

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis comparativo de unidades de albañilería de arcilla  
fabricados artesanalmente en la ciudad de Huaraz, 2020**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

**Shirley Cristhine Guerrero Muñoz**

**Asesor:**

**Gumercindo Flores Reyes**

Código ORCID: 0000-0002-2305-7339

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2021**

**Palabras clave:**

TEMA	ARCILLA, ALBAÑILERÍA
ESPECIALIDAD	TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

**Key Words:**

TOPIC	CLAY, BRICKWORK
SPECIALTY	CONCRETE TECHNOLOGY

**Línea de Investigación:**

Programa	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
Área	Ingeniería, tecnología
Sub Área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

Titulo

**Análisis comparativo de unidades de albañilería de arcilla  
fabricados artesanalmente en la ciudad de Huaraz, 2020**

## **RESUMEN**

El presente proyecto de investigación, tuvo por objetivo realizar una evaluación y comparación del proceso de producción de las ladrilleras Santa Rosa y Lázaro de la ciudad de Huaraz, y de la resistencia a la compresión, absorción, alabeo, variación dimensional de los ladrillos que estas producen.

Se clasificó el tipo de ladrillo de acuerdo a la norma peruana E-070 (2016) siendo del tipo III en ambas ladrilleras,

Su proceso de producción de los ladrillos de forma manual, el proceso de calcinación es irregular y el uso de la temperatura no es controlada.

La materia prima utilizada es la arcilla, mediante los límites de consistencia de Atterberg se determinó que corresponden al tipo de arcilla montmorilonita para ambas ladrilleras.

Las propiedades físicas de ambas ladrilleras como la variación dimensional esta fuera de los rangos de la norma,

La ladrillera Santa Rosa presenta unidades de albañilerías con mejor comportamiento mecánico con una resistencia promedio de  $145 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión mientras que los ladrillos de la ladrillera Lázaro tienen una resistencia promedio de  $118 \text{ kg/cm}^2$ .

## **ABSTRACT**

The objective of this research project was to carry out an evaluation and comparison of the production process of the Santa Rosa and Lázaro brickyards in the city of Huaraz, and the resistance to compression, absorption, warping, dimensional variation of the bricks they produce. .

The type of brick was classified according to the Peruvian standard E-070 (2016) being type III in both brickyards,

Its process of producing the bricks manually, the calcination process is irregular and the use of the temperature is not controlled.

The raw material used is clay. Using the Atterberg consistency limits, it was determined that they correspond to the type of montmorillonite clay for both brick kilns.

The physical properties of both brick kilns such as dimensional variation is outside the ranges of the standard,

The Santa Rosa brickyard presents masonry units with better mechanical performance with an average resistance of 145 kg / cm<sup>2</sup> of compressive strength, while the bricks of the Lázaro brickyard have an average resistance of 118 kg / cm<sup>2</sup>.

## Índice

Palabra Clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>01</b>
<b>II. METODOLOGÍA</b>	<b>23</b>
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>IV. ANALISIS Y DISCUSION</b>	<b>54</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>57</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>58</b>
<b>VII. AGRADECIMIENTO</b>	<b>59</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>60</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>61</b>

## I. INTRODUCCION

### **Antecedentes y fundamentación científica**

#### **Antecedentes**

#### **Nivel internacional**

Cotes, D., (2012) en su publicación “*Determinación de la calidad de los ladrillos a partir de la estimación de la resistencia última en las canteras de Valencia de Jesús, Las Casitas y El Cielo, en el municipio de Valledupar*” indica que la relación arcilla-arena del suelo es de gran importancia para el adobe debido a que, si no hay suficiente arcilla en la mezcla, no se conseguirá la cohesión necesaria de todas las partículas para soportar las acciones a las que estará sometido y se desmorona. Este factor se reconoce en los ladrillos de arcilla que son calcinados en hornos artesanales.

#### **Nivel nacional**

Linarez, C. (2013) en su tesis que tiene como título “Elaboración de ladrillos ecológicos con residuos agrícolas (cáscara y ceniza de arroz), como material sostenible para la construcción” tiene como objetivo general: La elaboración de ladrillos ecológicos incorporándole residuos agrícolas (cascara de arroz y ceniza de cascara de arroz), llegando a la conclusión que el porcentaje optimo es la muestra T2 añadiendo el 75% de cemento; 15% de cascara de arroz y 10% de ceniza de cascara de arroz, cumpliendo Norma E.070, NTP 399.613, NTP 399.605

#### **Nivel local**

Rojas, N. (2017). Titulado “*Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y del ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico Distrito de Santa – Ancash – 2017*”, la cual tuvo como objetivo analizar comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico, fabricados en el distrito de Santa, en la ladrillera Jhossepy, conociendo su proceso de producción, así como también, analizando el producto terminado en el laboratorio GEOMG S.A.C. para determinar sus propiedades, siendo dicha investigación de tipo aplicada con diseño de investigación experimental, llegando a las siguientes conclusiones: % lo cual hacen que la resistencia sea elevada; Se obtuvieron dentro de las propiedades mecánicas las siguientes resistencias con el 5%, 10% y

15% de escoria de horno eléctrico: 98.93 Kg/cm<sup>2</sup>, 113.40 Kg/cm<sup>2</sup> y 135.70 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Del mismo modo en el ensayo de absorción se obtuvieron los siguientes resultados con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: 12.19%, 11.24% y 9.59% respectivamente. Por último, en el ensayo de alabeo se obtuvieron los siguientes resultados con 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: concavidad 0.60mm y convexidad 0.65mm, concavidad de 0.55mm y convexidad de 0.50mm, concavidad de 0.45mm y convexidad de 0.60mm respectivamente.

## **Fundamento científico**

### **Bases teóricas**

#### **Albañilería o mampostería**

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. (Norma Técnica E.070, 2006)

La albañilería es un material estructural compuesto que, en su forma tradicional, está integrado por unidades asentadas con mortero débilmente unidas o pegadas; se trata de un material heterogéneo y anisótropico que tiene por naturaleza una resistencia a la compresión elevada, mientras que la resistencia a la tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero. (Gallegos & Casabonne, 2005)

En las últimas décadas la albañilería se ha integrado también con unidades huecas – asentadas con mortero o apiladas sin utilizar mortero–, que se llenan con concreto líquido.

La albañilería o mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales o artificiales. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

La albañilería es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de albañilería unidades entre sí por un mortero, formando un conjunto monolítico llamado muro. (Abanto, 2013).



## **Unidad de albañilería**

La unidad de albañilería o también llamado “ladrillo” es el más antiguo de los materiales de construcción empleado por el hombre, a través de la historia ha sido elaborado con diferentes componentes, entre estos se destaca el adobe. El adobe fue llevado al horno en el año 3000 a. C., en la ciudad de Ur, tercera ciudad más antigua del mundo (después de Eridú y Uruk, pertenecientes a la cultura sumeria), formándose lo que actualmente se denomina el ladrillo de arcilla o cerámico. A partir de aquel entonces se levantaron enormes construcciones de ladrillos asentados con betún o alquitrán, como la torre de Babel (“Etemenanki”, zigurat de 8 pisos) y en la época del rey Nabucodonosor 11 (Babilonia, 600 a. C.) se construyeron edificios de hasta 4 pisos (San Bartolome, 1994). Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (Norma Técnica E.070 , 2006).

La unidad de albañilería es el componente esencial para la construcción de la albañilería, se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento Portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Además, su producción se realiza en condiciones extremadamente disímiles: en sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarias canchas, muchas veces provisionales y sin ningún control de calidad. Pueden denominarse ladrillos o bloques. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. Los bloques están hechos para manipularse con las dos manos. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Por su fabricación pueden ser artesanales o industriales. Las unidades de arcilla y concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico calcáreas son únicamente de fabricación industrial. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011).

La tecnología de los materiales señala que un material de construcción es una materia prima o con más frecuencia un producto manufacturado, empleado en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil, haciendo una analogía se diría que las arcillas y arenas son materiales sin procesar y son denominados “materia prima”, mientras que un ladrillo o el vidrio son los productos elaborados a partir de estos (Instron, 2015).

## **Clasificación de la unidad de albañilería**

**a) Unidades solidas o macizas**

Unidades de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma Técnica E.070 , 2006)

En estas unidades las perforaciones o alvéolos, necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no deben alcanzar más del 30% del área de la sección bruta. Las unidades sólidas no son solo aquellas que no tienen alvéolos, sino que son también aquellas que los tienen hasta un límite determinado. En la aplicación de este tipo de unidades se consideran, para todas las propiedades, que cuentan con una sección bruta. (Gallegos & Casabonne, 2005)

**b) Unidades huecas**

Unidades de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma Técnica E.070, 2006).

En las unidades huecas el área alveolar excede el 30% del área bruta y los alvéolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido. En este caso todas las propiedades de la sección corresponden a las de la sección neta. (Gallegos & Casabonne, 2005).

**c) Unidades perforadas**

Unidades de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento. (Norma Técnica E.070, 2006).

Las unidades perforadas tienen, como las unidades huecas, más del 30% del área bruta ocupada por alvéolos; sin embargo, se diferencian de ellas por el hecho de que los tamaños de los alvéolos son reducidos (menores de 4 x 5 cm) y, consecuentemente, no pueden llenarse con concreto líquido. (Gallegos & Casabonne, 2005).

**d) Unidades tubulares**

En estas unidades los alvéolos no son como en las unidades sólidas, huecas o perforadas, perpendiculares a la cara de asiento de la unidad, sino paralelos a esta. El

tamaño de los alvéolos y la proporción del área de estos, en relación con el área bruta de la cara lateral de la unidad, varían grandemente en la producción industrial. Sus propiedades y características resistentes se determinan y consideran como si la unidad fuera sólida. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Las unidades tubulares son las que tienen perforaciones dispuestas en paralelo a la superficie de asiento, en este tipo se clasifican los ladrillos panderetas que se utilizan en los muros no portantes. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011).

### **Tipos de proceso de fabricación**

La producción de ladrillos puede llevarse a cabo de tres formas, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana:

- a) **Artisanal:** Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. Este ladrillo se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.
- b) **Semi-Industrial:** Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. Este ladrillo se caracteriza por presentar una superficie lisa.
- c) **Industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. Este ladrillo se caracteriza por su uniformidad.

Las formas de producción artesanal y semi-industrial, tienen los mismos pasos o secuencias, únicamente variando en los instrumentos, métodos y herramientas utilizadas para la producción. La principal variación se da en el proceso de moldeado, como ya se explicó en la definición, para el ladrillo semi-industrial se utiliza maquinaria que extruye la pasta de arcilla, por lo que se obtienen unidades de superficie lisa.

El proceso industrial se diferencia de los dos primeros procesos de fabricación no solo en la utilización de maquinaria para el proceso de moldeado sino en el empleo de hornos más sofisticados para la fase de cocción, llevando un control de temperatura, logrando una mejor calidad final.

## **PROCESO DE FABRICACION DE LADRILLO DE ARCILLA**

La fabricación de las unidades de albañilería se desarrolla en los siguientes pasos:

### **1. Selección y preparación de la mezcla.**

Etapa muy importante de la fabricación. De la fineza de la pasta depende en gran parte que el producto sea bien logrado, aspecto, resistencia (Barranzuela, 2014).

La excavación se realiza de forma manual a una profundidad menor de dos metros. En estos métodos se hacen cortes profundos en el paisaje (Barranzuela, 2014).

La arcilla debe someterse a un tratamiento de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas.

La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material (Barranzuela, 2014).

La principal dificultad inherente a la fabricación consiste en la elección de una mezcla de diferentes arcillas. Así por ejemplo con aquellas que son muy grasas se les mezclará con materiales desgrasantes como la arena o tierra magra (Rebusté, 1969).

El porcentaje de agua utilizada para la mezcla es aproximadamente del 25% del total (Jiménez, 2005).

### **2. Moldeado**

En esta etapa, se le da a la arcilla la forma que las unidades de albañilería deberán tener después de la cocción. Este proceso de moldeado, amasado o labranza, se realiza a manualmente o empleando maquinarias como extrusora (Barranzuela, 2014).

El proceso de moldeado en la producción de ladrillo artesanal consiste en llenar las gaveras vaciando la mezcla con fuerza dentro de ellas, compactándola con las manos y después alisándola con un rasero, que es un palo cilíndrico que se usa para quitar la parte que excede de una medida determinada (Rhodes, 1990).

### **3. Secado**

El secado del ladrillo consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta, en este proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar al ladrillo recién moldeado en un lugar seco y bajo sombra, para que pierda humedad y sea posible su manipulación (Barranzuela, 2014).

En este proceso de secado se involucran dos fenómenos físicos: transferencia de calor y transferencia de masa. La transferencia de calor se da cuando el ladrillo y el ambiente encuentran un equilibrio térmico, del cual dependerá en parte la velocidad de difusión del agua presente en la arcilla (Rhodes, 1990).

El secado puede ser forma natural o artificial. En el primer caso el secado está condicionado a las características climáticas de la región y algunas veces el lugar de secado es colocado sobre los hornos para que de esta manera se pueda recuperar algo de la energía perdida a través de la bóveda del horno (Barranzuela, 2014).

El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento de este (Rebusté, 1969).

#### **4. Cocción**

La cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final (Barranzuela, 2014).

Las fases de cocción en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento. En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100 °C (Barranzuela, 2014).

#### **Usos de los ladrillos**

Según Pajuelo, 2008, describe los diferentes usos del ladrillo.

- Usos del ladrillo en ambiente rural: Por sus características de resistencia y durabilidad, el ladrillo es un material excelente para construir en zona rural.

- Usos del ladrillo en ambiente urbano: El ladrillo brinda buenos resultados estilísticos además es práctico y permite diversas técnicas constructivas. Por sus propiedades, el ladrillo permite un lugar fresco en clima cálido y abrigado en clima frío.
- Usos del ladrillo en estructuras: El ladrillo ha demostrado poseer una fortaleza superior para soportar estructuras. Además debe de tomarse en cuenta que conserva una apariencia que armoniza estilísticamente.
- Usos del ladrillo en áreas de alto tránsito: El ladrillo es un material que ha sido utilizado extensamente en la construcción.

## **ARCILLA**

### **Definición**

Según la teoría geológica, la formación de las arcillas se da por la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, como los granitos, feldespatos o pegmatitos, los cuales son alterados por los agentes atmosféricos a través del tiempo, produciéndose las diferentes clases de arcillas según el grado de intemperización hasta alcanzar tamaños menores que 2 micras (0.002 mm) (Osorio, 2005).

La arcilla es el producto final de la descomposición de las rocas, el cual se presenta como material pétreo o terroso que contiene esencialmente silicato de aluminio hidratado e impurezas. (Del Rio, 1975).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico - mecánicas de los elementos hecho por arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la compresión, etc. (Rhodes, 1990).

### **Tipos**

Diversos autores establecen la clasificación de las arcillas teniendo en cuenta ciertos aspectos, como son su origen, su composición o su capacidad para absorber agua.

## SEGÚN SU ORIGEN

### a) Arcillas primarias o residuales.

Los depósitos primarios de arcilla se han formado en el mismo lugar que sus rocas madres, es por ello que la arcilla originaria de estos depósitos suministra los productos más puros, pero se encuentran raramente (Del Río, 1975).

Estas arcillas que no han sido transportadas por el agua, el viento o el glaciar; son generalmente más puras. Esto se debe a que las partículas que contienen el mayor número de impurezas son aquellas arrastradas por el viento o el agua. Comúnmente los bancos de arcillas primarias tienden a tener granos gruesos y una plasticidad baja (Hamilton, 1989).

Las arcillas primarias se caracterizan por:

- Alto grado de refractariedad, ya que se funden a temperaturas apenas menores a los 1750° centígrados.
- Relativa pureza, ya que tienen altos porcentajes de sílice y alúmina, y bajo contenido de óxido de hierro y otras impurezas; en su composición química.
- Color blanco adquirido después de la cocción, producto de su bajo contenido de impurezas.
- Poca plasticidad al ser moldeadas, ya que no conservan la forma que se les da después del moldeo.

### b) Arcillas secundarias o sedimentarias

Los depósitos secundarios resultan del transporte de la arcilla por la acción del agua, viento o del hielo. La arcilla procedente de estos depósitos es la que más abunda en la Tierra (Del Río, 1975).

La pureza de este tipo de arcillas es menor al de las arcillas primarias, ya que las arcillas secundarias son una mezcla de gran cantidad de arcillas producto de la erosión procedentes de diferentes lugares. Por ello es común encontrar, en el contenido químico de estas arcillas, porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas.

Las principales características de las arcillas secundarias son:

- Alto grado de plasticidad, ya que tienen granos más pequeños.
- Pueden adquirir diferentes coloraciones después del proceso de cocción, desde blanco hasta marrón oscuro, la razón es porque cuentan con un alto contenido de impurezas.

- Su punto de fusión generalmente se encuentra entre los 1150° C y los 1500° C.

### **SEGÚN SU COMPOSICION**

Pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica (Gallegos, 2005):

- a) Calcáreas:** Contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio. Producen ladrillos de color amarillento.
- b) No calcáreas:** Compuestas de silicato de alúmina, tienen de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespato y queman a un color rojizo o salmón.

Este tipo de arcillas son usadas para la elaboración de unidades de albañilería en las que la apariencia estética no es un factor (Huntington y Ellison, 1987).

### **SEGÚN SU CAPACIDAD DE ABSORCION**

Del Busto (1991) y Kohl (1975) coinciden en clasificar a las arcillas según su capacidad para absorber agua. Así, tenemos 2 clases:

- a) Grasas:** Son arcillas demasiado plásticas, incluso para pequeñas humedades. Presentan en su constitución una gran concentración de minerales arcillosos y una baja concentración en arenas silíceas. Además, contienen gran cantidad de componentes en estado coloidal, pueden absorber mucha agua, al secarse sufren de contracciones demasiado considerables. Este tipo de arcillas se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el desmolde correcto del producto elaborado.
- b) Magras:** Absorben poca agua y poseen una baja plasticidad. Al secarse no experimentan mucha contracción. Va acompañada de abundante arena.

### **Arcilla para la fabricación de ladrillos**

Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, estas presentaran diferentes características propias de cada tipo que determinaran las propiedades que va a tener los ladrillos. (Gallegos, 2005).

Las características y propiedades de las unidades de arcilla son afectadas por diversos factores, pero determinante es la composición química de la materia prima. Aunque el proceso de moldeo y cocción también son relevantes, éstos se establecen en función de las características de la materia prima.



Por ejemplo, el color de las unidades se ve afectada por la presencia de hierro, que en una cantidad menor al 7% proporciona una coloración rojiza, si se presenta un mayor porcentaje se presentará una coloración azul oscura. Además del hierro, el óxido de magnesio, en un porcentaje menor a uno, proporciona una coloración amarilla. El óxido de hierro produce unidades rojas o blancas con porcentajes menores al 5%.

La presencia de carbono puede llegar a producir unidades ennegrecidas por dentro e hinchadas si no se ha tomado un adecuado control del proceso de cocción.

Minerales tales como sílice, cal y feldespato que proporcionan compacidad a las unidades, de presentarse exceso de estos minerales, se perdería la cohesión y homogeneidad del material. Así, la sílice debe mantenerse en un rango de 50% a 60% y la cal debe encontrarse por debajo del 10%. Estos valores límite también evitan el agrietamiento en el producto final.

La alúmina en porcentajes mayores a cinco, proporciona el aumento de la refractariedad del material y el óxido de magnesio produciría deterioro por expansión de la superficie si se presentan cantidades mayores a 1%.

También se encuentra que el sulfuro de hierro al oxidarse, lleva a la destrucción de la homogeneidad, afectando la resistencia puesto que provoca rotura de la unidad.

## **PROPIEDADES**

Según la (Sociedad Geológica Mexicana, 1964) la arcilla presenta propiedades tales como:

- Plasticidad, esta propiedad le permite a la arcilla en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, y se puede con la masa amoldar diferentes formas de objetos o ladrillos.
- Contracción, tiene efecto durante el secado y la cocción. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando estos en los poros interiores, hasta conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros, disminuyendo el volumen.
- Aglutinación, es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.

- Porosidad y absorción de agua, dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.
- Vitricación, es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelven más sonora y quede dura.

### **Análisis Granulométrico.**

Este ensayo básico determina en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de diferentes tamaños. Existen diferentes procedimientos para determinar la composición granulométrica del suelo. Por ejemplo, para tamizar partículas gruesas, el método más rápido es el tamizado.

Sin embargo, a medida que disminuye el tamaño de las partículas, el tamizado se vuelve cada vez más difícil, por lo que se debe recurrir al proceso de precipitación.

### **Límite plástico de las arcillas.**

El límite de plasticidad se define como el contenido de agua más bajo al que el suelo vuelve a su estado plástico. En este estado, se puede deformar o moldear rápidamente sin rebotar, cambiar de volumen, agrietarse o astillarse.

### **Límite líquido de los suelos.**

Esta característica física llamada Límite líquido es el contenido de humedad más alto que puede tener el suelo sin cambiar de plástico a líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que el suelo puede fluir sin ningún esfuerzo, el cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, e indica el grado en que el suelo retiene la humedad del estado plástico antes de volverse líquido.

## **LADRILLOS**

### **Definición**

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo (Moreno, 1981).

Gallegos (2005); Hendry, Sinha y Davies (1997) definen al ladrillo como el componente básico para la construcción de la albañilería y la construcción.

Schneider y Dickey (1980), Marotta (2005) y Somayaji (2001) lo definen como una pequeña unidad de arcilla quemada para albañilería, de forma rectangular.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) denomina al ladrillo como la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquistos arcillosos, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).

## **TIPOS**

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.070, 2006), clasifica al ladrillo en cinco tipos:

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

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

- Tipo 21: Para uso en donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para uso general donde se requiera moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción severa del frío y a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se requiera moderada resistencia a la compresión.

- Tipo 10: Para uso general donde se requiera mediana resistencia a la compresión.

### **Propiedades**

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería.

Según (Somayaji, 2001), se pueden dividir en dos categorías mayores

#### **a) Propiedades físicas.**

- Color: Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color.
- Textura: Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración.

#### **b) Propiedades ingenieriles.**

Algunas propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes (Gallegos, 2005):

##### **Relacionadas con la resistencia estructural:**

- Resistencia a la compresión: Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión.
- Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.
- Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

##### **Relacionadas con la durabilidad:**

- Absorción: Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido.
- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.

- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

## **RESISTENCIA A LA COMPRESION.**

### **Objetivo:**

Determinar la máxima capacidad de resistencia a la compresión de cada unidad de ladrillo a ensayar.

### **Aparatos:**

- Máquina de ensayos, la maquina será equipada con dos bloques de soporte de acero.
- Bloques de soporte de acero y platos, la superficie de los bloques de soporte de acero y las placas no se aceptarán de un plano por más de 0.025 mm en cualquier dimensión de 152.4 milímetros.

### **Procedimiento:**

- Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apaneladas, llenar las depresiones con un mortero compuesto, por una parte, en peso, de mortero de cemento Portland y dos partes, en peso, de arena, incorpore un aditivo o cloruro de calcio en porcentaje no mayor de 0.2%. Dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado. Cuando las cavidades excedan 13 mm, usar un fragmento de ladrillo o una sección de teja o placa metálica como relleno en el núcleo.
- Para refrentar los especímenes se cubren las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca, el refrentado se podrá realizar con yeso o azufre.
- Colocación de los especímenes, ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo.
- Condición de humedad de los especímenes, cuando se ensayan los especímenes, estarán libres de humedad visible o manchas de humedad.
- Velocidad de ensayo, aplicar la carga hasta la mitad de la máxima carga prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina

para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de un minuto y no más de dos minutos.

- Carga máxima, registrar la carga de compresión máxima.
- Se calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0.01 Mpa.

$$F'_c = C = W / A$$

Donde:

$F'_c = C$  = Resistencia a la compresión del espécimen, Mpa.

$W$  = Máxima carga en N, indicada por la máquina de ensayo.

$A$  = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, mm<sup>2</sup>.

### **Justificación de la investigación**

#### **Social**

Incentivar y difundir para futuras investigaciones a los alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro las características que tienen en su elaboración los ladrillos para ser utilizados como materiales de construcción seguros y que cumplan con los requerimientos de la norma.

Debido a la gran demanda que presenta el ladrillo de arcilla, en las diversas construcciones de edificaciones en la ciudad de Huaraz, este estudio comparativo evaluará el proceso de elaboración de estas unidades de albañilería y lo más importante determinarán si están aptas para ser usadas en la construcción de muros portantes y tabiques, de esta manera se dará una seguridad a la comunidad local que hace uso de estos ladrillos, que sus muros y tabiques elaborados con ellos resistirán los esfuerzos sísmicos sin colapsar.

#### **Por viabilidad**

En el estudio se realizarán ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas los cuales están normados y basados en la E 070 Norma Técnica Peruana

y se asumirá la adquisición de las Normas Técnicas Peruanas 399.613, 399.605 ,331.017 para describir de forma exacta sus cantidades.

Al tener que ensayar unidades de albañilería elaboradas de diferentes ladrilleras, se requiere que sean hechos en forma simultánea y en laboratorios reconocidos, teniendo así que optar por instrumentos y equipos necesarios que serán proporcionados por el laboratorio reconocido que sea usado, y con las muestras mínimas para que el costo para los ensayos sea lo necesario.

### **Tecnológica**

El presente proyecto permitirá el uso de un nuevo e innovador material el cual puede reemplazar o ser usado como una alternativa al ladrillo, llegando a tener similares propiedades mecánicas, las cuales proporcionarán a la unidad de albañilería producida con ceniza de concha de abanico un similar comportamiento estructural.

Los resultados del presente estudio podrán utilizarse como referencia en otras investigaciones y además servirá para que ingenieros, personas y empresas que se dedican al rubro de edificaciones dispongan de la información de un tipo de ladrillo con mejores características mecánicas que el ladrillo común.

### **Problema**

#### **Realidad problemática**

En el Perú, la explosión demográfica actual ha conllevado a una demanda excesiva de viviendas, constituyendo el ladrillo una alternativa masiva para la construcción de las viviendas, utilizando preferentemente el ladrillo elaborado artesanalmente, seguido de los ladrillos elaborados de una forma semi industrial, ya que el mercado de la autoconstrucción, no denota la diferencia de calidad, entre el ladrillo de producción artesanal y la realizada de forma semi industrial, simplemente repara en el precio, dicho proceso de elaboración artesanal no tiene un control de calidad, por ello es necesario realizar el estudio de sus propiedades físico y mecánica y dar una posible solución a dicho problema, orientar a la mejora continua y alcanzar las exigencias de la norma de albañilería.

Entre las principales desventajas del ladrillo de arcilla artesanal esta la baja resistencia a la compresión, la cual no cumple con la Norma Técnica E 070 en algunos casos, por distintos factores en el proceso de fabricación, materia prima empleada, asimismo no se cuenta con la tecnología de fabricación ni los procesos establecidos y homogéneos como los son los elaborados de forma semi industrial e industrial, lo que ocasiona que las propiedades físico mecánicas de las unidades producidas varíen ampliamente. Así mismo, son poco o nada los controles de calidad, generando una incertidumbre en su comportamiento estructural.

La normatividad peruana cuenta con un documento técnico llamado Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales, con el objeto de brindar una fuente de consulta rápida, orientativa y criterios para el uso eficiente de los recursos vinculados a esta actividad y para la implementación de nuevos recursos en la fabricación para la mejora de sus propiedades físico-mecánico entre ellos, la resistencia a la compresión, si bien es cierto es una de las alternativas de mitigación de este problema, según nuestra investigación mitigar el problema esta relacionado al uso de los ladrillos artesanales e incorporarlo de forma obligatoria en su uso de la construcción bajo procesos de elaboración y calcinación adecuados que permitan proporcionar propiedades físicas y mecánicas adecuadas según la norma.

Para poder contribuir en la toma de decisiones y mitigar el problema de la baja calidad de ladrillo en el uso para la construcción, es que se determinará las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla artesanal para poder darle un valor agregado y una verificación de condiciones adecuadas para su uso en la construcción.

### **Formulación del problema**

¿Cuál será la propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas de dos ladrilleras artesanales en la Ciudad de Huaraz de acuerdo a sus procesos de calcinación artesanal?

### **Conceptuación y operacionalización de las variables**

#### **Variable**



## **Resistencia a la compresión**

### **Definición conceptual**

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. (Instron, 2015).

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente.

### **Definición operacional**

El objetivo de este ensayo es conocer las propiedades mecánicas en cuanto a resistencia a compresión simple (en MPa o kg/cm<sup>2</sup>) de cada ladrillo de arcilla artesanal de dos diferentes ladrilleras en la ciudad de Huaraz.

Para la realización de este ensayo se utilizará una prensa multi-ensayo que va ejerciendo una carga continua sobre la muestra hasta completar la rotura de la misma tal y como dicta la norma E. 070 – Albañilería.

Se ensayarán 10 ladrillos de arcilla, para tener con ellos, resultado final de su resistencia a la compresión y otras propiedades físicas, estas se determinan con la media aritmética de dichos ladrillos enumerados para facilitar los cálculos.

Al mismo tiempo, como medida de control, cada una de los ladrillos de arcilla artesanales se medirá y pesara antes de ser ensayada a compresión simple para ver así la posible pérdida de peso que sufrían desde el momento de fabricación hasta que eran ensayadas.

## **Dimensiones**

### **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza. Las propiedades mecánicas de los materiales se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de cargas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente, tienen carácter de choque. Las propiedades mecánicas principales son: dureza, resistencia, elasticidad, plasticidad y resiliencia, aunque también podrían considerarse entre estas a la fatiga y la fluencia. (Tucker, 1989).

### **Propiedades físicas**

Una propiedad física es cualquier propiedad que es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas define el estado de un sistema físico. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema describen sus transformaciones y su evolución temporal entre estados instantáneos. Las propiedades físicas a veces se denominan observables, especialmente en mecánica cuántica. (Cesare, 1987).

### **Indicadores**

- Resistencia a la Compresión Axial (kg/cm<sup>2</sup>)
- Variación dimensional (cm)
- Absorción (mm<sup>3</sup>)
- Alabeo (mm)

### Resumen de operacionalizacion de la variable

VARIABLES				
Variables	Dimensión	Indicadores	Índices	Instrumentos
Propiedades de ladrillos de arcilla	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión	Kg/Cm <sup>2</sup>	prensa para compresión axial calibrada
	Propiedades Físicas	variabilidad dimensional	Cm	Guías De Investigación
		absorción	mm <sup>3</sup>	balanza – horno de secado
		alabeo	mm	cuña metálica graduada en mm y regla en mm
Proceso de producción	elaboración del ladrillo	materia prima usada	arcilla arena	Guías De Investigación
		elaboración	manual mecánico	Guías De Investigación
	calcinación del ladrillo	tipo de combustible	petróleo carbón de piedra	Guías De Investigación
		tiempo de cocción	días	Guías De Investigación

## **Hipótesis**

La evaluación del proceso de producción determinará si las propiedades de ladrillos de arcilla artesanales en la ciudad de Huaraz que cumplen con la norma peruana E070 y pueden ser utilizados en la construcción de muros y tabiques.

## **Objetivos**

### **Objetivos general**

Evaluar el proceso de producción, la resistencia a la compresión, absorción, alabeo y variación dimensional de los ladrillos de arcilla artesanales en la ciudad de Huaraz, 2020

### **Objetivos específicos**

- Conocer las características de los materiales usados en la elaboración de los ladrillos artesanales en la ciudad de Huaraz.
- Conocer el procedimiento de cocción, temperaturas, tiempos y materiales de combustión usados para la fabricación de los ladrillos artesanales en la ciudad de Huaraz.
- Determinar la resistencia a la compresión, variabilidad dimensional, absorción y alabeo de los ladrillos artesanales en la ciudad de Huaraz.
- Determinar la categoría o tipo de los ladrillos artesanales de la ciudad de Huaraz.

## II. METODOLOGÍA

### Métodos de investigación

Los métodos de investigación que se utilizaron fueron dos:

- **Método de Observación:**

Se aplicó la observación científica porque se estuvo en contacto directo con las dos ladrilleras en la ciudad de Huaraz: Ladrillera Santa Rosa y Ladrillera Lázaro, en visitas directas, sus unidades de albañilería producidas fueron las que se controlaron su comportamiento de sus propiedades tanto físicas como mecánicas además de su proceso de producción (variables), el investigador se encargó de realiza la organización y control del proceso correspondiente.

- **Método Descriptivo:**

Debido a que el procedimiento que se llevó a cabo en la investigación se evaluó el estado, el comportamiento de los ladrillos de arcilla cocida de las dos ladrilleras de la ciudad de Huaraz sin alterarlos, y de forma aleatoria se escogió la muestras analizadas en los laboratorios de la Universidad San Pedro, en donde basado en los procedimientos técnicos de los correspondientes ensayos como la resistencia a la compresión, la determinación de la absorción, succión, alabeo, variación dimensional y eflorescencia química.

- **Método Comparativo:**

Porque este método estará referido a la comparación de tipos de resultados obtenidos después de los ensayos en el laboratorio de las propiedades físicas y mecánicas de dos ladrilleras artesanales en la ciudad de Huaraz. Ladrillera: Santa Rosa y Ladrillera Lázaro

### Tipo de investigación

#### Según su finalidad:

La investigación es del tipo **aplicada** ya que los resultados que tenemos producto de la descripción y ensayos van a contribuir a presentar una alternativa de mejora o solución de la problemática existente que se tiene en el sector de la contruccion en la ciudad de Huaraz respecto a la poca resistencia a la compresión que presentan los ladrillos artesanales de arcilla y así poder encontrar nuevas

alternativas de implementar en la producción de estos ladrillos específicamente en las ladrilleras estudiadas.

La investigación además es del tipo **sustantiva** porque los resultados encontrados en el laboratorio han permitido realizar la evaluación del comportamiento de la arcilla, y se evaluó el comportamiento de la variable de estudio, se consiguió detallar las propiedades mecánicas y físicas tal como se presentan sin alterarlas.

### **Según el énfasis en el manejo de los datos**

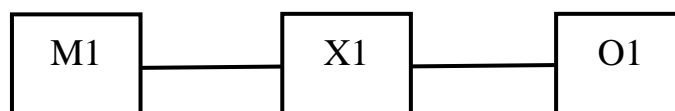
Según este aspecto la investigación se puede considerar del tipo **cuantitativo y cualitativo**, ya que predominó la cuantificación de los resultados y el cálculo para explicar el comportamiento de la variable de propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos: resistencia a la compresión, variación dimensional, alabeo, absorción, succión y eflorescencia, y porque predomina el enfoque cualitativo para describir el proceso de fabricación y las condiciones de calcinación de los ladrillos artesanales.

### **Diseño de investigación**

Es una investigación no experimental, que consiste en que las variables de estudio no estas manipuladas ni controladas, además, la suscrita como investigadora visualiza el fenómeno a ser estudiado en su ámbito natural.

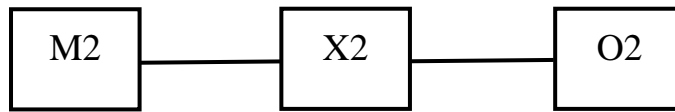
Asimismo, esta investigación, es **descriptivo – comparativo**.

Y en un estudio de este tipo, descriptivo-comparativo se debe procesar 2 o más muestras, en este caso fueron muestras de la ladrillera artesanal Santa Rosa y ladrillera artesanal Lázaro, en donde se evaluó las propiedades de sus ladrillos y su proceso de producción.



Donde:

- **M1:** Es la muestra de ladrillos de arcilla cocida artesanal de ladrillera A.
- **X1:** Variable: Propiedades de ladrillos de arcilla.
- **O1:** Resultados de las Propiedades de ladrillos de arcilla.



Donde:

- **M2**: Es la muestra de ladrillos de arcilla cocida artesanal de ladrillera B.
- **X2**: Variable: Propiedades de ladrillos de arcilla.
- **O2**: Resultados de las Propiedades de ladrillos de arcilla.

### **Población-muestra**

#### **Población**

La población es el conjunto de todos los elementos o unidades de análisis de investigación que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación. (Baptista, 2010).

La población de la presente investigación estuvo compuesta por ladrillos de arcilla artesanales que han sido elaborados en distintas ladrilleras de la ciudad de Huaraz: ladrillera artesanal Santa Rosa y ladrillera artesanal Lázaro

#### **Tamaño de la población**

Debido a que la población de la presente tesis está definida por cada una de las ladrilleras a evaluar, es decir 2 ladrilleras como mínimo, la muestra, para las propiedades físicas y mecánicas han sido en número mínimo de ladrillos para determinar su valor promedio. Esto es 10 unidades de albañilería de arcillas producidos de forma artesanal en la ciudad de Huaraz por cada ladrillera evaluada sin modificar sus componentes.

#### **Muestra**

En un subconjunto, o parte del universo o población, en la cual se llevó a cabo la presente investigación (Cortes, M., 2012, p. 33).

La muestra es un subgrupo de la población, es un subconjunto de elementos que pertenecen al universo. (Baptista, 2010).

### **Técnicas e instrumentos de investigación**

A continuación, se presenta un resumen de las técnicas e instrumentos de la investigación.

**Cuadro N° 1.***Técnica e instrumento de investigación*

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>AMBITO DEL TRABAJO</b>
<b>TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS</b>		
OBSERVACION CIENTIFICA	-Guía de investigación. -Fichas técnicas de los ensayos a aplicarse. -Visitas a campo. -Registro fotográfico. -Referencia bibliográfica. -Equipo de cómputo para el procesamiento de datos.	-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas. -Grupo experimental: Muestras de ladrillos modificadas.
<b>TECNICA DE ANALISIS DE DATOS</b>		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION	-Fichas técnicas de los ensayos a aplicarse. -Equipos de laboratorio para los ensayos.	-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas.
SOFTWARE	-Microsoft Excel 2013 -Microsoft Word 2013	-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las técnicas ya mencionadas en el cuadro N°01 se utilizaron por los siguientes motivos.

- **Técnica de la observación científica:** Porque se estuvo en contacto en ambas ladrilleras con la realidad de las unidades de albañilería tanto en su fabricación como en su proceso de calcinación y se necesitó para ello establecer relaciones entre el objeto de análisis los ladrillos y lo que se pretende conocer de él, sus procesos de fabricación del mismo.



- **Técnica de la recolección de datos:** Para desarrollar la investigación y cumplir con sus procedimientos detallados en el proyecto se determinó los valores de las variables que se investigan, hay que mencionar que esta de esta técnica depende la precisión de los resultados que se muestran en el capítulo siguiente.
- **Técnica de análisis de datos:** Para la realización de las operaciones a las que el investigador sometió los datos se usó ayuda de software de editores de texto y hojas de cálculo con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio.

Los procedimientos de aplicación de las técnicas y los instrumentos se realizaron en cada etapa del proceso de desarrollo de la investigación, el proceso descriptivo, el proceso de análisis, el proceso de ensayos, y el análisis de los resultados obtenidos.

#### **TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS:**

- Se ubicó y localizó las ladrilleras que producen ladrillos de arcilla artesanal, esto se dió visitando el sector de CPM San Nicolás - Huaraz en donde existen diversas ladrilleras artesanales con estas características, en muchas de ellas no se pudo acceder y no permitieron compartir la información de sus unidades, Las ladrilleras evaluadas tienen una producción continua del sector, la técnica que se utilizó en el proceso de obtención de datos fue la de observación científica, para ello se hizo uso de algunos instrumentos como fichas, entrevistas con los trabajadores y propietarios de las ladrilleras, las conversaciones con los propietarios permitió obtener información detallada de su producción, antigüedad, productos, lugar de comercialización, etc. El estudio se realizó en las que permitían el acceso y eran más factibles que se acomodaron a nuestros requerimientos, siempre coordinando las visitas.
- En las actividades de recopilación de marco teórico en el área de los procesos de elaboración de los ladrillos de arcilla artesanal como instrumento guías de referencias bibliográficas.
- Descripción de las propiedades físicas tales como la textura y el color que presenta el ladrillo artesanal de la ciudad de Huaraz, después de extraerlo del horno, como mínimo, 2 días después de su quemado para que no sufra fisuras por

el cambio brusco de temperatura, esto se hará utilizando instrumentos como un formato de ficha descriptiva.

### **Técnica de análisis de datos:**

- Ensayos para determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla artesanal utilizando instrumentos como los equipos del laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro y la ficha técnica NTP 399.613 del reglamento.
- Software para el procesamiento de datos obtenidos de los ensayos utilizando como instrumento el programa Microsoft 2013, en especial en Excel y el Word.
- Estadística inferencial basándose en las conclusiones redactadas, y determinando la desviación estándar de los promedios en las propiedades físicas y mecánicas de los resultados de laboratorio.

- **PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS**

Se utilizó el método descriptivo porque mediante cuadros de doble entrada y gráficos de barras, se procesaron los resultados obtenidos en el laboratorio mediante rigurosos protocolos y se realizaron los respectivos ensayos:

- Ensayo de variación dimensional
- Ensayo de absorción
- Ensayo de alabeo
- Ensayo de succión
- Ensayo de efluencia
- Ensayo de resistencia a la compresión

Estos ensayos nos permitieron determinar los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanales, bajo la norma E.070.

### **Métodos estadístico descriptivos**

- Tabla de distribución de frecuencia: Para organizar los datos y calcular algunos indicadores como la resistencia a la compresión, medidas de resumen y estadígrafos.

- Gráficos estadísticos, histograma de frecuencia: Para poder observar con mayor simplicidad la variación de los resultados obtenidos para cada muestra.
- Medias aritméticas: Para calcular lo que comúnmente se llama promedio, esto lo obtendremos dividiendo la suma de los valores de la variable, en este caso la resistencia a la compresión entre el número de muestras ensayadas.
- Varianza de desviación estándar: Para construir un indicador que dimensione la desviación o distancia promedio de los indicadores, en este caso la resistencia a la compresión, respecto a su promedio.

### **Limites de Consistencia**

Se realizó la extracción de material en las dos ladrilleras ciudad de Huaraz. Ladrillera: Santa Rosa y Ladrillera Lázaro.

De cada ladrillera se extrajo la cantidad de 500 gr por cada muestra la que fue enviada para realizar en ensayo de límites de consistencia en la Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales.

Donde se siguieron los siguientes pasos:

#### **Preparación del material.**

Arcilla que pasa por la malla 40 (0,42 mm). L

Si les necesario se agrega lo retira el agua y luego se agita la muestra hasta obtener una pasta semilíquida con humedad uniforme.

Para suelos limosos y arenosos con bajo contenido de arcilla, la prueba se puede realizar inmediatamente después de agregar agua de acuerdo con el procedimiento descrito en las arcillas

Para la arcilla, este tiempo debe aumentarse a 5 horas o más para asegurar que la humedad en la muestra sea uniforme.

#### **Determinación del límite líquido.**

El límite líquido se determina cuando se sabe que el suelo modificado  $w_L$  tiene una fuerza cortante baja (aproximadamente  $10.02 \text{ kg/cm}^2$ ), por lo que la muestra de suelo modificado requiere 25 golpes a parte cerrada es a distancia del suelo 2 pulgadas. L

1. La prueba inicia haciendo una pasta de fondo en un recipiente plástico o de porcelana cuya humedad sea ligeramente superior al límite de líquido indicado por el técnico de laboratorio.
2. Se retira y seca la cápsula de la máquina Casagrande, esta debe estar limpia y completamente seca
3. Se inserta la capsula de arcilla en la posición de la prueba.
4. Se coloca entre 150 gramos a 170 gramos de arcilla húmeda que pueda quedar suave y lisa, luego con la espátula en un área de 11 cm de diámetro y 1 cm de altura se debe tener cuidado de no dejar burbujas o grumos en la masa.
5. De acuerdo con el eje de simetría de la cápsula, use una ranurador para dividir el suelo en dos mitades
6. Se Gira la manivela uniformemente a una velocidad de dos revoluciones por segundo; Se continua hasta que la ranura esté cerrada de 1/2 pulgada
7. Se debe retirar la tierra en la cápsula Casa Grande con una espátula,
8. Se toma una muestra de 5 gramos de arcilla en el área cerrada a surcar y pesarla inmediatamente para obtener la humedad,
9. Se continua removiendo el suelo con una espátula (durante este período el suelo pierde humedad) y luego repita los pasos (2) a (8).
10. Repetir los pasos (2) a (9) de 3 a 4 veces hasta alcanzar el número de golpes de 15 a 20.

### **Determinación del límite plástico w<sub>P</sub>**

El límite de plasticidad es el contenido de humedad del suelo cuando se rompe un pequeño trozo de arcilla se coloca entre la palma de la mano y una superficie lisa, se realiza un amasado en una varilla con un diámetro de 1/8 de pulgada (3 mm).

1. Use parte del material restante en la prueba de límite de líquido.
2. En los suelos muy plásticos, WP puede ser muy diferente de WL; se recomienda realizar las pruebas en superficies o pisos altamente plasticosun determinado periodo
3. Se deja secar el material por el interior, se extiende sobre una placa de vidrio y se debe amasar sobre una tela nueva; o ingresarlo a un horno

(baja temperatura), al sol o bajo una lámpara eléctrica; en cualquier caso, debes asegurarte de que esté uniformemente seco.

4. El límite plástico WP corresponde al contenido de humedad cuando la varilla de 3 mm así formada se rompe en fragmentos de 0,5 a 1 cm de largo.
5. Pese la barra resultante inmediatamente para determinar su contenido de humedad.

## IV. RESULTADOS

Ubicación:

### **Ladrillera Artesanal “Santa Rosa”**

Se localiza en la Carretera Huaraz – Recuay - Lima km 08+00, CPM San Nicolás-Huaraz- Ancash.



**Figura N°3:** ladrillera artesanal Santa Rosa – Huaraz.

Fuente: Google.maps

### **Ladrillera Artesanal “Lázaro”**

Se localiza en la Carretera Huaraz – Recuay - Lima km 06+00, CPM San Nicolás-Huaraz- Ancash.



**Figura N°3:** ladrillera artesanal Lázaro – Huaraz.

Fuente: Google.maps

Respecto a la caracterización de las ladrilleras tenemos:

Datos Generales de Ladrilleras Artesanales:

	<b>“Santa Rosa”</b>	<b>“Lázaro”</b>
<b>Propietario encargado</b>	/ Sr. Julio Villalobos Muñoz	Sr. Carlos Luis Lázaro Toledo
<b>Años de producción</b>	1985 – 2020 = <b>35</b>	1968 – 2020 = <b>52</b>
<b>Producción promedio</b>	1 millar ladrillo crudo por día	1 millar ladrillo crudo por día

## **PROCESO FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA EN HORNO ARTESANAL**

### **Ladrillera Artesanal “Santa Rosa”**

ANTES:

Pasa el molde con arena fina seca para que no se pegue la masa.

PREPARACIÓN:

La masa es tierra con aserrín. (70% tierra + 30 % aserrín).

QUEMADO:

Para el quemado los apilan de 4 unidades de albañilería (dos horizontales y dos verticales) y agregan una capa de carbón de piedra cada vez que apilan.

Utilizan 100 cargas de leña para el quemado. (30 rajadas de leña es una carga).

El quemado dura 3 días y 3 noches y van alimentando de manera progresiva el horno hasta terminar las 100 cargas de leña, el horno no debe enfriarse, ya que los ladrillos pueden salir negros (ahumados) y en consecuencia se quiebran.

### **Ladrillera Artesanal “Lázaro”**

ANTES

Pasa el molde con arena fina seca para que no se pegue la masa

PREPARACIÓN

La masa es tierra con aserrín. (80 % tierra humosa + 20 % aserrín, Los ladrillos preparados frescos son cubiertos con un plástico doble del sol y la helada indica que ambos agentes climáticos pueden rajarlos y en consecuencia quebrarse

## QUEMADO

Para el quemado los apilan de 4 filas y agregan 120 cargas de leña para el quemado. (30 rajos de leña es una carga

El quemado dura 3 días y 3 noches y van alimentando de manera progresiva hasta terminar las 120 cargas de leña

## PROCESO FABRICACIÓN ARTESANAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA

Los procesos de elaboración de las unidades de albañilería de arcilla son similares en ambas ladrilleras evaluadas: “Santa Rosa” y “Lázaro”, así como también las ladrilleras de otros centros poblados aledaños. Y se detalla a continuación:

- La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Los artesanos incorporan a la masa de barro un material de desecho en los aserraderos y carpinterías de la zona: el aserrín, el cual al mezclarse proporciona mejor trabajabilidad y evita el cuarteo o resquebrajamiento de la unidad al secarse de forma natural.

### 1.- Extracción y selección del Material

En esta etapa se realiza el desmembramiento de la arcilla en su estado natural de la cantera de forma manual, apoyados de pico, lampa y barreta. Luego se desterrona la arcilla, esta etapa da en consecuencia taludes

La arcilla se somete a un proceso de trituración, homogenización artesanal y reposo en acopio

### 2.-Selección y amasado

Luego de seleccionar el tipo de arcilla y basándonos en la experiencia del artesano, a la mezcla de barro se le agrega aserrín. Luego de dicha mezcla se adiciona agua, se procede al pisado de la masa con los pies, hasta poder



conseguir una masa plástica moldeable, después se debe dejar reposar cubriéndolo con plástico para así no se pierda la humedad durante el proceso de moldeado. El suministro de aserrín proviene de aserraderos de la zona.

### 3.- Moldeado

Para dar forma a los ladrillos se utilizan moldes de madera llamados gaveras de 4 unidades. El moldeado se realiza de forma manual. Este proceso inicia lubricando la gavera con agua, luego se empapa con arena fina seca. Después se toma una porción de barro agregando a la gavera, ejerciendo fuerza con las manos y moldeándolas. Luego del llenado, se retira el excedente con una regla de madera llamado rasero o Callhua, debiendo de lubricarla con agua por cada uso.

### 4.- Secado

Este paso es el desprendimiento del agua de la pasta, el cual es dejar la unidad de albañilería recién desmoldada en un lugar seco, de esa manera se logra que disminuya la humedad y sea posible la manipulación.

El secado se da de forma natural y depende de las características climáticas de la ciudad de Huaraz.

### 5.- Cocción

La cocción, es a alta temperatura por periodos prolongados de tiempo en el horno, con la finalidad de que se obtengan las propiedades mecánicas y físicas adecuadas y la apariencia final, porque una arcilla sin cocer corre el riesgo de no cumplir con las propiedades mínimas requeridas según las normas vigentes

Se realiza en hornos de túnel, donde la temperatura de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C. Este proceso dura tres días y tres noches.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos y ensayo de materiales de la Universidad San Pedro, donde se tiene los resultados de las unidades de albañilería artesanales de las dos ladrilleras evaluadas, en los ensayos, de variación dimensional, absorción, succión, alabeo, resistencia a la compresión y eflorescencia.

## RESULTADOS DE ENSAYOS

### A. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión de los ladrillos determina a qué tipo de ladrillo corresponden de acuerdo a nuestro reglamento E-070.

Los ensayos de resistencia, variación dimensional y alabeo, son los principales u obligatorios según la norma E-070, también se realizaron otros ensayos complementarios tales como: Absorción, succión y eflorescencia.

**Tabla N°01: Resistencia a la compresión de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz**

Muestra	Largo	Ancho	Alto	Area bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.20	14.20	7.0	328.7	49100	<b>149</b>
2	23.32	14.24	6.8	332.1	46280	<b>139</b>
3	23.10	14.15	7.0	327.0	43240	<b>132</b>
4	23.34	14.22	6.9	331.9	49030	<b>148</b>
5	23.18	14.16	7.3	328.2	50740	<b>155</b>
<b>Promedio</b>						<b>145</b>

Desviación estándar: **8.84**

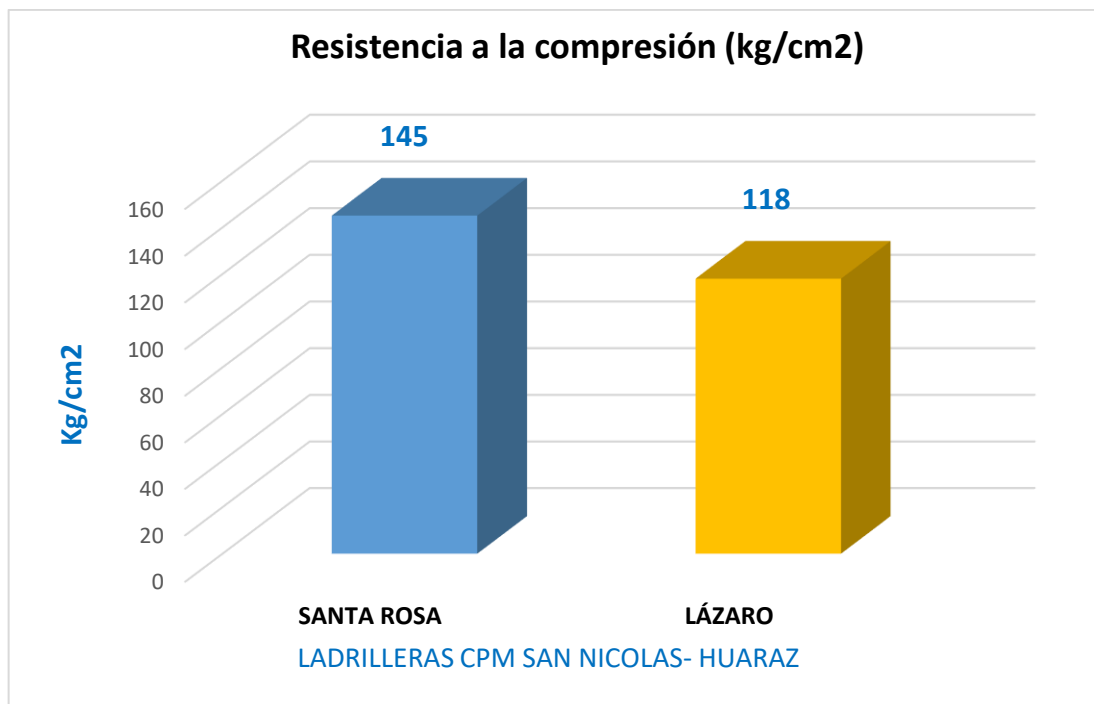
Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.

**Tabla N°02: Resistencia a la compresión de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera LAZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

Muestra	Largo	Ancho	Alto	Area bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
1	23.20	13.95	6.8	324.2	37940	117
2	23.35	13.84	6.7	323.2	44650	138
3	23.90	14.11	7.0	337.7	37140	110
4	23.52	13.98	7.0	328.8	38460	117
5	24.03	14.12	7.0	339.3	35770	105
<b>Promedio</b>						<b>118</b>

Desviación estándar: **12.54**

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.



**Figura N°01:** Promedios de la Resistencia a la compresión: ladrillera SANTA ROSA y LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz

## B. LA VARIACION DIMENSIONAL

según Norma Técnica Peruana: NTP 339.613

es una propiedad física de la unidad de albañilería considerada principal, asimismo esta variación se relaciona con las dimensiones de las juntas, por lo que se definen las alturas de las hiladas de un asentado. si en el proceso de asentado se visualiza irregularidades en su colocación y variabilidad se tendrá mayor o menor cantidad de espesor de junta, debiendo tener estas juntas una dimensión homogénea o regular de 1.50 cm

Para determinar esta propiedad se hace uso de una regla metálica regulada en separaciones de un milímetro.

Se usará un Vernier graduado en separaciones de 0.4 mm para medir los tabiques y los espesores en las paredes laterales.

Para la muestra se escogió 5 unidades, las que han sido dimensionadas en todas sus aristas o lados, es decir: ancho, alto y longitud, así como también los grosores

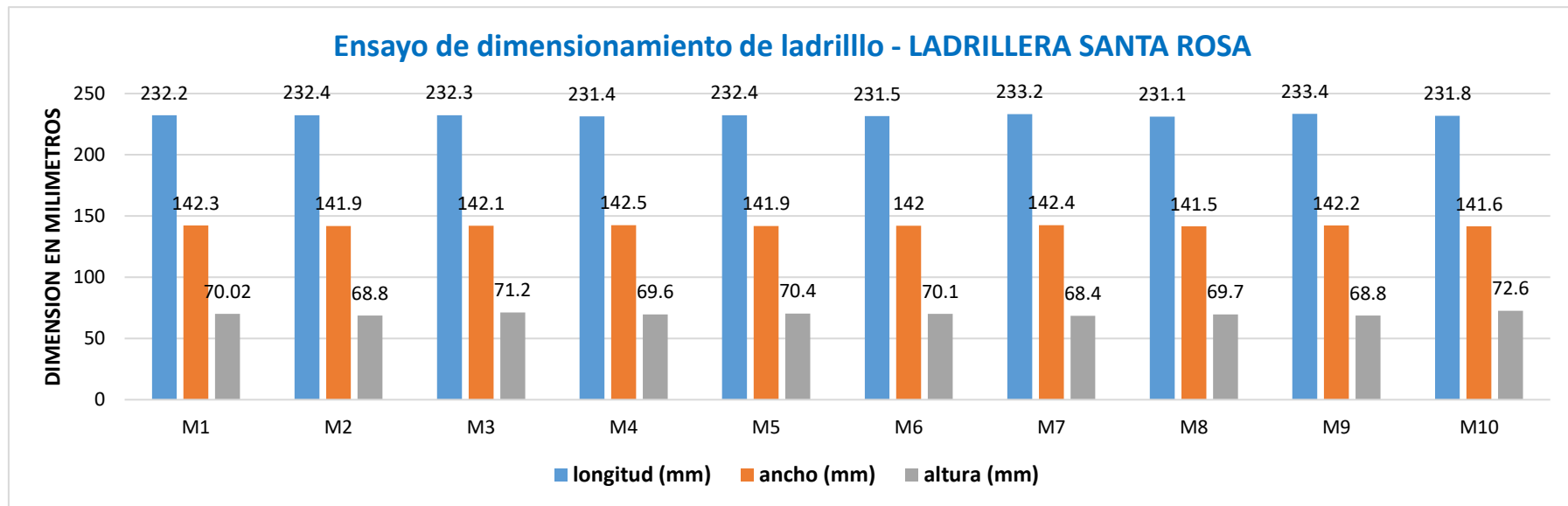
diminutos de las paredes laterales. Estas muestras se pudieron reutilizar para los ensayos complementarios.

Para tomar las dimensiones se debe medir desde la parte central del elemento, tanto en la determinación del ancho, alto, y largo del elemento.

**Tabla N°03: Variación dimensional de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Promedio	dimensión formato	promedio de variación %
longitud (mm)	232.2	232.4	232.3	231.4	232.4	231.5	233.2	231.1	233.4	231.8	232.17	240.00	<b>-3.362</b>
ancho (mm)	142.3	141.9	142.1	142.5	141.9	142	142.4	141.5	142.2	141.6	142.04	130.00	<b>9.262</b>
altura (mm)	70.02	68.8	71.2	69.6	70.4	70.1	68.4	69.7	68.8	72.6	69.96	70.00	<b>-0.054</b>

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.

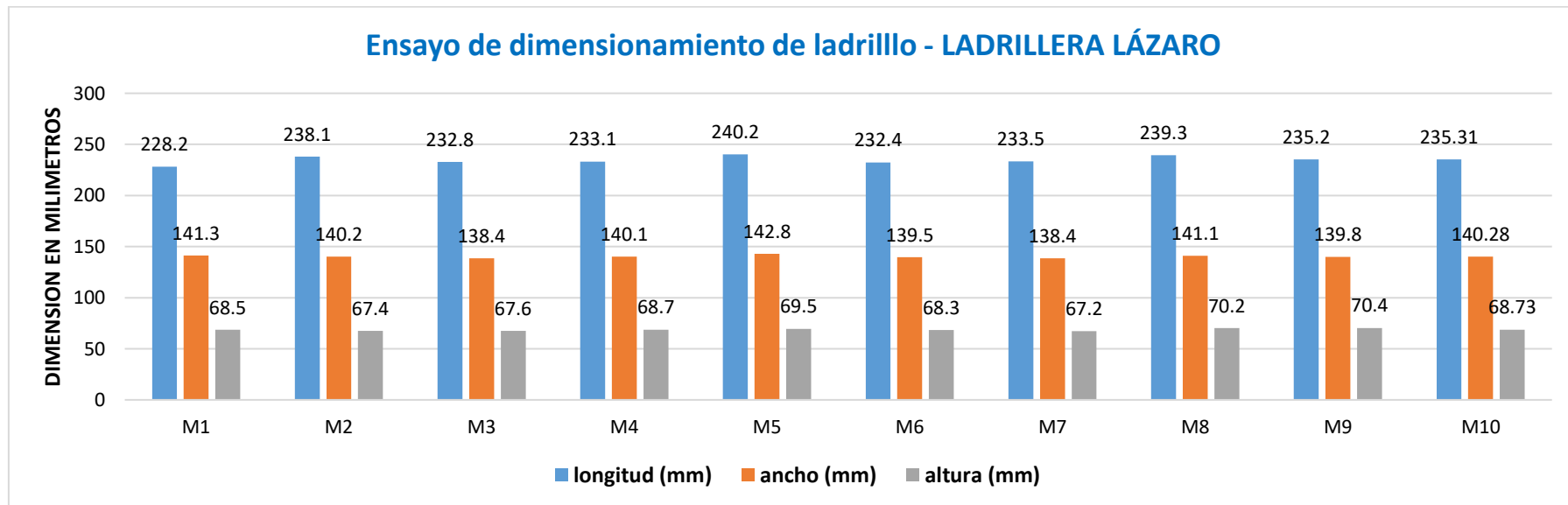


**Figura N°02: Dimensiones de muestras de ladrillera SANTA ROSA– CPM San Nicolás - Huaraz**

**Tabla N°04: Variación dimensional de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Promedio	dimensión formato	promedio de variación %
longitud (mm)	228.2	238.1	232.8	233.1	240.2	232.4	233.5	239.3	235.2	235.31	<b>234.811</b>	<b>240.00</b>	<b>-1.954</b>
ancho (mm)	141.3	140.2	138.4	140.1	142.8	139.5	138.4	141.1	139.8	140.28	<b>140.188</b>	<b>130.00</b>	<b>7.908</b>
altura (mm)	68.5	67.4	67.6	68.7	69.5	68.3	67.2	70.2	70.4	68.73	<b>68.65</b>	<b>70.00</b>	<b>-1.814</b>

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.



**Figura N°03: Dimensiones de muestras de ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

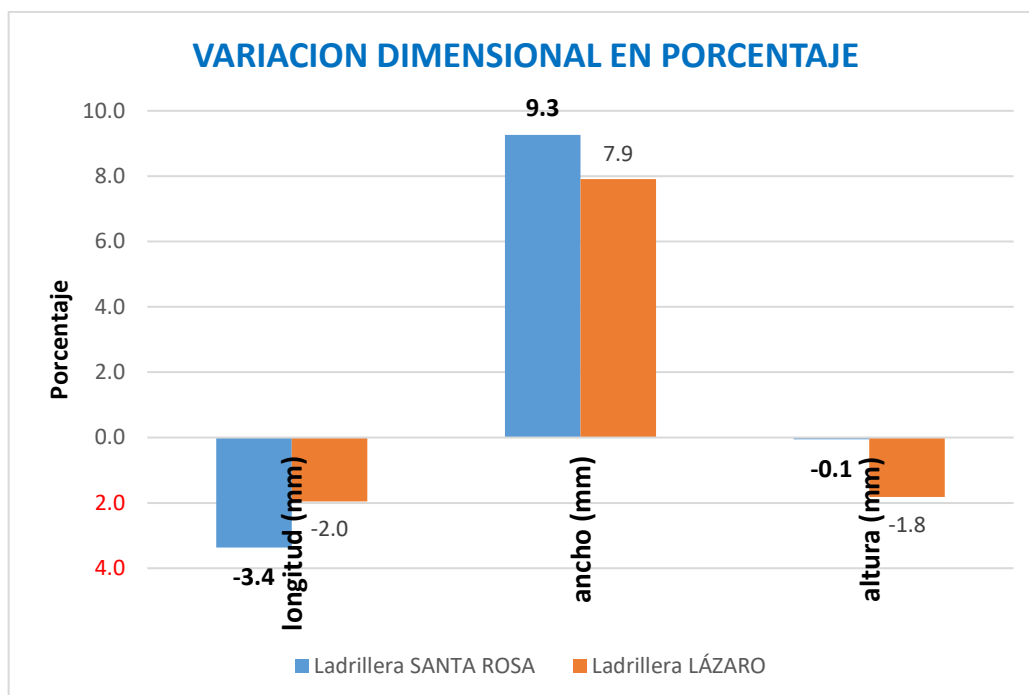


Figura 4: Porcentaje de Variación dimensional respecto al formato del ladrillo. Fuente: Ensayo de Variación dimensional - USP

A continuación en la tabla N°05 se presenta los resultados de la variación de las dimensiones promedio en milímetros que corresponden a la ladrillera artesanal Santa Rosa en el Centro Poblado Menor San Nicolás – Huaraz. En la cual se obtuvo valores de variación de longitud: 2.3, ancho 1.0 y altura de 4.2.

**Tabla N°05: Variación dimensional de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	Dimensión menor (mm)	Dimensión mayor (mm)	Variación dimensional (mm)
longitud (mm)	231.1	233.4	2.3
ancho (mm)	141.5	142.5	1
altura (mm)	68.4	72.6	4.2

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.

A continuación, en la tabla N°06 se presenta los resultados de la variación de las dimensiones promedio en milímetros que corresponden a la ladrillera artesanal

Lázaro en el Centro Poblado Menor San Nicolás – Huaraz. En la cual se obtuvo valores de variación de longitud: 12.0, ancho 4.4 y altura de 3.2.

Por lo que se puede inferir que esta ladrillera presenta mayor variabilidad dimensional respecto a la otra ladrillera evaluada.

**Tabla N°06: Variación dimensional de ladrillo de arcilla artesanales: ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	Dimensión menor (mm)	Dimensión mayor (mm)	Variación dimensional (mm)
longitud (mm)	228.2	240.2	<b>12</b>
ancho (mm)	138.4	142.8	<b>4.4</b>
altura (mm)	67.2	70.4	<b>3.2</b>

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.

En la siguiente figura 5 se aprecia la variación dimensional de los ladrillos en su longitud, ancho y altura, y se puede apreciar que esta propiedad física presenta mayores valores en la ladrillera Lázaro que en la ladrillera Santa Rosa.

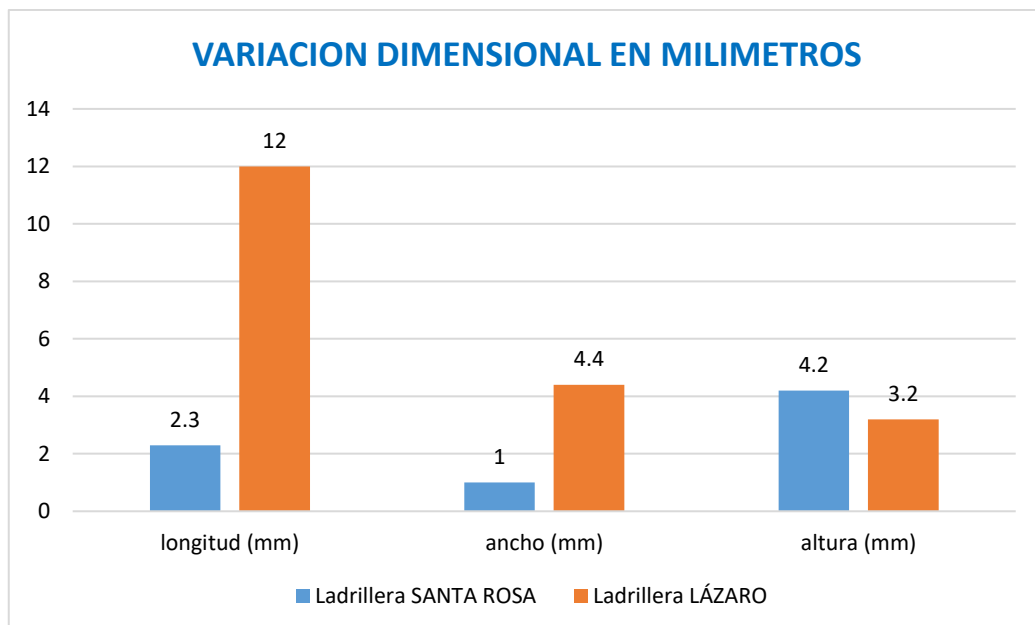


Figura 5: Variación dimensional en milímetros respecto a las muestras de ladrillo. Fuente: Ensayo de Variación dimensional - USP



### **C. ALABEO**

Es de suma importancia esta propiedad física para los ladrillos, ya que las irregularidades tanto en concavidad como en convexidad no permitirán la buena adherencia con el mortero, produciendo fisuras en las juntas (Ríos, 2018, p.25)

#### **Instrumentos**

**Cuña de medición:** Una regla graduada metálica con separaciones a partir de un extremo, de un milímetro.

**Superficie plana:** Esta superficie tiene que ser de vidrio o de acero. La longitud mínima para esta superficie será de 300 mm x 300 mm, además el rango de su lado plano es 0.025 mm.

**Escobilla:** La escobilla que se utilizó tiene cerdas suaves.

**Especímenes:** Se usó diez muestras elegidas para definir el tamaño.

**Preparación de los especímenes:** Las muestras han sido transportadas al laboratorio de la Universidad San Pedro y fueron ensayadas por el personal técnico.

En el procedimiento de ensayos se limpia el polvo de las muestras con una escobilla.

#### **Procedimiento**

**Áreas cóncavas:** Cuando la deformación del ladrillo sea la de un área cóncava, se debe poner la regla de manera que resulte en una posición diagonal o longitudinal a lo largo de dicha superficie, optando por la ubicación que se aleje lo más posible de una recta. Para tal efecto se toma la longitud más larga de dicho ladrillo. Utilizando la regla metálica se procede a medir la longitud con una cercanía a un milímetro, y tal deformación se registró en una ficha técnica. Véase la Figura 6.

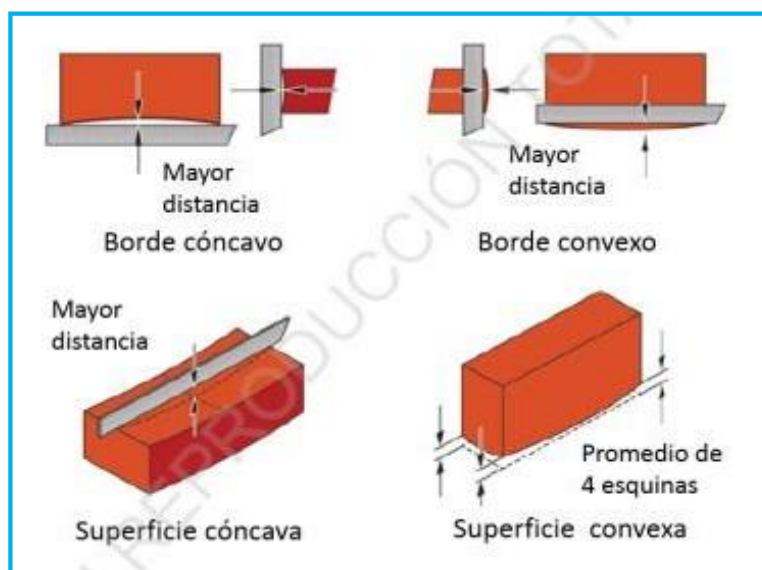


Figura 6. Medidas del alabeo Fuente: NTP 399.613

**Áreas convexas:** Cuando la deformación del ladrillo sea la de una superficie convexa, se tiene que colocar la muestra con el área convexa sobre una superficie plana.

Utilizando la regla metálica se procede a medir la longitud con una cercanía a un milímetro todas las esquinas, y tal deformación se registra en una ficha técnica.

La deformación es el promedio de las esquinas.

**Bordes convexas:**

Cuando la deformación del ladrillo sea la de un borde convexo, se debe poner la varilla de tal forma que se ubique entre los laterales de dicho borde convexo.

Se opta por la dimensión mayor, la cual debe abarcar a partir del borde del espécimen hasta la varilla de la recta.

Utilizando la regla metálica se procede a medir la longitud con una cercanía a un milímetro, y tal deformación y se registró en una ficha técnica.

En el informe que se proporciona y se muestra en las tablas siguientes, se presenta el detalle de las distorsiones de cada una de las muestras ensayadas para alabeo en esta investigación y se han ensayado en el laboratorio de la USP, se debe destacar que la distorsión de las dimensiones en cada ladrillo ensayado tiene una aproximación de 1mm.

## Resultados de Alabeo

Se proporciona como resultado valores resumen de los ensayos de alabeo de la ladrillera artesanal Santa Rosa y ladrillera artesanal Lázaro y de acuerdo a la tabla N°07 se clasifica el ladrillo de cada una de ellas.

**Tabla N°07: Alabeo de ladrillos de arcilla artesanales: ladrilleras SANTA ROSA – CPM San Nicolás – Huaraz**

Descripción	unidades	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
Còncavo cara A	mm	2.00			1.00		0.60
Còncavo cara B	mm	1.00		1.00	2.00	1.00	1.00
Còncavo cara A	mm	-	1.00	1.50		1.00	0.70
Còncavo cara B	mm	-	1.50				0.30
Promedio Còncavo	mm			0.80			
Promedio Cònvexo	mm			0.50			

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro.

**Tabla N°08: Alabeo de ladrillos de arcilla artesanales: ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	unidades	M1	M2	M3	M4	M5	PROMEDIO
Còncavo cara A	mm	-			1.50		0.30
Còncavo cara B	mm	1.00			1.50		0.50
Còncavo cara A	mm	1.50	1.00	2.00		1.00	1.10
Còncavo cara B	mm	-	1.00	1.00		1.00	0.30
Promedio Còncavo	mm			0.40			
Promedio Cònvexo	mm			0.85			

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro

## D. ABSORCION

Según la Norma Técnica Peruana 399.613 el ensayo de absorción, determina las siguientes condiciones de ensayo

los instrumentos y equipos tale como: La balanza (calibrada).

Para realizar este ensayo se utilizó cinco especímenes para la muestra, estos ladrillos o muestras fueron enteros, se marcaron y registraron sus datos en una ficha técnica.

Para iniciar el procedimiento de ensayo se tiene en cuenta que primero hay que saturar la muestra de forma homogénea.

Esta saturación se realizó hundiendo los ladrillos en un depósito o recipiente el cual debe tener siempre unas mayores dimensiones que los ladrillos a ensayar.

Estos ladrillos se dejaron sumergidos a una temperatura ambiente, según norma la temperatura debe estar entre 15.6 °C y 26.7 °C, en el caso de la temperatura ambiente en la zona de Áncash corresponde a ella.

El tiempo en que están sumergidos estos ladrillos es de 24 horas.

A continuación, se puede observar el procedimiento del ensayo

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de absorción

**Tabla N°09: Absorción de ladrillos de arcilla artesanales: ladrillera  
SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz**

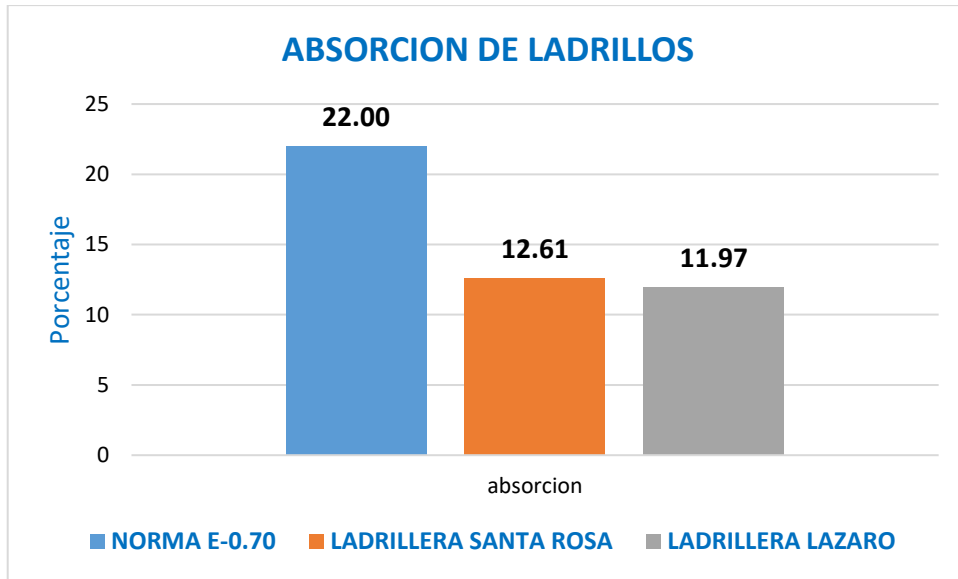
Descripción	unidad	M1	M2	M3	M4	M5
Peso seco de material	gr	4020.6	3976.6	3966.2	3789.1	3945.7
Peso material sumergido	gr	4532.2	4471.2	4492.5	4255.1	4434.9
Absorción	100(AxB)/A %	<b>12.72</b>	<b>12.44</b>	<b>13.27</b>	<b>12.3</b>	<b>12.31</b>
<b>Promedio</b>		<b>12.61</b>				

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro

**Tabla N°10: Absorción de ladrillos de arcilla artesanales: ladrillera  
LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

Descripción	unidad	M1	M2	M3	M4	M5
Peso seco de material	gr	3785.1	3663.5	3706.4	3745.6	3901.2
Peso material sumergido	gr	4227.4	4112.8	4126.5	4200.3	4385.6
Absorción	100(AxB)/A %	<b>11.69</b>	<b>12.26</b>	<b>11.33</b>	<b>12.14</b>	<b>12.42</b>
<b>Promedio</b>		<b>11.97</b>				

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro



**Figura 7:** Porcentaje de Absorción. Fuente: Ensayo de Variación dimensional - USP

En la figura 7 se está mostrando los valores que se han obtenido para el ensayo de absorción de los ladrillos de la ladrillera artesanal Santa Rosa en la cual se ha obtenido una absorción del 12.61 % y en la ladrillera Lázaro la absorción de sus ladrillos indica que es 11.97%.

Estos valores de 12.61% y 11.97% en el ensayo de absorción no superan el porcentaje de absorción que establece como máximo la norma peruana E-070 para albañilería que es del 22.00%, por lo que se puede inferir que las ladrilleras evaluadas cumplen con esta propiedad física.

## F. EFLORESCENCIA

**Tabla N°11: Resultado de ensayo de fluorescencia de ladrillos artesanales: ladrillera SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz**

MATERIAL	: LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA COCIDO				
PROCEDENCIA	: LADRILLERA SANTA ROSA				
DIMENSIONES (cm)	: 24 x 13 x 7				
DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
SE COLOCARON ESPECIMENES DE CANTO DENTRO DE UNA BANDEJA CON AGUA DESTILADA SUMERGIDAS DE 2.5 A 3.00 CM POR 7 DIAS.	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro

**Tabla N°12: Resultado de ensayo de fluorescencia de ladrillos artesanales: ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz**

MATERIAL	: LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA COCIDO				
PROCEDENCIA	: LADRILLERA LÁZARO				
DIMENSIONES (cm)	: 24 x 13 x 7				
DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
SE COLOCARON ESPECIMENES DE CANTO DENTRO DE UNA BANDEJA CON AGUA DESTILADA SUMERGIDAS DE 2.5 A 3.00 CM POR 7 DIAS.	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA	SIN EFLORESCENCIA

Fuente: Elaboración propia basado de ensayos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de Universidad San Pedro

La importancia de estos resultados en las unidades de albañilería de arcilla cocida en ambas ladrilleras artesanales del CPM San Nicolás, Huaraz radica en que se puede confirmar que las materias primas que utilizan: arcillas y tierra común no contiene sales que permitirán dependiendo de las condiciones de ambiente o temperatura la aparición de la eflorescencia en los ladrillos y muros de las edificaciones.

Las eflorescencias se manifiestan como la cristalización de las sales, comúnmente tienen un color claro o blanco y se desarrollan en la superficie de los ladrillos, incluso si generalizamos, puede desarrollarse también en superficies de concretos, cerámicos, tejas, pisos, etc.

Las sales que originalmente contienen las materias primas y son solubles en agua se transportan por capilaridad a la superficie de dichos elementos, posteriormente ya en la superficie la temperatura de los rayos solares y la acción del viento provocan que esta agua se evapore y quede solamente las sales cristalizadas expuestas, este fenómeno se da especialmente en materiales porosos.

Existen dos tipos de eflorescencia:

Eflorescencia primaria; aparece en una obra recién terminada producto de la humedad de la propia obra, esto es común y es inevitable, lo positivo de este tipo de eflorescencia es que desaparece en un periodo corto (2 o 3 meses)

Eflorescencia secundaria; estas son las que hacen su aparición después de un año de haber sido ejecutadas las obras y son consecuencias de su contexto y entorno desfavorable: ambiente húmedo, alta porosidad, deficiencias en los procesos constructivos, etc.

Para la disolución de las sales en los ladrillos debe estar presente el agua y este puede tener diversos orígenes:

- De lluvias constantes y viento
- Agua de condensación
- Agua de los procesos constructivos adyacentes.
- Nivel freático cercano a la superficie en el terreno.
- Instalaciones de agua en mal estado, etc

## **G. SUCCION**

El ensayo de succión se basa en la normatividad Itintec 399-613, esta norma indica que el equipo e instrumentos necesarios básicos para determinar la succión de los ladrillos son:

Bandeja para contener los elementos muestrales (ladrillos) y el agua, ( con una profundidad mínima de 25 mm. y su ancho y largo debe ser capaz de guardar en la superficie más de 2,000 cm<sup>2</sup>); otro de los equipos señalado por la norma es el

soporte para los ladrillos, los que deben tener un espesor aproximado a 6 mm. otro de los equipos es la balanza con una capacidad mayor a 3,000 gr y debe tener una exactitud de 0.5 gr. Otros equipo es el horno de secado, y un cronometro.

PROCEDIMIENTO: se necesitó cinco unidades de muestra representativas de los ladrillos de la ladrillera Santa Rosa y cinco ladrillos de la ladrillera Lázaro.

Inicialmente se identifica las unidades muestrales que en la investigación fueron 5, se rotula y coloca una nomenclatura particular o característica. Las unidades muestrales han de estar secos, y posteriormente secadas en el horno. Se mide su longitud y ancho del área o superficie, esta medición debe tener una exactitud de 1 mm, es decir el área que está en contacto con el agua.

Cada ladrillo que se ensaya debe de conocerse su peso seco, posteriormente se única los ladrillos con los soportes encima de la bandeja con el agua y se cubre con el agua una altura de 3.mm del ladrillo. A lo largo del ensayo se necesita agregar agua dependiendo de la cantidad de absorción que se produce y no se debe tener un nivel por debajo de 3.mm de agua en el ladrillo, luego de 1 minutos se debe secar las unidades (ladrillos) y se debe tener el peso de la unidad con aproximación de 0.5 gr es así que obtenemos el peso de la succión.

Posteriormente se realiza el cálculo con las formula siguiente:

$$S = \frac{200 (\text{Pes. Suc} - \text{Pes. sec})}{L.A}$$

Donde:

- S = Diferencia de los pesos que se corrige sobre la base de 200cm<sup>2</sup>
- Pes. Suc = peso de succión del ladrillo en gramos
- Pes. sec = Peso seco del ladrillo en gramos
- L = longitud de ladrillo en cm.
- A= ancho de ladrillo en cm.

Luego de calcula y se presenta el promedio de absorción inicial de los ladrillos que se han ensayado con una exactitud o aproximación a 0.1 g/min/200cm<sup>2</sup>.



**Tabla N° 13. Clasificación de ladrillo – estructural**

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		F <sub>b</sub> mínimo en Mpa (Kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (*)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (**)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (00)

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

(\*\*) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

*Fuente: RNE E-070 Norma de Albañilería*

### LIMITES DE ATTEBERG del material arcilla

**Tabla N° 14: Límites de Consistencia de arcilla Ladrillera Santa Rosa**

	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
	MTC E-110, ASTM D-4318 y AASHTO T89)	(MTC E-111, ASTM D-4318 y AASHTO T90	ASTM D-4318
<b>LADRILLERA SANTA ROSA</b>	<b>51.81</b>	<b>18.05</b>	<b>33.76</b>

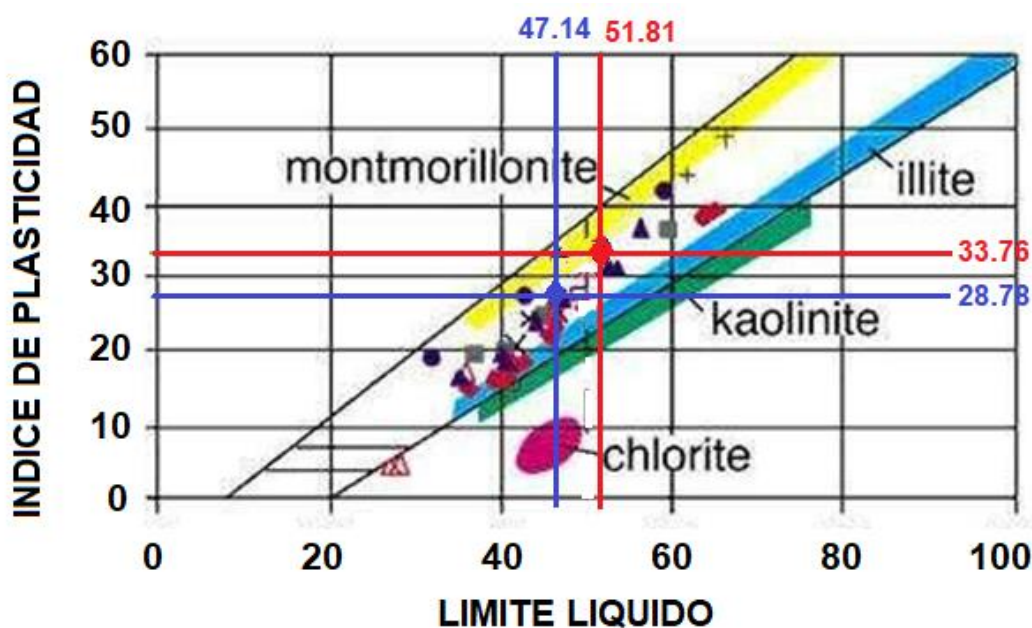
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

**Tabla N° 15: Límites de Consistencia de arcilla Ladrillera Lázaro**

	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
	MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90	ASTM D-4318
<b>LADRILLERA LAZARO</b>	<b>47.14</b>	<b>18.36</b>	<b>28.78</b>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales USP

Tipo de Arcilla:



**Figura N°06: Diagrama de Holtz & Kovacs**

**Tabla N°16: Tipo de arcilla según el diagrama de Holtz & Kovacs.**

<b>Arcilla</b>	<b>Índice De Plasticidad)</b>	<b>Limite Plástico</b>	<b>Limite Liquido</b>	<b>Tipo</b>	<b>Procedencia</b>
Ladrillera 1: SANTA ROSA	<b>33.76</b>	18.05	<b>51.81</b>	Montmorilonita	Ladrillera SANTA ROSA
Ladrillera 2: LÁZARO	<b>28.78</b>	18.36	<b>47.14</b>	Montmorilonita	Ladrillera LAZARO

Fuente: LMSEM

**Interpretación:**

Según los resultados de los límites líquidos y el índice de plasticidad utilizando en el Diagrama de Holtz & Kovacs tal como se muestra en la figura N°06, se puede apreciar que la ladrillera Santa Rosa presenta una arcilla montmorilonita, mientras que la arcilla de la ladrillera Lázaro se encuentra entre el rango de tipo montmorilonita y de ilita, por lo que se considera el tipo de montmorilonita por su cercanía de la intersección del IP y LL. según

## VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Rojas, N. (2017). En su tesis titulada “*Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y del ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico Distrito de Santa – Ancash – 2017*”, **analizó** comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico, fabricados en el distrito de Santa,

En la presente investigación se realizó un análisis comparativo entre dos ladrilleras artesanales ubicadas en el Centro Poblado Menor San Nicolás en la ciudad de Huaraz, conociendo su proceso de producción, de la misma manera, además, se analizó los productos terminados mediante ensayos obligatorios y complementarios en la Universidad San Pedro, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas: variación dimensional alabeo y resistencia a la compresión lo que por ser aplicada a la construcción se puede inferir que la investigación es de tipo aplicada, llegando a los siguientes resultados de los ensayos principales como son:

la resistencia promedio de la ladrillera Santa Rosa es de 145 kg/cm<sup>2</sup> y de la ladrillera Lázaro es de 118 kg/cm<sup>2</sup>.

la variación dimensional es una propiedad física muy importante ya que permite determinar el grado de homogeneidad de las unidades, esta influye directamente en el grosor de las juntas y por ende de los costos debido a mayor uso de mortero de concreto para la conformación de los muros. Esta variación dimensional en porcentajes respecto a un ladrillo formato de 24 x 14 x 7, es -3.362%, 9.262% y -0.054% en su longitud, ancho y altura respectivamente para los ladrillos de la ladrillera Santa Rosa, y -1.954%, 7.908% y -1.814% en su longitud, ancho y altura respectivamente para los ladrillos de la ladrillera Lázaro.

Pero además se debe tener en consideración que la variación dimensional promedio en milímetros respecto a un ladrillo formato de 24 x 14 x 7, es 2.3mm, 1.0mm y 4.2mm en su longitud, ancho y altura respectivamente para los ladrillos de la ladrillera Santa Rosa, y 12.0mm, 4.4mm y -3.2mm en su longitud, ancho y altura respectivamente para los ladrillos de la ladrillera Lázaro.

La variación mayor se presenta en la longitud, y se puede apreciar que la variación dimensional de la ladrillera Lázaro en su longitud es 12 mm, bastante superior al de

la ladrillera Santa Rosa(2.3mm), y se expresa y confirma con la mayor desviación estándar que presenta de 3.63.

Respecto al alabeo los resultados son muy similares en su promedio cóncavo y convexo, siendo para la ladrillera Santa Rosa el promedio de alabeo cóncavo 0.80 mm y convexo 0.50 lo que suma 1.30 mm de alabeo total, mientras que para la ladrillera Lázaro promedio de alabeo cóncavo 0.40 mm y convexo 0.85 lo que suma 1.35 mm de alabeo total.

Teniendo en consideración estas propiedades obligatorias y la tabla 07 el tipo de ladrillo es tipo I, por la variación dimensional que presentan para ambas ladrilleras. La investigación realizada tiene gran similitud con el autor Ruiz (2015), en su tesis cuyo título es "Estudio de las propiedades físico –mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el centro poblado menor de Otuzco y ladrillos industriales Rex", el cual propone como objetivo principal determinar las propiedades que tienen los ladrillos de arcilla calcinadas en horno artesanal, estos ladrillos son también solidos o comúnmente llamados King Kong, esta investigación de Ruiz, los ladrillos artesanales elaborados en Otuzco corresponden al tipo I mientras que los semi industriales marca REX pertenecen al tipo IV, las ladrilleras artesanales del Centro Poblado Menor San Nicolás en la ciudad de Huaraz también pertenecen al tipo I. Las materias primas utilizadas para la elaboración de las unidades de albañilería de arcilla cocida en la ladrillera Santa Rosa y la ladrillera Lázaro, las que se ubican en el CPM San Nicolás, presentan una buenas condiciones sin presencias de sales lo cual se verifico en los ensayos de eflorescencias, las eflorescencias se presentan como la cristalización de las sales, comúnmente de color blanco y se desarrollan en la superficie de los ladrillos, incluso si generalizamos, puede desarrollarse también en superficies de concretos, cerámicos, tejas, pisos, etc. Por lo que al no presentar sales en su composición los muros que se elaboren presentaran condiciones estables frente a ambientes húmedos o condiciones de procesos constructivos defectuosos o terrenos con nivel freático cercano a la superficie.

Respecto a la absorción que presentan las unidades de albañilería se aprecia según los resultados que son casi similares, específicamente los valores que se han obtenido para el ensayo de absorción de los ladrillos de la ladrillera artesanal Santa

Rosa en la cual se ha obtenido una absorción del 12.61 % y en la ladrillera Lázaro la absorción de sus ladrillos indica que es 11.97%.

Respecto a la norma E-0.70 para albañilería estos valores casi similares de 12.61% y 11.97% en el ensayo de absorción están por debajo del límite máximo que establece la normatividad peruana para la propiedad de la absorción, este límite máximo permisible es el 22.0%, estos resultados permiten aceptar el uso de estos ladrillos bajo las condiciones de esta propiedad, cumple con esta propiedad física.

Respecto a los límites de consistencia de las arcillas utilizadas en la fabricación de los ladrillos artesanales en la ladrillera Santa Rosa y Lázaro, se determinó que la arcilla utilizada en la ladrillera Santa Rosa tiene una Límite líquido 51.81, un Límite plástico de 18.05, siendo su Índice de plasticidad de 33.76, utilizando el grafico o Diagrama de Holtz & Kovacs y el LL e IP se tiene una arcilla del tipo Montmorilonita; en cuanto a la arcilla utilizada en la ladrillera Lázaro se tiene un Límite líquido 47.14, un Límite plástico de 18.36, siendo su Índice de plasticidad de 28.78, utilizando el grafico o Diagrama de Holtz & Kovacs y el LL e IP se tiene una arcilla entre el intervalo entre el tipo Montmorilonita y el tipo ilita, por la cercanía mayor de la intersección de estos dos parámetros a la zona sombreada de amarillo en figura N° 06 se considera que es una arcilla del tipo Montmorilonita.

## VIII. CONCLUSIONES

Después de realizar la evaluación del proceso de elaboración y quemado de ladrillos de las ladrilleras artesanales: Santa Rosa y Lázaro del Centro Poblado Menor San Nicolás en la ciudad de Huaraz se llega a las siguientes conclusiones:

Las materias primas utilizadas para la elaboración de las unidades de albañilería de arcilla cocida en la ladrillera Santa Rosa y la ladrillera Lázaro,

La producción de ladrillos es de un millar por día, los materiales usados en la elaboración son en (70% arcillas + 10 % aserrín).

El combustible para la calcinación carbón de piedra y leña.

El proceso de colocación en el horno artesanal se realiza apilando las unidades de albañilería (dos horizontales y dos verticales) y agregan una capa de carbón de piedra, y se utilizan un promedio de 100 cargas de leña para el quemado. (30 rajas de leña es una carga).

La resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de la ladrillera Santa Rosa es de 145 kg/cm<sup>2</sup> y de la ladrillera Lázaro es de 118 kg/cm<sup>2</sup>. Que se ubican según la tabla N° 7 en tipo IV y tipo III respectivamente.

Respecto a la variación dimensional en porcentajes para los ladrillos de la ladrillera Santa Rosa es longitud: -3.362%, ancho: 9.262% y altura: -0.054% mientras que para los ladrillos de la ladrillera Lázaro es longitud: -1.954%, ancho: 7.908% y altura: -1.814%

La máxima variación dimensional la tiene la longitud en la ladrillera Lázaro que es de 12 mm.

El alabeo para ladrillera Santa Rosa es de 1.30 mm y para la ladrillera Lázaro es de 1.35 mm, lo que permite verificar su similitud entre ambas ladrilleras.

La absorción en las unidades de albañilería de la ladrillera Santa Rosa presentan una absorción promedio de 12.67% y de la ladrillera Lázaro 11.97%, y están por debajo del límite máximo que permite la norma E-070 que es 22.0%

Las unidades de albañilería de ambas ladrilleras evaluadas no presentan eflorescencia.

## **IX. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda mejorar los procesos de elaboración manual de las unidades de albañilería, para evitar la variación dimensional.
- El proceso de quemado de los ladrillos debe ser controlado con un ingreso de material combustible de forma continua, evitando el enfriamiento del horno durante el proceso de quemado de los 3 días, para evitar rajaduras en los ladrillos.
- Promover la industrialización del proceso de elaboración y calcinación de las unidades de albañilería.
- El uso de los productos de las ladrilleras evaluadas debe de ser par elemento no estructurales.



## **X. AGRADECIMIENTO**

Mi eterno agradecimiento a mis padres, Mirtha y Manuel; y a mi hermano, Manolo; gracias a ellos he concluido mi mayor meta. En especial a mi madre, por su amor, comprensión, por ser mi apoyo y fortaleza en momentos difíciles; ello me permitió llegar a cumplir con mi objetivo principal.

A mis abuelitos, Luzmila y Narciso, porque son ejemplo incuestionable de fortaleza, integridad, sabiduría y responsabilidad.

Un agradecimiento especial a mi asesor, Ing. Gumercindo Flores Reyes, quien con sus conocimientos y apoyo; me guio a través de cada una de las etapas de esta investigación y así elaborar y culminar la tesis.

A la Universidad San Pedro y todos los docentes que participaron en mi formación profesional por brindarme los recursos y herramientas.

Por último, agradezco a Fernando Salazar Gonzales por sus consejos y apoyo incondicional; y a Alexander Valverde Garate por apoyarme en el extenso camino de la carrera.

A todos mi mayor reconocimiento y gratitud.

Shirley Cristhine Guerrero Muñoz

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Begliardo, H., Sánchez, M., Panigatti, M., Caseneve, S., y Fornero, G. (2012). *Ladrillos de suelo-cemento elaborados con suelos superficiales y barros de excavación para pilotes*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela.
- Betancourt, D. (2008). *Utilización del carbonato de calcio como adición mineral en la producción de ladrillos de cerámica roja*. Tesis para optar por el grado de doctor en Ciencias Técnicas, en Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara.
- Cotes, D., Cotes, D., Núñez, D., Sabogal, L (2012). "*Determinación de la calidad de los ladrillos a partir de la estimación de la resistencia última en las canteras de Valencia de Jesús, Las Casitas y El Cielo, en el municipio de Valledupar, Cesar*". Colombia.
- INDECOPI (2006). Normas Técnicas Peruanas. Lima: INDECOPI NTP 399.613-2005; NTP 399.605-2003; NTP 399.621-2004.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y SENCICO (2006). Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.070 "Albañilería". Lima: Grafico El Porvenir S.A.
- Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de Producción (2010). *Estudio diagnóstico de las ladrilleras artesanales en el Perú*.
- Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de Producción (2010). *Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales en el Perú*.
- Ruiz, D. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte de Cajamarca.
- San Bartolomé, A. (1994). *Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructural* (1ª. ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial.

Zea, N. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: PANEL FOTOGRAFICO



Figura 10: Ladrillera artesanal Santa Rosa – CPM  
San Nicolas - Huaraz



Figura 11: Horno artesanal de la ladrillera Santa  
Rosa – CPM San Nicolas - Huaraz



Figura 12: Proceso de elaboración de ladrillos (4) en moldes o gaveras de madera - ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 13: Proceso de colocación en zona plana para secado natural- ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 14: incorporación de “aserrín” a la tierra y arcilla -  
ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás -  
Huaraz



Figura 15: Proceso de elaboración artesanal diaria de  
unidades de albañilería - ladrillera Santa Rosa –  
CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 16: Colocación de ladrillo crudos para cocción en el horno artesanal - ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 17: Colocación a través de las unidades de nivel a nivel para distribuir el calor de cocción - ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 18: túnel de ventilación del horno artesanal - ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 19: Ladrillera artesanal Lázaro – CPM San Nicolás - Huaraz





Figura 20: Arcilla, material principal para la elaboración de las unidades de albañilería - ladrillera Lázaro – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 21: Mezcla de barro se prepara y tapa con plásticos dos días antes de la elaboración de las unidades - ladrillera Lázaro – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 22: Proceso de elaboración manual de ladrillos -  
ladrillera Lázaro – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 23: moldes o gaveras de madera para la elaboración  
manual de unidades de albañilería - ladrillera Lázaro  
– CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 24: Proceso de secado natural de las unidades de albañilería- ladrillera Lázaro – CPM San Nicolás - Huaraz



Figura 25: Horno artesanal con túnel de ventilación - ladrillera Lázaro – CPM San Nicolás – Huaraz



Figura 26: Extracción de muestra de arcilla - ladrillera Santa Rosa – CPM San Nicolás – Huaraz



Figura 27: Extracción de muestra de arcilla - ladrillera Lazaro – CPM San Nicolás – Huaraz



**Figura 28:** Muestras de arcillas en Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales



**Figura 28:** Muestras de arcillas para ensayo de límites de consistenci. Copa de Casagrande ladrillera 1 Santa Rosa y Ladrillera 2: Lazaro – CPM San Nicolás – Huaraz

## **Anexo 2: Ensayos**

- Ensayo de alabeo
- Ensayo de absorción natural
- Ensayo de dimensionamiento
- Ensayo de succión
- Ensayo de eflorescencia
- Ensayo de resistencia a la compresión
- **Límites de consistencia**



### ENSAYO DE ALABEO LA UNIDADES DE LADRILLO

SOLICITA : BACH.SHIRLEY C.GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ,2020  
UBICACIÓN : HUARAZ- ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio	
A	Alabeo Cóncavo Cara A (mm)	2.00	-	-	1.00	-	0.60	
B	Alabeo Cóncavo Cara B (mm)	1.00	-	1.00	2.00	1.00	1.00	
C	Alabeo Convexo Cara A (mm)	-	1.00	1.50	-	1.00	0.70	
D	Alabeo Convexo Cara B (mm)	-	1.50	-	-	-	0.30	
E	Promedio Cóncavo (mm)	0.80						
F	Promedio Convexo (mm)	0.50						

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio	
A	Alabeo Cóncavo Cara A (mm)	-	-	-	1.50	-	0.30	
B	Alabeo Cóncavo Cara B (mm)	1.00	-	-	1.50	-	0.50	
C	Alabeo Convexo Cara A (mm)	1.50	1.00	2.00	-	1.00	1.10	
D	Alabeo Convexo Cara B (mm)	-	1.00	1.00	-	1.00	0.60	
E	Promedio Cóncavo (mm)	0.40						
F	Promedio Convexo (mm)	0.85						

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solari Jara  
JEFE



## ENSAYO DE ABSORCION NATURAL UNIDADES DE LADRILLO

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C.GUERRERO MUÑOZ  
TESIS : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ,2020  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso Material Seco (gr)	4020.6	3976.6	3966.2	3789.1	3948.7
B	Peso Material Sumer. (24 horas) (gr)	4532.2	4471.2	4492.5	4255.1	4434.9
C	absorcion 100x(B-A)/A	12.72	12.44	13.27	12.30	12.31
D	Promedio (%)	12.61				

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso Material Seco (gr)	3785.1	3663.5	3706.4	3745.6	3901.2
B	Peso Material Sumer. (24 horas) (gr)	4227.4	4112.8	4126.5	4200.3	4385.6
C	absorcion 100x(B-A)/A	11.69	12.26	11.33	12.14	12.42
D	Promedio (%)	11.97				

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solari Jara  
JEFE





**ENSAYO DE DIMENSIONAMIENTO EN UNIDADES DE LADRILLO**

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUAZARAZ  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	PROM.	DIMEN. FORMATO	PROM. ABS. (%)
A	Longitud (mm)	232.20	232.40	232.30	231.40	232.40	231.50	233.20	231.10	233.40	231.80	232.17	240.00	-3.262
B	Ancho (mm)	142.30	141.90	142.10	142.50	141.90	142.00	142.40	141.50	142.20	141.60	142.04	130.00	9.262
C	Altura (mm)	70.02	68.80	71.20	69.60	70.40	70.10	68.40	69.70	68.80	72.60	69.96	70.00	-0.054

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	PROM.	DIMEN. FORMATO	PROM. ABS. (%)
A	Longitud (mm)	228.20	238.10	232.80	233.10	240.20	232.40	233.50	239.30	235.20	240.30	235.31	240.00	-1.954
B	Ancho (mm)	141.30	140.20	138.40	140.10	142.80	139.50	138.40	141.10	139.80	141.20	140.28	130.00	7.908
C	Altura (mm)	68.50	67.40	67.60	68.70	69.50	68.30	67.20	70.20	70.40	69.50	68.73	70.00	-1.814

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solís Jara**  
JEFE



ENSAYO DE SUCCION EN UNIDADES DE LADRILLO

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Ancho (cm)	13.23	12.19	15.21	13.25	13.19	13.41
B	Largo (cm)	23.22	23.24	23.23	23.14	23.24	23.21
C	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	307.20	283.30	353.33	306.61	306.54	311.39
D	Peso Material Seco al Horno (110°C) (gr)	4001.9	3956	3946.2	3771.2	3932.7	3921.60
E	Peso Material Embebido en agua (1 min.) (gr)	4045.4	3999.3	3986.3	3813.9	3980.8	3965.14
F	Peso del Agua (gr)	44	43	40	43	48	43.54
G	SUCCION gr/cm <sup>2</sup>	27.96					

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23 x 13 x 9

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Ancho (cm)	14.23	14.19	14.21	14.25	14.19	14.21
B	Largo (cm)	24.22	25.24	22.23	21.14	22.24	23.01
C	Area Bruta (cm <sup>2</sup> )	344.65	358.16	315.89	301.25	315.59	327.11
D	Peso Material Seco al Horno (110°C) (gr)	4001.9	3956	3946.2	3771.2	3932.7	3921.60
E	Peso Material Embebido en agua (1 min.) (gr)	4045.4	3999.3	3986.3	3813.9	3980.8	3965.14
F	Peso del Agua (gr)	44	43	40	43	48	43.54
G	SUCCION gr/cm <sup>2</sup>	26.62					

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
UFFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

### ENSAYO DE EFLORESCENCIA

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24 x 13 x 7

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
A	Se colocaron especímenes de canto dentro de una bandeja con agua destilada sumergidas de 2.5 a 3 cm por 7 días y luego se comparo:	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24 x 13 x 7

Item	DESCRIPCION	M1	M2	M3	M4	M5
A	Se colocaron especímenes de canto dentro de una bandeja con agua destilada sumergidas de 2.5 a 3 cm por 7 días y luego se comparo:	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia	Sin Eflorescencia

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### COMPRESION DE LADRILLO KING KONG

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "SANTA ROSA"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24 x 13 x 7

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
KING KONG	23.2	14.2	7.0	328.7	49,100	149
KING KONG	23.32	14.24	6.8	332.1	46,280	139
KING KONG	23.1	14.15	7.0	327.0	43,240	132
KING KONG	23.34	14.22	6.9	331.9	49,030	148
KING KONG	23.18	14.16	7.3	328.2	50,740	155
PROMEDIO						145

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### COMPRESION DE LADRILLO KING KONG

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
TEMA : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ, 2020  
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH  
FECHA : 21/12/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
PROCEDENCIA DEL MATERIAL : LADRILLERA "LAZARO"  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24 x 13 x 7

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
KING KONG	23.2	13.95	6.8	324.2	37,940	117
KING KONG	23.35	13.84	6.7	323.2	44,660	138
KING KONG	23.9	14.11	7.0	337.7	37,140	110
KING KONG	23.52	13.98	7.0	328.8	38,460	117
KING KONG	24.03	14.12	7.0	339.3	35,770	105
PROMEDIO						118

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara  
JEFE

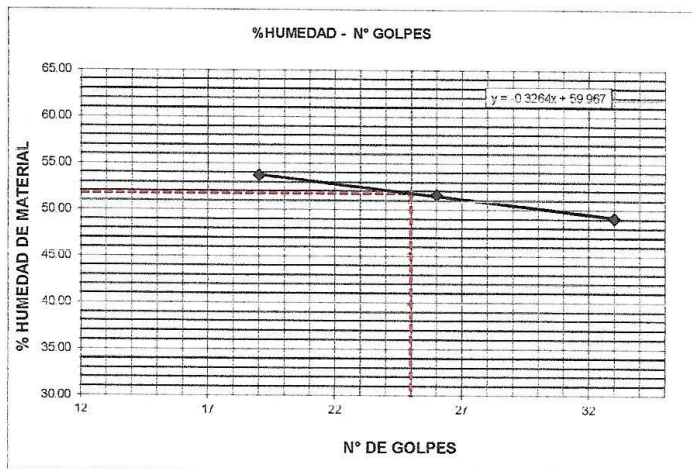
## **LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO**



**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C.GUERRERO MUÑOZ  
 TESIS : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
 FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ,2020  
 MUESTRA : Ladrillera SANTA ROSA – CPM San Nicolás - Huaraz  
 LUGAR : HUARAZ - ANCASH  
 FECHA : 22/03/2021

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.20	53.90	52.65	24.78	24.67	24.81
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	41.00	42.80	40.58	23.80	23.70	23.80
PESO DE LA TARA (gr.)	18.20	21.30	18.10	18.30	18.30	18.30
PESO DEL AGUA (gr.)	11.20	11.10	12.07	0.98	0.97	1.01
PESO SUELO SECO (gr.)	22.80	21.50	22.48	5.50	5.40	5.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	49.12	51.63	53.69	17.82	17.96	18.36
Nro. DE GOLPES	33	26	19	18.05		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL : %	51.81

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP : %	18.05

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP : %	33.76

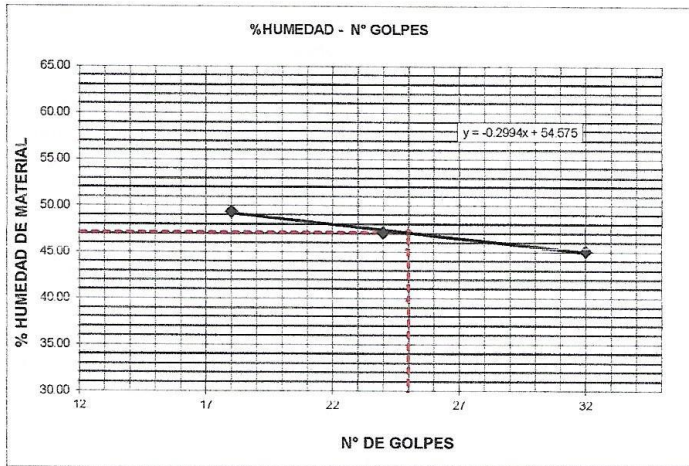
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solís Jara  
 Jefe



**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH. SHIRLEY C. GUERRERO MUÑOZ  
 TESIS : ANALISIS COMPARATIVO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA  
 FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA CIUDAD DE HUARAZ,2020  
 MUESTRA : Ladrillera LÁZARO – CPM San Nicolás - Huaraz  
 LUGAR : HUARAZ - ANCASH  
 FECHA : 22/03/2021

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	47.56	48.63	49.56	23.85	24.20	24.63
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	38.40	39.40	39.20	23.02	23.25	23.65
PESO DE LA TARA (gr.)	18.10	19.80	18.21	18.45	18.20	18.24
PESO DEL AGUA (gr.)	9.16	9.23	10.36	0.83	0.95	0.98
PESO SUELO SECO (gr.)	20.30	19.60	20.99	4.57	5.05	5.41
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	45.12	47.09	49.36	18.16	18.81	18.11
Nro. DE GOLPES	32	24	18	18.36		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 47.14

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 18.36

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 28.78

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara