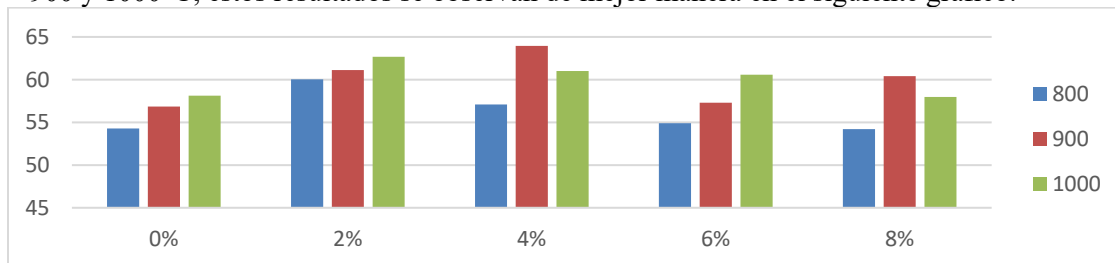


Figura 2. Resistencia a la compresión de muestras

Tabla 3. Análisis de resultados de la resistencia a la compresión

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
800	5	280.52	56.104	6.19273
900	5	299.62	59.924	8.55013
1000	5	300.36	60.072	4.01857

Tabla 4. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	50.59888	2	25.29944	4.045	0.0454	3.885293835
Dentro de los grupos	75.04572	12	6.25381			
Total	125.6446	14				

Según el análisis estadístico de la tabla 3 y tabla 4, se observa que el valor de F (4.045) es mayor a el valor crítico para F (3.885), llegando a la conclusión que se rechaza la hipótesis nula, donde no hay igualdad de las medias. Al nivel de significación de 0.05, se puede establecer que al menos para un caso, hay diferencias de medias, al tener un valor menor a 0.05 en la probabilidad, se infiere de que hay diferencias significativas y al ser  $P_{\text{valor}} = 0.0454$  menor a 0.05 se encuentra una evidencia ligeramente insuficiente para rechazar la hipótesis nula al nivel de confianza del 95%, por lo tanto, se rechaza una vez más la hipótesis con un ligero riesgo de cometer un error tipo I, esto significa que al añadir  $\text{CaCO}_3$  a la materia prima para la elaboración de ladrillos, el ladrillo que resulta como producto obtiene una mayor resistencia a la compresión, de los resultados en la fig. 2 se infiere que el punto más óptimo para aumentar la resistencia a la compresión es para un 4% de aditivo de  $\text{CaCO}_3$  y una temperatura de cocción de  $900^\circ\text{C}$ .

Respecto a la absorción de agua, la tabla 5 muestra los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados con las muestras, se observa que se presenta mayor absorción de agua en las muestras con adiciones del 6 y 8% de  $\text{CaCO}_3$  y a temperaturas de cocción que alcanzaron los  $800^\circ\text{C}$ , también se observa que se presenta menor porcentaje de absorción de agua para adiciones de 0, 2 y 4% de  $\text{CaCO}_3$ .

Tabla 5. Resultados absorción de agua

% CaCO <sub>3</sub>	Absorción de agua (%)		
	800°C	900°C	1000°C
0%	11.65	11.85	11.65
2%	11.89	11.95	11.9
4%	12.25	12.1	12.11
6%	13.8	12.43	12.35
8%	14.05	12.38	12.45

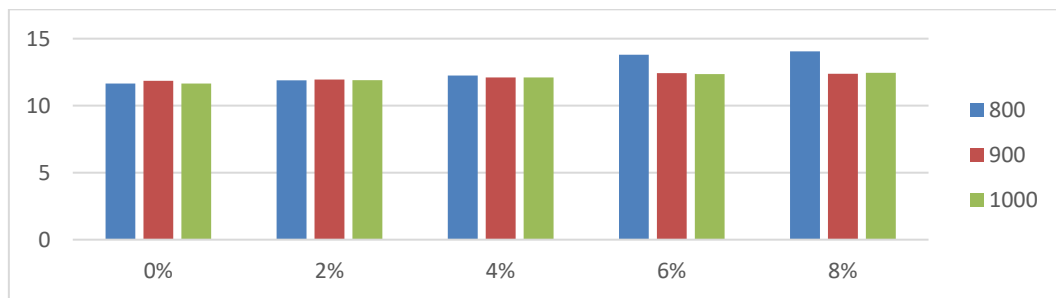


Figura 3. Absorción de agua de muestras

En la gráfica anterior se observa de mejor manera que la absorción de agua es mayor en muestras que no completaron debidamente su cocción, sin embargo, también juega un rol importante la adición de CaCO<sub>3</sub>.

Tabla 6. Análisis de resultados de absorción de agua

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
800	5	63.64	12.728	1.24742
900	5	60.71	12.142	0.06587
1000	5	60.46	12.092	0.10682

Tabla 7. Análisis de varianza de absorción de agua

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.25065333	2	0.62532667	1.321	0.303	3.885
Dentro de los grupos	5.68044	12	0.47337			
Total	6.93109333	14				

Según el análisis estadístico de la tabla 6 y tabla 7, se observa que el valor de F (1.321) es menor a el valor crítico para F (3.885), llegando a la conclusión que se acepta la hipótesis nula, que afirma igualdad de las medias. Al nivel de significación de 0.05, se puede establecer que no hay diferencias de medias, al tener un valor mayor a 0.05 en la probabilidad, se infiere de que no hay diferencias significativas y al ser  $P_{\text{valor}}=0.303$  mayor a 0.05 no se encuentra evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula al nivel de confianza del 95%, por lo tanto, se acepta la hipótesis con un ligero riesgo de cometer un error tipo II esto significa que estadísticamente no existen diferencias significativas en la absorción de agua de las muestras a diferentes temperaturas y porcentajes de CaCO<sub>3</sub>, que al añadir CaCO<sub>3</sub> a la materia prima para la elaboración de ladrillos, del ladrillo que resulta se observa que el porcentaje de CaCO<sub>3</sub> tiene influencia en la absorción de agua de las muestras. En particular, se destaca que las muestras con adiciones del 6% y 8% de CaCO<sub>3</sub> presentan una mayor absorción de agua

en comparación con los porcentajes de adición de 0%, 2% y 4% de  $\text{CaCO}_3$ . Aunque no se observa una tendencia clara en función de la temperatura, se puede notar que algunas muestras muestran una absorción de agua ligeramente menor a temperaturas de  $900^\circ\text{C}$  y  $1000^\circ\text{C}$  en comparación con la temperatura de  $800^\circ\text{C}$ .

Respecto al alabeo que sufrieron las muestras, en la tabla 8 se muestra los resultados obtenidos para las diferentes adiciones de  $\text{CaCO}_3$  y para las diferentes temperaturas de cocción a las que fueron sometidas.

% $\text{CaCO}_3$	Alabeo (cm)		
	$800^\circ\text{C}$	$900^\circ\text{C}$	$1000^\circ\text{C}$
0%	0.25	0.278	0.283
2%	0.275	0.279	0.275
4%	0.263	0.259	0.271
6%	0.277	0.268	0.272
8%	0.275	0.271	0.275

De acuerdo a la tabla 8, se presenta mayor alabeo para adiciones de  $\text{CaCO}_3$  de 0 y 2% a temperaturas de 900 y  $1000^\circ\text{C}$ , sin embargo, también se presentan mayor alabeo a porcentajes de 6 y 8% de adición de  $\text{CaCO}_3$ , pero para temperaturas de cocción de  $800^\circ\text{C}$ , se muestran los resultados para mejor entendimiento en el siguiente gráfico.

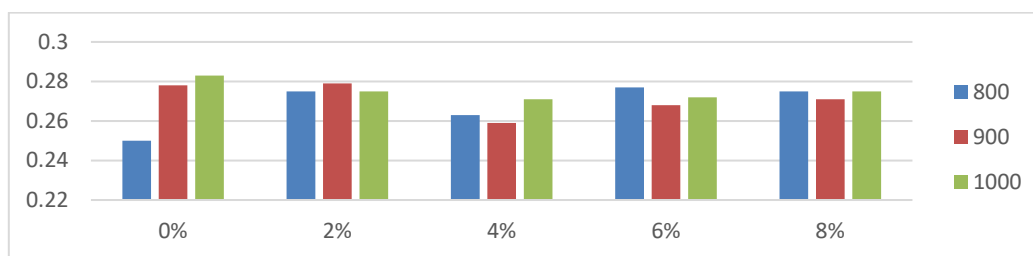


Figura 4. Alabeo de muestras

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
800	5	1.94	0.388	0.074232
900	5	1.355	0.271	6.65E-05
1000	5	1.376	0.2752	2.22E-05

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0440508	2	0.0220254	0.889	0.436	3.88529383
Dentro de los grupos	0.2972828	12	0.02477357			
Total	0.3413336	14				

Según el análisis estadístico de la tabla 9 y tabla 10, se observa que el valor de F (0.889) es menor a el valor crítico para F (3.885), llegando a la conclusión que se acepta la hipótesis nula, que afirma igualdad de las medias. Al nivel de significación de 0.05, se puede establecer que no hay diferencias de medias, al tener un valor mayor a 0.05 en la probabilidad, se infiere de que no hay diferencias significativas y al ser  $P_{\text{valor}} = 0.436$  mayor a 0.05 no se encuentra

evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula al nivel de confianza del 95%, por lo tanto, se acepta la hipótesis con un ligero riesgo de cometer un error tipo II, es decir, el promedio de alabeo para todas las muestras oscila alrededor de 0.27 cm por lo que no se aprecia diferencia de medias significativa, Además, la varianza dentro de los grupos es mayor que la varianza entre grupos, lo que indica que la variación en el alabeo se debe más a factores aleatorios que a las adiciones de  $\text{CaCO}_3$  o las temperaturas de cocción.

Respecto a la contracción de las muestras, en la tabla 11 se pueden observar los resultados que se obtuvieron para diferentes adiciones de  $\text{CaCO}_3$  y diferentes temperaturas.

Tabla 11. Resultados contracción

% $\text{CaCO}_3$	Contracción (%)		
	800°C	900°C	1000°C
0%	2.74	1.15	1.15
2%	2.91	0.45	2.15
4%	3.15	2.1	1.43
6%	4.5	1.74	3.52
8%	2.8	2.5	5

De acuerdo con la tabla 11 se puede observar que la contracción de las muestras incrementa a medida que se añade mayor cantidad de  $\text{CaCO}_3$ , sin embargo, la temperatura también influye en la variación de esta propiedad debido a que a medida que la temperatura incrementa, también aumenta la contracción que sufren las muestras.

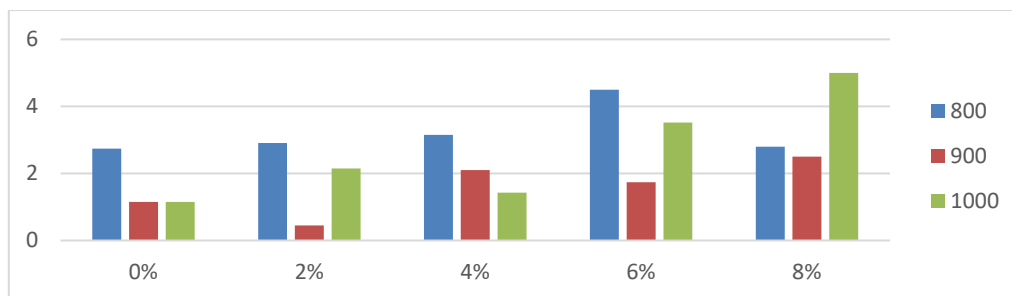


Figura 5. Contracción de muestras

Tabla 12. Análisis de resultados de contracción

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
800	5	16.1	3.22	0.53655
900	5	7.94	1.588	0.65097
1000	5	13.25	2.65	2.56695

Tabla 13. Análisis de varianza de contracción

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6.86028	2	3.43014	2.741	0.104	3.885
Dentro de los grupos	15.01788	12	1.25149			
Total	21.87816	14				

Según el análisis estadístico de la tabla 12 y tabla 13, se observa que el valor de F (2.741)

es menor a el valor crítico para F (3.885), llegando a la conclusión que se acepta la hipótesis nula, que afirma igualdad de las medias. Al nivel de significación de 0.05, se puede establecer que no hay diferencias de medias, al tener un valor mayor a 0.05 en la probabilidad, se infiere de que no hay diferencias significativas y al ser  $P_{valor} = 0.104$  mayor a 0.05 no se encuentra evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula al nivel de confianza del 95%, por lo tanto, se acepta la hipótesis con un ligero riesgo de cometer un error tipo II, es decir, los análisis de las Tablas 12 y 13 indican que existen diferencias en la contracción de las muestras a diferentes temperaturas, pero estas diferencias no son estadísticamente significativas, sin embargo, se observa que a medida que se añade una mayor cantidad de  $\text{CaCO}_3$  al ladrillo, la contracción de las muestras también aumenta. Esto indica que el aditivo de  $\text{CaCO}_3$  tiene un impacto directo en la contracción del material, además del porcentaje de  $\text{CaCO}_3$ , la temperatura también influye en la contracción de las muestras. A medida que la temperatura se incrementa de  $800^\circ\text{C}$  a  $1000^\circ\text{C}$ , se observa un aumento en la contracción de las muestras.

Los resultados mostrados anteriormente muestran el efecto de la adición de carbonato de calcio y la temperatura de cocción en la resistencia mecánica a la compresión, absorción de agua, contracción y alabeo de las muestras; García Ubaque et al., (2015) en su trabajo de investigación concluyo que la adición de lodos en pequeñas fracciones ( $>10\%$ ) no tienen efecto en la resistencia mecánica de los ladrillo que se fabrican teniendo en cuenta dichas adiciones, sin embargo al incrementar la adición de dicho material en mayores proporciones la resistencia mecánica de los ladrillos disminuye significativamente, respecto a los resultados obtenidos para resistencia a la compresión de ladrillos fabricados con adiciones de carbonato de calcio en la presente investigación se determinó que la resistencia a la compresión se ve afectada e incrementa con la temperatura y las adiciones de carbonato en proporciones del 2 y del 4%; sin embargo, al igual que la investigación anterior mencionada se observa que la resistencia disminuye con adiciones mayores de carbonato, al igual que los resultados que se presentaron en la investigación de Guerrero, Afanador, Noriega (2020), respecto a la temperatura se observa que no es necesario alcanzar temperaturas mayores a  $900^\circ\text{C}$  para lograr una resistencia optima en las muestras si se considera adiciones del 4% de carbonato lo que significa una mejora en el uso de combustibles y gastos en energía para la cocción de ladrillos, en tanto Betancourt et al., (2015) mencionó que la adición de carbonato de calcio disminuye los tiempos de cocción de las muestras y el consumo de combustibles en comparación de los ladrillos cocidos sin adición, esto concuerda con los resultados de la presente investigación, finalmente Tarazona & Quintana (2018) obtuvieron resultados similares a los obtenidos en la presente investigación, debido a que las adiciones de carbonato de calcio que consideraron influyeron en las propiedades de los ladrillos sobre todo a temperaturas de cocción de  $800^\circ\text{C}$ ; sobre el alabeo y la compresión de ladrillos el autor mencionado anteriormente observó variaciones en dichas propiedades a causa de la adición de carbonato de calcio, así como Chiccon & Rivasplata (2020) que resalto los cambios en las propiedades como el alabeo, absorción, variabilidad dimensional y resistencia a la compresión, respecto a las tres primeras el autor observo que las variabilidades de las propiedades de los ladrillos que considero como muestra cumplían con la norma E-070 para ladrillos tipo IV algo que concuerda con los resultados de la presente investigación.

Los resultados obtenidos sobre la adición de carbonato de calcio en ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho-Chosica, muestran que esta adición influye positivamente en la resistencia mecánica a la compresión, absorción de agua, alabeo y dimensiones de los ladrillos. En contraste, el estudio de Báez, Leyva y Orozco (2019) en el sector de Centeno encontró que la adición de tobas vítreas en mezclas de arcilla

también mejoraba la resistencia y reducía el peso final del producto. Además, Figueroa Calderon y Graos Lavado (2022) concluyeron que el polvo de caparazón de cangrejo reciclado mejoraba la resistencia a la compresión y reducía la absorción de los ladrillos. Estos resultados demuestran que diferentes adiciones pueden tener efectos positivos en las propiedades de los ladrillos, siendo necesario determinar el porcentaje óptimo de cada aditivo para obtener los mejores resultados en términos de resistencia y absorción.

## CONCLUSIONES

Se observó que la adición de carbonato de calcio influye positivamente en la resistencia mecánica a la compresión, absorción de agua, alabeo y variaciones de dimensión de los ladrillos estudiados del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho-Chosica, sin embargo se deben tener en cuenta el porcentaje de adiciones de carbonato ya que un exceso de estas, es perjudicial para las muestras, el porcentaje adecuado de acuerdo a los resultados es del 4% de adición de carbonato de calcio que logra una reducción en las temperaturas de cocción hasta 900°C un porcentaje óptimo de absorción de agua y un cambio mínimo en las dimensiones de las muestras como alabeo y contracción..

La influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho-Chosica es positiva debido a que esta propiedad se mejora con las diferentes adiciones de carbonato de calcio, además se reducen las temperaturas de cocción, pero se deben tener en cuenta que adiciones mayores al 4% no ejercen influencia positiva pues reducen resistencia a la compresión casi igualando los valores a las muestras que no tuvieron adiciones de carbonato.

La influencia del carbonato de calcio en la absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho-Chosica es positiva debido a que las diferentes adiciones de carbonato mejoran el porcentaje de absorción de agua de las muestras a menores temperaturas como en el caso de la adición de carbonato al 8% y al 6%.

La influencia del carbonato de calcio en la contracción y alabeo de los ladrillos no es muy significativa, pero si negativa, debido a que estas variaciones se incrementan en las muestras de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huachipa, distrito de Lurigancho-Chosica.

## REFERENCIAS

- Álvarez Pita, J. D. (2016). Evaluación de la durabilidad de morteros con sustitución parcial de ceniza de elaboración de ladrillo. UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.
- Apaza, J. (2019). Facultad de ingeniería química escuela profesional de ingeniería química caracterización de la mezcla de arcillas para la fabricación de ladrillo artesanal de la concesión San Pedro 2000 del distrito de Salcedo-Puno.
- Báez, M., Leyva, C., & Orozco, G. (2019). Evaluación de las arcillas de Centeno para su utilización en la cerámica roja del municipio de Moa. Ciencia & Futuro .
- Betancourt, D., Díaz, Y., & Martirena, F. (2013). Influencia de la adición de un 2% de carbonato de calcio en el proceso de fabricación de los ladrillos de cerámica roja: etapas de secado y cocción. Revista Ingeniería de Construcción, 28(2), 113–124. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732013000200001>
- Camino Quispe, R., & Camino Quispe, R. (2017). Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico-mecánicas del ladrillo king-kong 18 huecos adicionado con puzolana de la



## ANEXOS

### Fotos del experimento



*Figura 6. masa de arcilla*



*Figura 7. moldes para elaborar las muestras de ladrillo*



*Figura 8. Horno de cocido de ladrillos*



*Figura 9. Muestras de ladrillo cocido*



*Figura 10. Prueba de compresión*

Certificado de pruebas de calidad

PRUEBAS DE CALIDAD REALIZADAS POR LATESA S.A.C.

	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LADRILLOS</b> <b>ITINTEC 331-</b>	CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____
	Proyecto : Evaluación de la influencia del carbonato de calcio en la resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua de ladrillos del Centro Poblado de Santa María de Huacupa, distrito de Lurigancho, departamento de Lima Distrito : _____ Proceso : _____ Región : Lima	Fecha : MARZO 2023 Estado : CONTROL Exp. Lab : C.S.T. Exp. Geot : A.R.A.

1- DATOS DE LA MUESTRA O SPECIMEN

DESCRIPCION: 30 Unidades de probetas de ladrillo X190 BOM0

2- ENSAYOS REALIZADOS

% CaCO <sub>3</sub>	Alabeo [cm]		
	800°C	900°C	1000°C
0%	0.25	0.278	0.283
2%	0.275	0.279	0.275
4%	0.263	0.259	0.271
6%	0.277	0.268	0.272
8%	0.275	0.271	0.275

% CaCO <sub>3</sub>	Absorción de agua [%]		
	800°C	900°C	1000°C
0%	11.65	11.85	11.65
2%	11.89	11.95	11.9
4%	12.25	12.1	12.11
6%	13.8	12.43	12.35
8%	14.05	12.38	12.45

% CaCO <sub>3</sub>	Resistencia a la compresión [Kg/cm <sup>2</sup> ]		
	800°C	900°C	1000°C
0%	54.29	56.85	58.12
2%	60.03	61.12	62.67
4%	57.1	63.95	61.01
6%	54.9	57.3	60.58
8%	54.2	60.4	57.98

**NORMAS TÉCNICAS**  
ITINTEC 331.017

ORIGEN

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual  
INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

NORMA TECNICA PERUANA

PERU NORMA TECNICA NACIONAL	ELEMENTOS DE ANILLA COORDA LADRILLOS DE ARCILLA COCIDA Resistencia	(ITINTEC) 331.017 Octubre, 1976.
-----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------

El ladrillo se clasifica en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades (ver Tabla 1 y Tabla 2).

- 4.1 Tipo I.- Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- 4.2 Tipo II.- Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.
- 4.3 Tipo III.- Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.
- 4.4 Tipo IV.- Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- 4.5 Tipo V.- Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

Tabla 1.- REQUISITOS OBLIGATORIOS: Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

RPO	VARIACIONES DE LA DIMENSIONALIDAD (mm. en %)			ALABEO (mm. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD (kg/cm <sup>3</sup> )			
	NORMA TECNICA NACIONAL (ITINTEC 331.017)								
	Mayor de 10 mm.	Mayor de 15 mm.	Mayor de 20 mm.						
Ladrillo hueco	+ 8	+ 6	+ 4	10	50-1000	1.50			
Ladrillo macizo	+ 7	+ 5	+ 4	8	50-1000	1.80			
IV	+ 5	+ 4	+ 3	6	70	1.90			
V	-	-	-	-	100	1.90			

NOTA 1.- La masa específica es de 1900 kg/m<sup>3</sup>.

del ladrillo y agua

**GEOTEST PERU S.A.C.**  
 Ing. Abelardo Abanca Ancori  
 GERENTE GENERAL