



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA MEJORA DE CALIDAD DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA ZONA DE LLANTUYHUANCA- CHACAMARCA, TALAVERA-ANDAHUAYLAS 2016.**

**PRESENTADO POR: BACH. RITA LOAYZA CHÁCARA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESORES:**

**ING. RÓMULO GÓMEZ NOBLEGA**

**ASESOR TÉCNICO**

**DRA. ING. SONIA MARÍA LOAYZA CHÁCARA**

**ASESOR METODOLÓGICO**

**ABANCAY – APURÍMAC**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios por hacer realidad mis sueños.

A mis padres que siempre me han apoyado moralmente.

A mis hermanos que están siempre pendientes de mí.

A mi esposo quien me inculcó estudiar esta carrera.

A mis hijos: Marco Antonio, Flor de María, Christian Harold.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Alas Peruanas  
Filial Abancay.

A los productores de ladrillos  
artesanales Llantuyhuanca  
Chaccamarca, Talavera Andahuaylas-  
Apurímac.

A mis asesores:

Ing. Rómulo Gómez Noblega, por  
compartir sus conocimientos y experiencias  
durante la etapa de investigación.

A la Dra. Sonia María Loayza Chácara  
por su comprensión y paciencia.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo: Optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera Andahuaylas 2016.

El tipo de investigación es aplicada, porque se manipula la variable independiente para ver los efectos en la variable dependiente, el diseño es cuasi experimental con un grupo de control y un grupo experimental. La unidad de observación es el proceso de fabricación de las unidades de albañilería; por lo que mediante la presente investigación se optimizó las etapas más críticas del proceso productivo, en lo que concierne a la mejora de la calidad de la materia prima, proceso de amasado, así como la temperatura de cocción, manteniendo el sistema de producción artesanal, de tal forma que estas unidades de albañilería mejoren sus características que cumplan con las exigencias de la Norma E-070.

Los métodos utilizados en la presente investigación fueron: método deductivo, el método experimental; respecto a las técnicas fueron la observación, técnicas de análisis de laboratorio, ficha de investigación bibliográfica.

En conclusión, se ha demostrado que la optimización de los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo ha mejorado significativamente la calidad de las unidades de albañilería (ladrillos) fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas Apurímac.

**PALABRAS CLAVES:** Calidad, parámetros fisicoquímicos, optimización.

## **ABSTRAC**

The objective of this research work is to: Optimize the physicochemical parameters of the production process to improve the quality of the handcrafted masonry units in the area of Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera Andahuaylas 2016.

The type of research is applied, because the independent variable is manipulated to see the effects in the dependent variable, the design is quasi-experimental with a control group and an experimental group. The observation unit is the manufacturing process of the masonry units; Therefore, through the present investigation, the most critical stages of the production process were optimized, as regards the improvement of the quality of the raw material, the kneading process, as well as the cooking temperature, maintaining the artisanal production system, in such a way that these masonry units improve their characteristics that comply with the requirements of Standard E-070.

The methods used in the present investigation were: deductive method, the experimental method; Regarding the techniques, they were observation, laboratory analysis techniques, bibliographic research file.

In conclusion, it has been demonstrated that the optimization of the physicochemical parameters of the production process has significantly improved the quality of the masonry units (bricks) manufactured by hand in the area of Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas Apurímac.

**KEY WORDS:** Quality, physicochemical parameters, optimization.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	13
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.2.1. Espacial.....	15
1.2.2. Temporal.....	15
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. Problema General .....	15
1.3.2. Problemas Específicos .....	15
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.4.1. Objetivo General.....	16
1.4.2. Objetivos Específicos .....	16
1.5. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.5.1. Hipótesis General.....	17
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	17
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.6.1. Variable independiente (VI): .....	17
1.6.2. Variable dependiente (VD):.....	17
1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	17
1.6.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	17
1.6.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....	19
1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.7.1. Tipo de Investigación.....	20
1.7.2. Nivel de Investigación .....	21

1.7.3.	Métodos de Investigación .....	21
1.7.4.	Diseño de investigación .....	22
1.8.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
1.8.1.	Población .....	22
1.8.2.	Muestra .....	22
1.9.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	23
1.9.1.	Técnicas .....	23
1.9.2.	Instrumentos.....	24
1.10.	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
1.10.1.	Justificación .....	29
1.10.2.	Importancia .....	29
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....		31
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
2.2	BASES TEÓRICAS.....	37
2.2.1	ARCILLA .....	37
2.2.1.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ARCILLAS .....	38
2.2.1.2	Propiedades de las arcillas .....	41
2.2.1.3	CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS .....	43
2.2.1.4	Características de la arcilla para unidades de albañilería.....	46
2.2.1.5	Aplicación de las arcillas .....	47
2.2.2	LADRILLO .....	48
2.2.2.1	Características generales de las unidades de albañilería .....	49
2.2.2.2	Clasificación de los ladrillos .....	50
2.2.2.3	Limitaciones en su aplicación de las unidades de albañilería .....	52
2.2.2.4	Los requisitos que deben cumplir los ladrillos según Norma: .....	53
2.2.2.5	Cualidades de las unidades de albañilería .....	54
2.2.2.6	PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS .....	55
2.2.2.7	Tipos de ladrillos.....	58
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	58
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....		62

3.1	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	62
3.2	ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES .....	62
3.2.1	Granulometría .....	62
3.2.2	Densidad .....	65
3.2.3	Absorción.....	65
3.2.4	Resultados del análisis de la calidad de agua de amasado para las unidades de albañilería.....	66
3.2.5	Descripción de los resultados sobre la Optimización de los Parámetros Físicoquímicos del proceso Productivo .....	67
3.2.6	Comparación de resultados de la resistencia a la compresión de ladrillos artesanales de los productores y ladrillos del experimento realizado en la presente investigación. ....	71
	CAPÍTULO IV PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	72
4.1	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	72
4.1.1	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	72
4.1.1.1	Hipótesis General .....	72
4.1.1.2	. Hipótesis específicas .....	73
4.1.1.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	77
	CAPÍTULO V .....	79
	CONCLUSIONES .....	79
	RECOMENDACIONES .....	81
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
	ANEXOS .....	85



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Tamaño de grano de suelos (mm) .....	38
Tabla 2.- Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común.....	38
Tabla 3.- Composición química de arcilla pura (caolín) .....	39
Tabla 4.- Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	52
Tabla 5.- Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería para fines estructurales.....	53
Tabla 6.- Requisito obligatorio: De densidad .....	53
Tabla 7.- Requisitos complementarios: absorción y coeficientes de saturación.....	54
Tabla 8.- Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo .....	54
Tabla 9.- Densidad de las unidades de albañilería.....	65
Tabla 10.- Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería .....	66
Tabla 11.- Índice de Plasticidad para muestras de arena gruesa, arena fina y arcilla. ....	67
Tabla 12.- Optimización de los parámetros fisicoquímicos para el amasado (Estadísticas de arena gruesa, arena fina y arcilla).....	68
Tabla 13.- Valores de temperatura y resistencia.....	69
Tabla 14.- Prueba de resistencia a la compresión .....	71
Tabla 15.- Diseño factorial para el proceso productivo.....	73
Tabla 16.- Prueba de una media mediante la T-student del índice de plasticidad para arena gruesa, arena fina y arcilla. ....	74
Tabla 17.- Análisis de varianza de un factor para amasado.....	75
Tabla 18.- Análisis de Varianza de un Factor para Temperatura .....	76
Tabla 19.- Proporción de arena-arcilla-agua para la producción de ladrillos artesanales de los 5 productores de Llantuyhuanca-Chaccamarca.....	90
Tabla 20.- Muestra representativa de los 5 productores de ladrillos artesanales Llantuyhuanca-Chaccamarca .....	97
Tabla 21.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE ARENA GRUESA, ARENA FINA, Y ARCILLA.....	98
Tabla 22.- Análisis Fisicoquímico de agua, utilizada por los productores de Llantuyhuanca-Chaccamarca. ....	100
Tabla 23.- Plasticidad de diversos suelos Arcillosos/Limosos. ....	102

Tabla 24.- DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE ARENA FINA, ARENA GRUESA, ARCILLA, AGUA, SOLUCIÓN SALINA A DIFERENTES CONCENTRACIONES .....	103
Tabla 25.- Diseño de Horno para diferentes capacidades.....	108
Tabla 26.- Efectos contaminantes de los tipos de combustible utilizados en las Ladrilleras Artesanales .....	108

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Curva de Análisis Granulométrica de Arena Gruesa .....	62
Gráfico 2.- Curva de Análisis Granulométrica de arcilla .....	63
Gráfico 3.- Curva de Análisis Granulométrica de arena fina .....	64
Gráfico 4.- Índice de Plasticidad de Las Muestras de Arena Gruesa, Fina Y Arcilla ....	67
Gráfico 5.- Optimización de los parámetros fisicoquímicos para amasado .....	68
Gráfico 6.- Valores de Temperatura Y Resistencia .....	70
Gráfico 7.- Diagrama de caja para la resistencia y concentración de la sal para amasado.....	75
Gráfico 8.- Diagrama de Caja para la Resistencia y Temperatura de Cocción .....	76

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación denominado: “OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA MEJORA DE CALIDAD DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA ZONA DE LLANTUYHUANCA-CHACCAMARCA TALAVERA-ANDAHUAYLAS 2017”, tuvo como objetivo optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente. Para tal proposito, se optimizó los procedimientos y técnicas para mejorar la calidad de la materia prima, el proceso de amasado y la temperatura de cocción, que son las partes mas críticas del proceso productivo.

Como parte de la labor investigativa, se arribó a la conclusión principal siguiente: que la optimización de los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo de las unidades de albañilería fabricadas artesanalmente, mejoraron significativamente la calidad de los ladrillos, lo que se refleja en la mejora de la resistencia mecánica.

Por lo que se recomienda a los productores de ladrillos artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, implementar la mejora del proceso productivo de la fabricación de los ladrillos, referidas a las etapas más críticas tomadas en cuenta en la presente investigación, lo que contribuirá a mejorar la calidad de las unidades de albañilería. Para este fin, se presenta la propuesta de optimización del proceso productivo, manteniendo el sistema de producción artesanal.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

A nivel mundial la industria de la construcción, es un sector económico de gran relevancia en el PBI y el empleo; y como tal representa una importante capacidad de arrastre sobre otras industrias. (<http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>).

En tal sentido las construcciones de albañilería estructural se han convertido, en una alternativa económica y sencilla y específicamente el uso del ladrillo como elemento constructivo, se remonta a miles de años y la materia prima para su conformación y elaboración es la arcilla.

Si nos referimos al ámbito nacional, los ladrillos rojos propiamente dichos, tienen una alta demanda debido a las ventajas de ocupar menos espacio comparados con los adobes que tenían mayor uso, (Mercadeando S.A, 2012), ubicada en la fuente electrónica: (<http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>).

De otro lado, el sector de los ladrilleros en el Perú presenta una serie de problemas entre los cuales se puede mencionar: la baja eficiencia de los hornos empleados, el uso

de los combustibles inadecuados, la baja calidad de los productos terminados, los deficientes procesos de comercialización y como consecuencia la economía precaria en la que se desarrollan estos productores. Asimismo, los procesos productivos son ineficientes en las prácticas de producción como son: materia prima, prácticas de amasado, así como inadecuados sistemas de cocción con hornos y sistemas de ventilación inapropiados que generan problemas a la producción limpia y una débil protección ambiental.

Es preciso señalar también que la actividad económica de la construcción de viviendas a nivel de la provincia de Andahuaylas, ha ido en incremento estos últimos años, como efecto del crecimiento poblacional, lo que se refleja en el mayor número de permisos o licencias para la construcción de edificaciones en base a ladrillos.

En este sentido a nivel regional, la zona de Andahuaylas y particularmente el distrito de Talavera cuenta con un número considerable de productores de ladrillos de fabricación artesanal; pero sin embargo éstos presentan deficiencias en sus características físicas, químicas y mecánicas como son: dimensiones, resistencia a la compresión, tracción, durabilidad, refractariedad, etc., por tanto el uso de estas unidades de albañilería en las edificaciones dan lugar a problemas relacionados a la durabilidad, resistencia, influyendo en la disminución de la vida útil de las mismas y pone en riesgo la seguridad de las personas. Asimismo, estas deficiencias de acuerdo a las observaciones realizadas se deben a diversos factores del proceso productivo de las ladrilleras como por ejemplo la inadecuada preparación de la materia prima, el amasado, secado, temperatura de cocción, lo que influyen notoriamente en la resistencia frente a las cargas externas y durabilidad de inclemencias del clima.

Ante esta problemática observada, se ha planteado optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo de los ladrillos artesanales, para mejorar la

calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas, manteniendo el sistema de producción artesanal, de tal forma mejoren sus características y cumplan con las exigencias de la Norma E-070.

## **1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Espacial**

El trabajo de investigación se desarrolló en la zona de Llantuyhuanca Chaccamarca del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas-Apurímac.

### **1.2.2. Temporal**

El trabajo de investigación se desarrolló en el período de setiembre 2016 a abril del año 2017.

## **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Problema General**

¿En qué medida la optimización de parámetros fisicoquímicos del proceso productivo mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera- Andahuaylas 2016?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

¿En qué medida la optimización de la calidad de la materia prima mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016?

¿En qué medida la optimización del amasado mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016?

¿En qué medida la optimización de la temperatura de cocción mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca Talavera-Andahuaylas 2016?

#### **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera - Andahuaylas 2016.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Optimizar la calidad de la materia prima para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera - Andahuaylas 2016.
- Optimizar la etapa del amasado para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.
- Optimizar la temperatura de cocción para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.



## **1.5. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La optimización de parámetros fisicoquímicos del proceso productivo mejorará significativamente la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- La optimización de la calidad de la materia prima mejorará de forma significativa la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.
- La optimización del amasado permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.
- La optimización de la temperatura de cocción mejorará significativamente la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

## **1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. Variable independiente (VI):**

Optimización de los parámetros fisicoquímicos.

### **1.6.2. Variable dependiente (VD):**

Calidad de las unidades de albañilería.

### **1.6.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

#### **1.6.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.**

#### **A) Variable independiente (X)**

Optimización de los parámetros fisicoquímicos

### **Definición conceptual**

Optimizar los parámetros fisicoquímicos, es buscar mejorar los datos que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación, a partir de un parámetro, que puede ser una cierta circunstancia comprendida o ubicada en perspectiva, (<https://es.slideshare.net/EdelmiraPernett/terminos-basicos-en-la-estadistica-1-60254726>).

### **DIMENSIONES:**

Calidad de la arcilla

Amasado

Cocción

### **Indicadores:**

X<sub>1</sub>: Índice de plasticidad

X<sub>2</sub>: Relación arcilla-arena-agua

X<sub>3</sub>: Temperatura de cocción

### **B) Variable dependiente (Y):**

#### **Calidad de las unidades de albañilería**

#### **Definición conceptual**

La calidad de una unidad de albañilería, está referida a un conjunto de características o propiedades inherentes, que tiene este producto, las cuales satisfacen las necesidades del cliente y que se ven reflejadas en una sensación de bienestar, complacencia de acuerdo a las normas de calidad establecidas en las normas técnicas de la misma.

Fuente: <http://centrocastelmonte.com/la-calidad-de-un-producto-o-servicio.html>

## **DIMENSIONES:**

Resistencia

Dimensión

Absorción

## **Indicadores**

X1: Kg/cm<sup>2</sup>

X2: variabilidad en las dimensiones (%)

X3: Porcentaje de absorción

### **1.6.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

#### **A) PRIMERA HIPÓTESIS:**

- **Variable independiente (X):**

La calidad de la materia prima

#### **Indicadores:**

X1: índice de plasticidad

X2: Granulometría adecuada

- **Variable dependiente (Y):**

Calidad de las unidades de albañilería

#### **Indicadores:**

Y1: Resistente a la compresión

Y2: Uniformidad en las dimensiones

#### **B) SEGUNDA HIPÓTESIS:**

- **Variable independiente (X):**

Amasado

#### **Indicadores:**

X1: relación arcilla-arena-agua

**X2:** homogeneidad

- **Variable dependiente (Y):**

Calidad de las unidades de albañilería

**Indicadores:**

Y1: Resistencia a la compresión

Y2: Dimensiones

**C) TERCERA HIPÓTESIS**

- **Variable independiente (X):**

Temperatura de cocción

**Indicadores:**

**X1:** Variación de temperatura

**X2:** Suministro de ventilación al proceso de combustión

- **Variable dependiente (Y):**

Calidad de las unidades de albañilería

**Indicadores:**

Y1: Resistencia a la compresión

Y2: Sonido metálico

## **1.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Tipo de Investigación**

El presente trabajo de investigación, por su finalidad corresponde al tipo de investigación aplicada, porque se manipula la variable independiente: Optimización de parámetros fisicoquímicos, para describir los efectos en la variable dependiente: Mejora de la calidad de las unidades de albañilería, de acuerdo Hernández, Fernández y Baptista (2014).

### **1.7.2. Nivel de Investigación**

El estudio corresponde al nivel explicativo, porque permite describir, explicar las causas que existen entre la optimización de parámetros fisicoquímicos y la mejora de la calidad de las unidades de albañilería. Hernandez, Fernandez y Baptista (2014).

### **1.7.3. Métodos de Investigación**

Los métodos a utilizar son:

#### **Método de observación**

Este proceso nos permite percibir deliberadamente ciertos rasgos existentes en la realidad investigada, por medio de un esquema conceptual previo y con base a ciertos propósitos definidos en cada una de las variables en estudio, además nos permite captar y registrar los hechos tal y como sucede en la realidad manipulando la variable independiente.

#### **Método inductivo – deductivo**

Aplicado en la organización y sistematización del marco teórico. Este método relaciona una ley general con hechos particulares; es deductivo en un sentido (parte de lo general a lo particular) y es inductivo en un sentido contrario (parte de lo particular a lo general).

#### **Método analítico – sintético**

Son procesos del conocimiento cuya utilización nos permitió conocer la realidad investigada, partiendo de la identificación de las partes que conforman el todo, o como resultado de ir aumentando el conocimiento de la realidad, iniciando con los elementos más simples y fáciles de conocer para ascender, gradualmente, al conocimiento complejo.

#### **Método experimental**

Es un método científico importante y complejo, debido a que a través del cual se puede comprobar la variable dependiente del problema por investigar, permitiendo que

cada vez se encuentre una mayor explicación. En este sentido el método experimental consiste en someter un sistema material a ciertos estímulos, y observar sus reacciones a éstos.

Este método nos permite incluir relaciones empíricas entre variables o comprobar la veracidad de una hipótesis, por medio de un modelo controlado, aunado al experimento teniendo como resultado un experimento controlado. (Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2010).

#### **1.7.4. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación corresponde al diseño cuasi-experimental, siendo el grupo de control: el proceso productivo de las unidades de albañilería de los productores artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca y el grupo experimental: el proceso productivo de las unidades de albañilería de la presente investigación.

### **1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.8.1. Población**

La población está integrada por 250 productores de ladrillos artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca del distrito de Talavera provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

#### **1.8.2. Muestra**

En la determinación de la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico, considerando un muestreo intencional de cinco productores, que de acuerdo a los análisis previos realizados tienen similares características en la composición de la materia prima y proceso productivo.

Criterios de exclusión:

- Productores con producción no frecuentes

- Productores con tecnología semimecanizada

## **1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **1.9.1. Técnicas**

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se utilizaron en la presente investigación fueron:

#### **a. Técnicas de observación y análisis**

Permitió registrar las actividades realizadas por la investigadora durante el proceso de los análisis y experimentación en el laboratorio de los diferentes parámetros fisicoquímicos, así como del proceso productivo de las unidades de albañilería producidos artesanalmente por los productores.

#### **b. Análisis de laboratorio**

Técnica utilizada, para analizar los parámetros fisicoquímicos como la calidad de la arcilla, amasado, temperatura de cocción, resistencia mecánica, índice de plasticidad, dimensiones, absorción, densidad entre otros; las que fueron aplicadas de acuerdo a los protocolos establecidos por las normas técnicas correspondientes.

#### **c. Encuestas a productores.**

Las fichas de encuestas han sido aplicadas a los productores en cuanto se refiere a las características de los materiales, modos de producción, comercialización. Esta técnica se aplicó como parte preliminar de la investigación.

#### **d. Ficha de investigación bibliográfica.**

Está referida a las fichas utilizadas para la recopilación de información bibliográfica y de otras fuentes referentes a la consolidación de la redacción del marco teórico del presente trabajo de investigación.

#### **1.9.2. Instrumentos**

Los Instrumentos de recolección de datos; fueron:

- Hojas de reporte de laboratorio
- Cuaderno de apunte de datos, utilizado para recabar información de datos obtenidos en campo y laboratorio.

A continuación, se presentan los formatos de las hojas de reporte de laboratorio, que se utilizaron como instrumento en la presente investigación:



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ARENA GRUESA, ARENA FINA, Y ARCILLA**

NÚMERO DE PRODUCTORES		M1			M 2			M3			M 4			M5		
DETERMINACION	UNIDADES	M1-1 (Arena gruesa)	M1-2 (Arena fina)	M1-3 (Arcilla)	M2-1 (Arena gruesa)	M2-2 (Arena fina)	M2-3 (Arcilla)	M3-1 (Arena gruesa)	M3-2 (Arena fina)	M3-3 (Arcilla)	M4-1 (Arena gruesa)	M4-2 (Arena fina)	M4-3 (Arcilla)	M5-1 (Arena gruesa)	M5-2 (Arena fina)	M5-3 (Arcilla)
Conductividad Eléctrica	μS/cm															
pH																
Carbonato CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	%															
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	%															
Calcio Ca	%															
Magnesio Mg	%															
Hierro FeO	mg/100															
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/100															
Grava	%															
<b>TEXTURA (malla 2 mm)</b>																
Arena	%															
Arcilla	%															
Limo	%															
Clase textural																

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA									
NTP 339.613									
<b>SOLICITANTE :</b>									
<b>PROYECTO :</b>									
<b>UBICACIÓN :</b>									
<b>FECHA :</b>									
N°	IDENTIFICACION	Fecha de Rotura	Largo (mm)	Ancho (mm)	A Área (mm)	Carga(KN) LECTURA DE MAQUINA	W Carga (N)	C Mpa	kgf/cm²
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
16									
17									
FORMULA					$C = \frac{W}{A}$		DONDE:		
							C:RESISTENCIA COMPRESION DEL ESPECIMEN, Mpa		
							W: maxima carga en N, indicada por la maquina de ensayo		
							A:Promedio del area bruta en mm <sup>2</sup>		
<b>NOTA:</b>									
- El ensayo a la compresion se realizo sobre LADRILLO ENTERO									
<b>OBSERVACIONES:</b>									
1) Según lo indicado por el peticionario, las muestras proceden de las ladrillerías Artesanales de nuestra provincia de andahuaylas distrito de talavera centro poblado de llantuy huanca									
2) Se realizo el refregado con yeso cemento									
3) Equipo calibrado ORION LABORATORIOS E.I.R.L. CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 151230 Verificación de sistema Digital para Prensa de Concreto									

DIMENSIONES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA				
NTP 339.613				
<b>SOLICITANTE :</b>				
<b>PROYECTO :</b>				
<b>UBICACIÓN :</b>				
<b>FECHA :</b>				
N°	IDENTIFICACION	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
<b>NOTA:</b>				
<b>OBSERVACIONES:</b>				

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA DE REFERENCIA  
ASTM D422 / NTP 339.128  
*Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils*  
*Metodo de Ensayo para el Análisis Granulométrico*

Proyecto : \_\_\_\_\_  
Ubicación : \_\_\_\_\_  
Cliente : \_\_\_\_\_  
Muestra : \_\_\_\_\_  
Sondaje : -

Lámina N° : - \_\_\_\_\_

### I- DATOS DE LA MUESTRA

Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
N° 4	4.760					
N° 10	2.000					
N° 20	0.840					
N° 40	0.420					
N° 100	0.149					
N° 200	0.074					
FONDO						

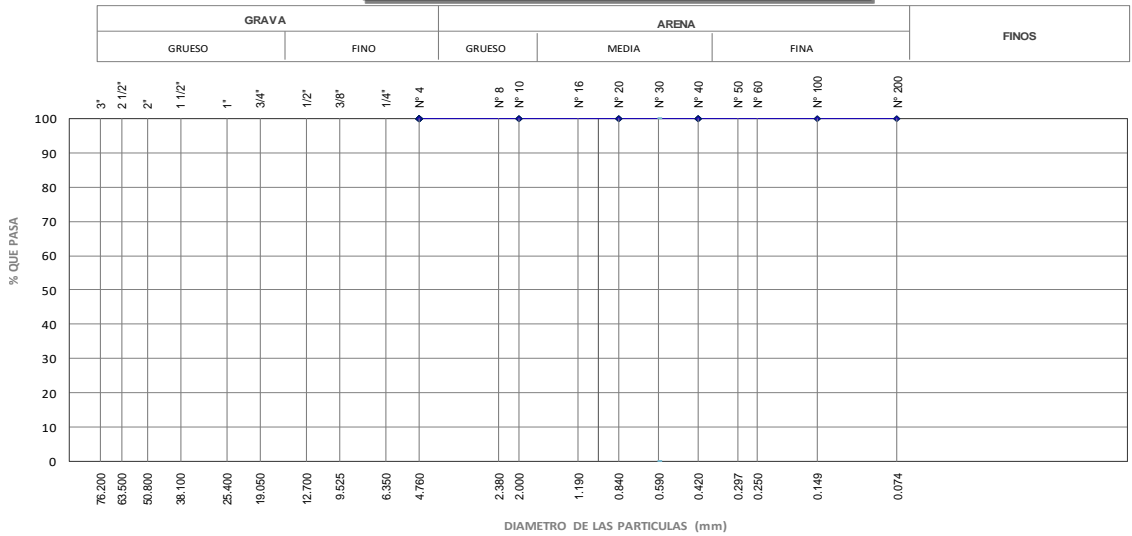
  

Contenido de Humedad, ASTM - D2216	
Humedad %	
Límites de Consistencia, ASTM - D4318	
Límite Líquido	
Límite Plástico	
Índice de Plasticidad	
Resultados de la Granometría	
C. de Uniformidad (Cu)	-
C. de Curvatura (Cc)	-
Grava N° 4 < α < 3"	
Arena N° 200 < α < N° 4	0.00%
Clasificación, ASTM - D2487 / D3282	
SUCS:	
AASHTO:	
Descrip.:	

Peso Total Seco		Partículas >3"	
Peso Fracción Seco < N°4		Partículas < N° 200	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: \_\_\_\_\_

Realizado : \_\_\_\_\_

Revisado : \_\_\_\_\_

## DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA

Norma de Referencia

ASTM D4318 / NTP 339.129

*Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.*

*Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*

Proyecto : \_\_\_\_\_

Ubicación : \_\_\_\_\_ Profundidad : \_\_\_\_\_

Cliente : \_\_\_\_\_ Progresiva : \_\_\_\_\_

Muestra : \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

Sondaje : \_\_\_\_\_ Lámina N° : \_\_\_\_\_

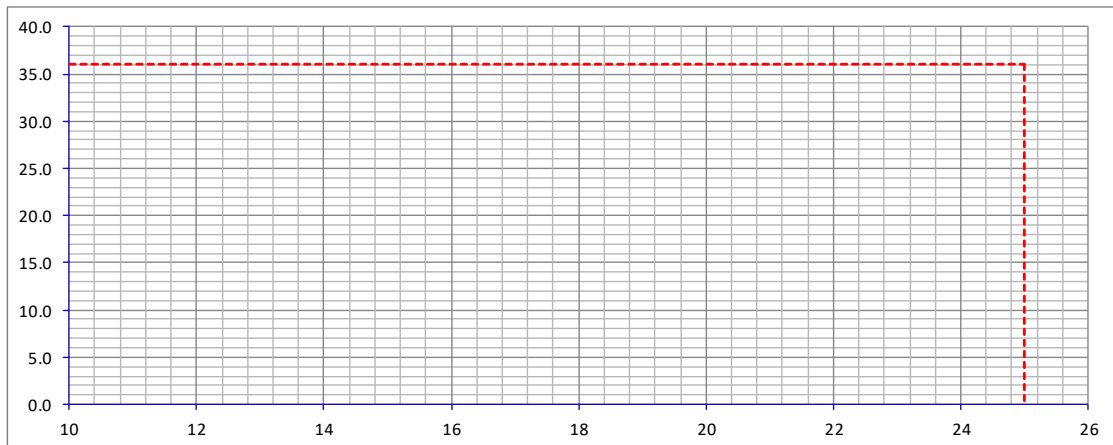
**I- DATOS DE LA MUESTRA**

Método de Ensayo: \_\_\_\_\_

Temperatura de Secado: \_\_\_\_\_

Agua Utilizada: \_\_\_\_\_

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	N°							
GOLPES	N°							
RECIPIENTE	N°							
PESO DE MUESTRA HUMEDA+RECIPIENTE	Gr.							
PESO DE MUESTRA SECA+RECIPIENTE	Gr.							
PESO DEL AGUA	Gr.							
PESO DEL RECIPIENTE	Gr.							
PESO DEL SUELO SECO	Gr.							
HUMEDAD	%							



LIMITE LIQUIDO : _____ %	LIM. PLASTICO : 0 %	INDICE PLASTICO : 0 %
--------------------------	---------------------	-----------------------

	% RETENIDO EN TAMIZ N° 40 : _____
--	-----------------------------------

Núm. Golpes (N): _____			
Factor (K): _____			

Realizado : \_\_\_\_\_ Revisado : \_\_\_\_\_

## **1.10. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.10.1. Justificación**

El proyecto de investigación permitió optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente. Para tal fin se optimizó algunas etapas más críticas del proceso productivo de la fabricación de los ladrillos artesanales, en lo que concierne a la mejora de la calidad de la materia prima, proceso de amasado, así como la temperatura de cocción, manteniendo el sistema de producción artesanal, de tal forma que estas unidades de albañilería mejoren sus características y cumplan con las exigencias de la Norma E-070.

Además, la optimización de los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo del ladrillo fortalecerá la capacidad productiva que también generará mayores beneficios económicos de las familias y consecuentemente la mejora de calidad de vida, así como el cuidado del medio ambiente.

### **1.10.2. Importancia**

El presente estudio es importante porque permitió mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca Chaccamarca; para ello se buscó optimizar los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo como son: la calidad de la materia prima, el proceso de amasado, así como la temperatura de cocción.

Por otro lado, es importante, porque mejorar la calidad de los ladrillos rojos contribuirá en el desarrollo adecuado de la construcción de viviendas y asimismo beneficiará a los productores en la mejora de las capacidades productivas respecto a los conocimientos empíricos aplicados en la elaboración de los ladrillos artesanales.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

- **Autora: Joyse Barranzuela L. (2014)**

TESIS: “PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA PRODUCIDOS EN LA REGION PIURA”,

El problema resaltante en el proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura es el desconocimiento de los componentes de la materia prima, la arcilla. Para ello se ha realizado estudio estadístico con un mayor número de muestreo del producto y zonas de producción.

#### **OBJETIVO**

El presente trabajo tiene por objetivo identificar el proceso de producción de las unidades fabricadas en el departamento de Piura y establecer valores referentes de sus propiedades.

#### **Conclusiones**

- ✓ En el proceso de producción las condiciones de secado y cocción están asociados a las características de la materia prima. No es posible estandarizar el proceso si hay

desconocimiento de los componentes mineralógicos de la materia prima, porque esto lleva a obtener resultados diversos en la calidad de las unidades.

- ✓ La mejor calidad de la ladrillera El Talan, afirma que un proceso más controlado garantiza mejores propiedades de las unidades. Pero se da en ciertas propiedades como la variabilidad dimensional y alabeo, como consecuencia de las mejoras técnicas de moldeo, y la resistencia a la compresión con un proceso de cocción más controlado.
- ✓ La incorporación de la diatomita que reduce la temperatura de la mezcla y el desgaste de los equipos durante el moldeo podría tener un efecto adicional en la capacidad refractaria de las unidades finales.
- ✓ Los ladrillos El Talan no alcanzan los requisitos de calidad que exige la norma NTP 331.017 para un ladrillo tipo industrial, por lo que estas unidades deberían considerarse como semi-industriales.
- ✓ Si se desea diseñar con unidades artesanales el valor de la resistencia a la compresión para el diseño podría considerarse 50 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ En la prueba de absorción que se realizó con las unidades tanto a los ladrillos semi-industriales y artesanales, ningunos garantizan la durabilidad ante la intemperie. Ambos requerirán recubrimientos para garantizar la integridad del muro. Como la absorción es mayor en los ladrillos artesanales, estos requerirán tarrajeo, mientras que los semi-industriales requerirán semi-tarrajeo.
- ✓ Los ladrillos artesanales son más susceptibles a presentar eflorescencia, es por ello la necesidad de recubrir el muro para evitar que las sales contenidas en las unidades



se cristalicen al entrar en contacto con el agua y lleven a significativa pérdida de resistencia.

- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos en el ensayo de succión, se observa que tanto los ladrillos artesanales como los semi-industriales deben ser saturados antes de su uso. Sin embargo, en la práctica constructiva, los ladrillos semi-industriales no se saturan, más son humedecidos minutos antes de colocarlos.

- **Autora: Norma Lissette Zea Osorio (2005)**

TESIS: “CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES”

Ubicado, en la Universidad de San Carlos de Guatemala: facultad de Ingeniería Civil.

El problema del tema de tesis planteada es determinar las propiedades físicas y propiedades mecánicas para establecer una dosificación adecuada de la mezcla para la obtención de un producto de calidad como es el ladrillo.

### **OBJETIVO**

Evaluar las propiedades Físicas, Mecánicas, y Químicas de los suelos que conforman la mezcla utilizada en la producción del ladrillo cocido artesanalmente.

### **Conclusiones**

- ✓ No puede determinarse por simple inspección visual, si el tipo de arcilla que se extrae de los bancos de materiales, es el adecuado para formar parte de la mezcla con la que se fabrica el ladrillo artesanal, debe someterse a una serie de ensayos físicos, ensayos mecánicos y análisis químico para determinar sus características y propiedades.

- ✓ No existe un control de calidad en la producción del ladrillo artesanal, se realiza de manera empírica, utilizando los métodos heredados de generación tras generación, esto provoca que no se ofrezca al usuario un producto de confianza, uniforme, de propiedades químicas y físicas fijas con formas y acabados definidos.
- ✓ La relación existente entre el límite líquido y el índice plástico ofrece una gran información acerca de la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla.
- ✓ Cuanto más pequeña es la partícula y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.
- ✓ Los suelos que tienen un alto contenido de óxido de hierro tienden a tomar un color rojizo más oscuro durante la cocción.
- ✓ El color y la calidad de los ladrillos varía según la clase de arcilla empleada en su elaboración.

- **Autor: Wilson Néstor Arquíñigo Trujillo (2011)**

TESIS: “PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD ESTRUCTURAL DE LOS LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA COCIDA DE HUANUCO”

El problema del tema de tesis planteada en la propuesta para mejorar la calidad estructural de ladrillos artesanales de arcilla cocida es la cocción irregular y la presencia de grietas por contracción de secado para ello se ha planteado modificar la forma y composición del crudo, manteniendo el sistema de producción artesanal, esperando mejorar su resistencia frente a las cargas y durabilidad frente a las inclemencias del clima.

## **OBJETIVO GENERAL**

Obtener ladrillos artesanales de arcilla cocida que cumplan con las exigencias de la Norma E.070 (2006), en cuanto a resistencia a compresión de unidades, prismas y muretes.

## **Conclusiones**

- ✓ La inclusión de huecos en la cara de asiento y aserrín en la composición del crudo, permite que los ladrillos artesanales de arcilla cocida, cumplan con las exigencias de la norma E 070, clasificándolo por lo menos como del tipo II.
- ✓ Efectivamente, la inclusión de huecos, manteniendo la condición de sólido o macizo (menos de 30% de vacíos), permite mejor circulación del aire caliente, cociendo mejor la parte central de la unidad.
- ✓ Un mejor grado de cocción (sin llegar a vitrificar), permite que el ladrillo alcance una mayor resistencia y en consecuencia también mayor durabilidad frente a las inclemencias del clima.
- ✓ La inclusión de aserrín en la composición del crudo, prácticamente evita fisuras o grietas por contracción de secado.
- ✓ Es posible que los ladrillos KK artesanales de arcilla cocida, cumplan con las exigencias de la norma E -070, sin llegar a industrializar la producción, basta con modificar el molde y la composición del crudo.

- **AUTORES: José Darío Santos Amado. Pedro Malagón Villafrades (2009)**

TESIS: ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE PROCESO DE FABRICACIÓN DE TEJAS Y LADRILLOS CON ARCILLAS DE LA VEREDA GUAYABAL DEL MUNICIPIO DE BARICHARA (SANTANDER)

### **OBJETIVO**

Proponer una alternativa de mejoramiento al proceso de fabricación de tejas y ladrillos a partir de las arcillas de la vereda Guayabal del Municipio de Varichara.

### **Conclusiones**

- El 100% de las ladrilleras afiliadas a ASOGUAYABAL, son clasificadas como chircales artesanales debido a su sistema rudimentario de producción: moldeo manual, secado natural, hornos de llama vertical y producción inferior a 110 ton/mes.
- Según el diagrama de Casagrande, todas las arcillas de la vereda de Guayabal excepto la arena amarilla (A), se clasifican como arcillas inorgánicas de mediana plasticidad.
- Las arcillas (A), y cascajo (C) individualmente no tienen plasticidad necesaria para la elaboración de pastas cerámicas, sin embargo, al mezclarse en proporción de 55%C-45%A se pueden usar para la fabricación de ladrillos de construcción.
- La pasta de 55% C, y 45% A, debe ser elaborada con una adición de agua entre 22.5% (límite plástico) y 32.1% (límite líquido). Mientras que la pasta de arcilla roja requiere de mayor contenido de agua, entre 23.5% (Lp) y 38.2% (LL), para alcanzar las condiciones de plasticidad.
- Las mejores condiciones que presentaron en la etapa de cocción fueron: temperatura de 1050°C, velocidad de calentamiento de 2°C/min y un tiempo de dos

horas para la pasta 55C y una temperatura de 1050°C, velocidad de calentamiento 3°C/min y un tiempo de permanencia de 2 horas para la pasta R (arcilla roja).

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 ARCILLA**

Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando esta seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000°C. (Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017 octubre, 1978).

La arcilla es una roca ígnea, descompuesta, formada bajo el calor de la acción volcánica y más tarde fueron expuestas a centurias de intemperie. La arcilla es de origen en rocas feldespáticas. La acción del sol, viento, lluvia, y el agua rompen esas rocas en partículas cada vez más pequeñas que son transportadas por inundaciones y depositadas en lagos, campos y pantanos.

Según la Asociación Americana de Funcionarios de Transporte y Carreteras estatales (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, tenemos el tamaño del grano de suelo de la siguiente tabla:

**Tabla 1.- Tamaño de grano de suelos (mm)**

Nombre de la organización	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Asociación Americana de Funcionarios de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	< 0.075	Finos (es decir limos y arcillas)

**Fuente:** Según la Asociación Americana de Funcionarios de Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

### 2.2.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS ARCILLAS

Las arcillas se presentan en la naturaleza producto de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$ ) o en depósitos aluviales o eólicos, (Gallegos, 2005).

Por tanto, la composición química de las arcillas en la corteza terrestre y de la mayoría de las arcillas es muy similar como se muestra a continuación:

**Tabla 2.- Comparación entre el contenido químico de la corteza terrestre y la arcilla roja común**

Componente	Corteza Terrestre (%)	Arcillas roja Común (%)
<b>SiO<sub>2</sub></b>	59.14	57.02
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	15.34	19.15
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	6.88	6.70
<b>MgO</b>	3.49	3.08
<b>CaO</b>	5.08	4.26
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	3.84	2.38
<b>K<sub>2</sub>O</b>	3.13	2.03
<b>H<sub>2</sub>O</b>	1.15	3.45
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.05	0.91

**Fuente:** Rhodes, 1990

En la Tabla 2, podemos observar que la sílice, como la alúmina se encuentran en mayores cantidades en la composición de estos minerales, tanto en la corteza terrestre como en la arcilla roja común.

**Caolín ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ).**

El caolín es una roca compuesta esencialmente por silicato hidratado de alúmina tal como indica en la tabla 3 siendo, la caolinita el mineral principal que caracteriza a la mayor parte de los caolines.

El caolín es una arcilla pura (excluida de impurezas); es decir tiene bajo contenido de hierro y generalmente es casi blanco. La arcilla pura viene a ser el aglutinante de la mezcla de ladrillo.

**Tabla 3.- Composición química de arcilla pura (caolín)**

Nombre	Fórmula	Composición
Sílice	SiO <sub>2</sub>	47%
Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39%
Agua	H <sub>2</sub> O	14%

### **ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS**

La arcilla para la fabricación de ladrillos debe tener las características siguientes:

- Deben ser predominantemente silicato hidratado de alúmina acompañado de carbonato de calcio (en cantidades menores al 25% le confiere resistencia al agua y la helada), arena y óxido de hierro.
- El porcentaje de arcilla pura será superior a un 30%. Cuando la mezcla contiene un 25% o menos de arcilla pura, indica que es poco plástica y que presentará muchas dificultades para el moldeo.
- En la fabricación de ladrillos los materiales a utilizarse son por lo general arcillas amarillas o rojas de composición heterogénea.
- Dentro de la clasificación de las arcillas, según su origen, para la fabricación de los ladrillos deben ser generalmente las arcillas secundarias (sedimentarias o superficiales).
- Las arcillas usadas para la fabricación de ladrillos deben ser plásticas que, al mezclarse con agua, deben ser moldeables.

- Las partículas deben tener capacidad de adhesión para mantener estabilidad de las unidades de albañilería después del moldeo.
- Así mismo en la etapa de cocción estas unidades deben tener estabilidad.

## **INFLUENCIA DE LOS COMPONENTES DE LA ARCILLA EN LAS PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS.**

- **El cuarzo**

Aporta dureza y resistencia mecánica en las piezas y actúan como desgrasantes, pero quitan homogeneidad (para controlarlo moler finamente).

Reduce la excesiva plasticidad de arcillas y contribuye en la refractariedad.

La arena de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), aumenta de volumen al elevar la temperatura reduciendo la contracción de la pasta, aunque un calentamiento brusco produce una expansión violenta que podría romper la pieza.

- **La alúmina**

La alumina, junto con la sílice es el componente más importante en la constitución de las arcillas confiriéndoles resistencia y aumento de temperatura de maduración. La presencia de alúmina junto con la sílice la hace refractaria.

- **El óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )**

Pequeñas cantidades de óxido de hierro da una coloración intensa a la arcilla tostada, es decir en cantidades menores del 5%. Además, aporta resistencia mecánica y da una coloración rojiza a altas temperaturas.

- **El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )**

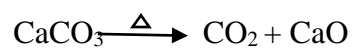
La presencia de carbonato de calcio en cantidades menores al 10% en la producción de ladrillos optimiza el consumo de energía haciendo el papel de fundente que, al



combinarse con los aluminosilicatos presentes en las arcillas, pueden disminuir la temperatura de fusión de las mezclas.

Así mismo, durante el tratamiento térmico de la pasta se produce la formación de fases vítreas obteniendo mayor resistencia mecánica en los materiales.

Cuando al carbonato de calcio se somete a altas temperaturas, este se descompone dando lugar a la formación de la cal viva, ésta al hidratarse produce fisuras de las piezas por su carácter expansivo.



La presencia de los carbonatos en las pastas se puede controlar por medio de una molienda fina.

- **Dolomita (MgCO<sub>3</sub>)**

Se descompone a mayor temperatura que la caliza por lo que no produce ningún efecto. Es refractaria.

- **Yeso Sulfato de calcio: (CaSO<sub>4</sub>)**

No aporta ventaja alguna; por el contrario, por su solubilidad en agua y posterior cristalización forma eflorescencias en la superficie de las piezas. Si el sulfato de Calcio se encuentra en el núcleo del ladrillo entonces terminará disgregando las piezas.

- **Sulfato de magnesio(MgSO<sub>4</sub>)**

La presencia de este compuesto en los ladrillos puede producir eflorescencia. Lo que caracteriza al MgSO<sub>4</sub>, es su gran solubilidad en agua y su alta expansión al cristalizar.

### 2.2.1.2 Propiedades de las arcillas

Las propiedades más importantes citamos a continuación:

- **Plasticidad.** - Esta es la propiedad más importante de las arcillas para la fabricación de ladrillos, puesto que, al combinarse con el agua, adquiere la forma que se le dé.

Se puede afirmar, que la plasticidad en las arcillas se debe a la capacidad de retener agua, porque ésta envuelve a las partículas laminares haciendo las veces de un lubricante que facilita el deslizamiento entre ellas.

- **Contracción.** - Es una propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones por la pérdida de humedad. Al momento de realizar el moldeo, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía, produciendo reducción en el tamaño de la pieza moldeada.

Existen dos tipos de contracción:

- ✓ **Contracción por aire**, que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.
- ✓ **Contracción por fuego**, que se produce durante el proceso de quemado.

Cualquiera de estos tipos de contracciones, si es excesivo, puede causar grietas y deformaciones en la unidad de albañilería. (Schneider y Dickey, 1980).

- **Refractariedad.** - Propiedad de las arcillas capaz de resistir altas temperaturas. Todas las arcillas tienen esta propiedad, pero algunas presentan un mayor grado de refractariedad. La variación en el grado de refractariedad de una arcilla a otra se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Si la arcilla cuenta con un porcentaje alto de estos compuestos, esta propiedad será mayor. (<https://es.scribd.com/document/318923477>).
- **Porosidad.** - La porosidad de las arcillas varía de un tipo a otro. Esta propiedad depende mucho del tamaño de grano que tenga la arcilla. Si la arcilla tiene un tamaño de grano grande, la porosidad será mayor que la de una arcilla con un

tamaño de grano pequeño. Al momento de moldear y compactar la mezcla que será utilizada en la fabricación de la unidad de albañilería, las arcillas con granos pequeños quedan más unidas unas con otras. Esto evita que se acumule tanta agua entre ellas y al momento de que se cueza la pieza, disminuyen las cavidades provocadas por la evaporación del agua. (Procesos productivos de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura, (<https://es.scribd.com/document/318923477>)).

- **Color.** - Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero, en general, son más o menos grises a veces azulejos o negras, y frecuentemente amarillas, rojas o pardas (Del Rio, 1975).

Los diversos matices dependen de su contenido químico, pero en este caso no lo determina el contenido de sílice y alúmina, si no que las causantes de la coloración lo determinan las impurezas de origen tanto mineral como orgánico principalmente: óxido de hierro, óxido de cobalto, óxido de cobre, pentóxido de vanadio, y el óxido de manganeso, (Ubicado en la tesis: Procesos productivos de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura)

### **2.2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS ARCILLAS**

Las arcillas se clasifican en:

- Según su empleo en la construcción
- Según su origen
- Según su composición
- Según su capacidad de absorber agua.

#### **a) Clasificación de las arcillas según su empleo en la construcción.**

Los minerales arcillosos que tienen importancia en la fabricación de materiales para la construcción son tres: la caolinita, montmorillonita y la illita, todos ellos de estructura hojosa; no se encuentran puros, sino mezclados.

En las arcillas **caolinitas**, la capacidad de absorber agua es baja. Tienen un gran porcentaje de alúmina y elevado punto de fusión con propiedades refractarias notables después de la cocción, por lo que se emplea para la fabricación de loza.

La **montmorillonita**, formado por descomposición superficial de rocas por agentes atmosféricos, procesos hidrotermales a baja temperatura, alteración de cenizas volcánicas por la acción de aguas circulantes de origen desconocido a lo largo de fracturas y vetas. Tiene alta capacidad de absorber agua. Se usan, generalmente como aislante térmico y acústico.

Las **illitas**, son las más utilizadas por ser las más comunes. La illita es un silicato laminar. Estructuralmente es bastante similar a la moscovita con algo más de silicio, magnesio, hierro y agua. Son menos expansivas que las montmorillonitas y su comportamiento es muy favorable en la industria de la construcción.

Debido a que el enlace es más débil que el de la caolinita sus partículas son más pequeñas y delgadas.

#### **b) Según su origen**

- **Arcilla primaria o residuales.** - Se utiliza esta denominación, cuando el yacimiento donde se encuentra es el mismo lugar en donde se originó. El caolín es la única arcilla primaria conocida.

#### **Características principales de las arcillas primarias:**

- Alto grado de refractariedad, se funde a temperaturas menores de 1750°C

- Contiene porcentajes altos de sílice y alúmina, bajo contenido de óxido de hierro y otras impurezas.
  - Después de la cocción presenta color blanco, producto del bajo contenido de impurezas.
  - Después del moldeo, no conserva la forma que se le da por su poca plasticidad.
- **Arcillas Secundarias o sedimentarias.** - Son las que se han desplazado después de su formación, debido a fuerzas físicas o químicas. Se encuentran entre ellas el caolín secundario, la arcilla refractaria, la arcilla de bola, el barro de superficie y el gres.

La pureza de las arcillas secundarias es menor, ya que estas son una mezcla de arcillas como consecuencia de la erosión procedentes de diferentes lugares. Es común encontrar en este tipo de arcillas porcentajes de hierro, cuarzo, mica y otras impurezas.

En el caso de las arcillas que tenemos en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca- Talavera pertenecen al tipo de arcillas secundarias.

#### **Características principales de las arcillas secundarias:**

- Alto contenido de impurezas y las coloraciones varían desde blanco hasta marrón oscuro esto, después de la cocción.
- El grado de plasticidad es alto, ya que los tamaños de grano son más pequeños.
- El punto de fusión oscila entre 1150°C a 1500°C

#### **c) Según su composición**

- **Calcáreas.** - Contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio. En la producción de ladrillos adopta un color amarillento.
- **No calcáreas.** - Compuestas de silicato de alúmina, tienen 2 a 10% de óxido de hierro y feldespato, al ser quemados tiene coloración rojiza.

Este tipo de arcillas son las indicadas para la elaboración de unidades de albañilería. (Gallegos, 2005).

#### **d) Según la capacidad de absorber agua**

Del Busto (1991) y Kohl (1975) coinciden en clasificar las arcillas según su capacidad de absorber agua en dos clases:

➤ **Grasas.** - Este tipo de arcillas son muy plásticas, incluso en pequeñas cantidades de humedad, esto; por contener componentes en estado coloidal. Presenta en su constitución grandes concentraciones de minerales arcillosos, y baja concentración de arenas silíceas.

Al secarse sufren contracciones considerables. Este tipo de arcillas se moldean con facilidad, pero su gran adherencia impide el desmoldeo adecuado del producto elaborado.

Según esta clasificación el tipo de arcilla de la zona de Llantuyhuanca correspondería a arcillas grasas.

➤ **Magras.** - Absorben poca agua y poseen baja plasticidad. Al secarse no experimentan mucha contracción. Generalmente va acompañada de abundante arena, (Del Busto, 1991).

#### **2.2.1.4 Características de la arcilla para unidades de albañilería**

Las arcillas para fabricación de unidades de albañilería son las del tipo arcillas comunes: que “es la materia prima arcillosa de amplia distribución de afloramiento, que, por sus propiedades físicas y no muy exigentes especificaciones químico-mineralógicas, se utiliza, principalmente en el sector cerámico de la construcción y en alfarería. Su constitución mineralógica es muy variada y posee minerales arcillosos

fundamentalmente del grupo de las micas (illitas, moscovitas, etc.) y en menores proporciones, los del grupo del caolín, cloritas, esmectitas y hormitas. La presencia de desgrasantes como el cuarzo, los carbonatos etc. con diferentes tamaños de grano hacen que sus propiedades cerámicas sean variadas, tendiendo hacia plasticidades bajas y puntos de vitrificación inferiores a los 1100°C, (Artículo. Boletín de la sociedad Española de Cerámica y Vidrio 2002).

La arcilla con que se elabora el ladrillo, es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, montmorillonita y la illita.

Cabe señalar, que las arcillas utilizadas en la fabricación de ladrillos, por lo general son de color amarillo o rojas de composición heterogénea y del tipo de arcillas secundarias. Las arcillas deben ser plásticas al mezclarse con agua de tal manera que pueda ser fácil de moldearse.

#### **2.2.1.5 Aplicación de las arcillas**

Las arcillas tienen aplicación en la fabricación de diversos productos como: tejas, ladrillos, tubos, baldosas, azulejos cerámicos, papel, vidrio, aglomerante, filtrantes farmacéuticos, químicos, metalurgia, pinturas, etc. ([http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/170670/P08\\_Resumen\\_Arcillas](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/170670/P08_Resumen_Arcillas)).

Las **arcillas rojas**, tienen aplicación fundamental en pavimentos, revestimientos, y cerámica industrial, las arcillas de cocción blanca, también se emplean en cerámica industrial. Los caolines en la industria del papel y la cerámica. La halloysita  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  en cerámica artística (porcelanas).

### **2.2.2 LADRILLO**

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno. (Norma Técnica Peruana ITINTEC 331.017 octubre, 1978).

Según 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).

La **Norma Técnica E.070 Albañilería**, denomina ladrillo o unidad de albañilería, a aquella unidad cuyas dimensiones permitan que pueda ser manipulada con una sola mano; y bloque, a aquella que requiere de ambas manos para su manipulación.

- **Ladrillo artesanal**

Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado, es hecho a mano o maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje, exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad. (Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017 octubre, 1978).

- **Ladrillos semimecanizado**

Los ladrillos semimecanizados, son la combinación de procedimientos tanto artesanales como mecanizados.



- **Ladrillos mecanizados**

Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea, y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad. (Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017 octubre, 1978).

En la fabricación de los ladrillos mecanizados se cuenta con una tecnología adecuada, para lo cual se utilizan: cargador frontal para el transporte de la materia prima, cajón alimentador para almacenaje temporal de la materia prima, desterronador, que tiene la función de desterronar la materia prima, faja transportadora que se usa para transportar el material desterronado a la molienda, molino que se usa para la arcilla que llega en forma de terrones que permite distribuir mejor la mezcla con mayor calidad, mezcladora en este equipo se humedece la mezcla con un (9-10)% de agua extrusora que realiza la función de compactar, empujar y evacuar el aire que contienen en el interior, por medio de una bomba de vacío de tal manera que compacte y quede libre de partículas de aire en el interior del producto. Cortadora de ladrillo crudo que tiene la función de cortar la mezcla.

### **2.2.2.1 Características generales de las unidades de albañilería**

Del Rio (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001), y Gallegos (2005), coinciden en que un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes:

- Estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos.

- Ser poroso sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia.
- Poseer un sonido metálico.
- Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches.
- No debe estar demasiado cocido ya que producirá una unidad de color violáceo o negruzco, con una estructura vitrificada y brillante, con deformaciones y grietas. Un ladrillo muy cocido es muy duro pero la resistencia queda anulada por las fisuras. Tampoco debe estar poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente y daría un sonido sordo.

### **Características de las Unidades de Albañilería Según Norma E-070**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E-070 Albañilería) manifiesta que:

- El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- El ladrillo debe estar bien cocido.
- Tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones.
- No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- No debe tener manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

#### **2.2.2.2 Clasificación de los ladrillos**

##### **A) Para fines estructurales**

Para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la tabla 4. (Norma E-70-MV-2006).

##### **B) Clasificación de los ladrillos de acuerdo a sus propiedades**

El ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades:

**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 servicio 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.

**Tabla 4.- Clase de unidad de albañilería para fines estructurales**

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máx. En %)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_B$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
<b>Ladrillo I</b>	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
<b>Ladrillo P<sup>(1)</sup></b>	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
<b>Ladrillo P<sup>(2)</sup></b>	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

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

### 2.2.2.3 Limitaciones en su aplicación de las unidades de albañilería

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 5. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E-030 Diseño Sismoresistente.



Fotografía N° 2.1: de zonas de sísmicas en costa, sierra, selva.

**Tabla 5.- Limitaciones en el uso de las unidades de albañilería para fines estructurales**

TIPO	Zona sísmica 2 Y 3		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificio de 4 pisos a mas	Muro portante en edificio de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal* Sólido Industrial	No Si	Si, hasta dos pisos Si	Si Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que puedan ser exceptuadas con el respaldo de un informe o memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil. (NTE E.030 Diseño Sismo resistente).

#### 2.2.2.4 Los requisitos que deben cumplir los ladrillos según Norma:

- **Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad**

El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma NPT 399.604 y 399.613, Elementos de arcilla cocida usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberán cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 6.

**Tabla 6.- Requisito obligatorio: De densidad**

No.	TIPO	Densidad (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
1	I alternativamente	1,50
		Sin Límite
2	II alternativamente	1,60
		1,55
3	III	1,60
4	IV	1,55
5	V	1,70

Fuente: Norma ITINTEC 331.018

- **Absorción y coeficiente de saturación**

El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma NPT 399.604 y 399.613 Elementos de Arcilla cocida. Ladrillos usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 7.

**Tabla 7.- Requisitos complementarios: absorción y coeficientes de saturación.**

TIPO	Absorción (max. en %)	Coefficiente de saturación (máximo) (2)
I	Sin límite	Sin límite
II	Sin límite	Sin límite
III	25	0.90
IV	22	0.88
V	22	0.88

**Nota 1.-** El ensayo de absorción máxima solo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

**Nota 2.-** El ensayo de coeficiente de saturación solo es exigible para condiciones de intemperismo severo.

- **Durabilidad.**

La Tabla 8, indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de uso y la condición de intemperismo a que se encontrará sometida la construcción de albañilería.

**Tabla 8.- Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo**

(Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017 octubre, 1978)			
Condición de Uso	Condición de Intemperismo		
	Bajo	Moderado	Severo
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier tipo	Tipos II, III, IV y V	tipos IV y V
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	tipos III, IV y V	tipos IV y V	Ningún tipo

**Nota 1.-** La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

### 2.2.2.5 Cualidades de las unidades de albañilería

La calidad de las unidades de albañilería debe tener las características siguientes:

- ✓ Resistencia a la humedad
- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Resistencia a los agentes químicos
- ✓ Buen aislamiento térmico
- ✓ Escasa conductividad térmica

#### **2.2.2.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS**

##### **Ladrillos Artesanales**

La fabricación de ladrillos artesanales, es un método empírico basado netamente en la experiencia de los artesanos.

Este proceso de fabricación está conformado por las siguientes fases:

##### **1) Extracción del material**

La extracción de la materia prima, es la primera fase del proceso de fabricación. Los depósitos de arcilla generalmente se encuentran al pie de las tierras agrícolas. La arena es transportada de lugares alejados de la planta de producción de los ladrillos; esta arena por lo general es utilizada como material desgrasante. Es extraída por medio de picos y palas y es transportada en carretillas de mano.

##### **2) Tratamiento del Material**

Los insumos para la fabricación de las unidades de albañilería como son: la arcilla, arena, son tratados de acuerdo a las condiciones climatológicas (invierno y verano). La mayoría de los artesanos en época de invierno no almacenan bajo techo, la materia prima (arcilla, arena), y una minoría almacenan en depósitos techados. En ausencia de lluvia estos materiales están apilados a la intemperie.

##### **3) Amasado**

En el amasado los artesanos realizan el pisado para homogenizar y desterronar la mezcla de arcilla y arena, agregando agua, utilizando como herramienta lampa o palas y simultáneamente, seleccionan las impurezas como raíces, tallos, hojas, piedras, etc.

La proporción de arena-arcilla, dependerá de la plasticidad que tenga el material. Previamente los artesanos realizan la prueba de plasticidad de manera empírica consistente en la toma de una muestra de arcilla, arena, adicionando agua, amasan en la palma de la mano, si al realizar los rollitos, la arcilla no se pega en las manos y es fácilmente moldeable, significa que tiene una baja o mediana plasticidad, lo que indica que el material se deja trabajar fácilmente. Si la arcilla es muy pegajosa en las manos y necesita mucha cantidad de agua para que salga de las manos, entonces es muy plástica, esto indica que no es fácilmente trabajable, (Fotografía N° 2.2.).

Para reducir la plasticidad de la arcilla añaden más arena a la preparación de la pasta hasta que la masa sea trabajable.



Fotografía N° 2.2: Prueba de plasticidad empírica

#### **4) Reposo o maduración**

Luego de realizar el amasado, algunos artesanos dejan reposar esta masa hasta el día siguiente para que los terrones más pequeños puedan desmenuzarse, de tal manera que adquiera la consistencia y textura adecuada para el moldeo.

#### **5) Moldeado**

Antes de introducir la mezcla al molde se utiliza arena fina de río como desmoldante para facilitar el retiro de la mezcla. Generalmente se utilizan moldes metálicos o de madera, estos no tienen tamaños estandarizados, difieren de un artesano a otro.



Se llena la mezcla al molde compactándola con las manos; la parte excedente de la mezcla eliminan con trozo de madera, luego es recubierta con una capa de arena fina para evitar adherencia; finalmente se levanta el molde cuidadosamente.

#### **6) Secado**

Este proceso consiste en el desprendimiento parcial del agua unida físicamente a la pasta. Lo realizan en un lugar fresco y aireado, es decir a temperatura ambiente. El proceso de secado lo realizan de 3 a 4 días en verano y en temporada de invierno de 10 a 12 días.

#### **7) Cocción**

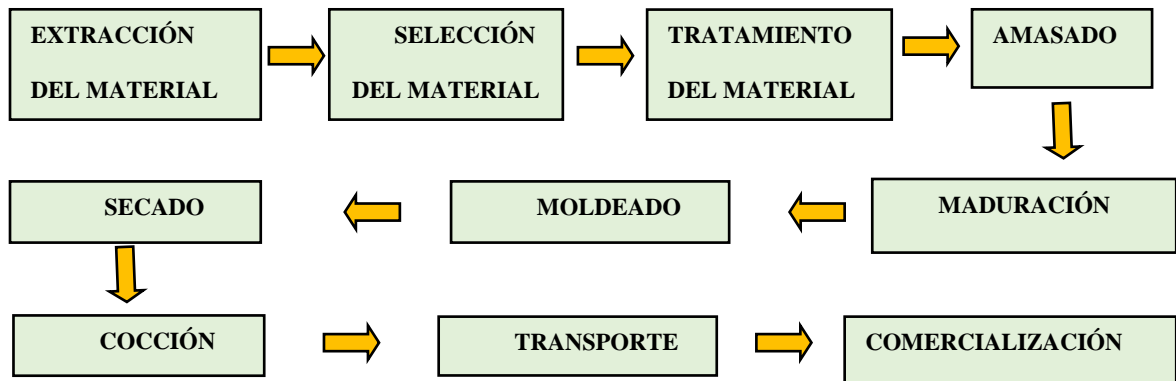
El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos crudos previamente secados. Esta etapa se lleva a cabo a altas temperaturas por tiempos prolongados, un promedio de 3 a 5 días. Los componentes de la combustión empleados son principalmente la leña (eucalipto) y el aserrín.

El control de temperatura lo realizan utilizando el sentido de la vista, es decir cuando la coloración del ladrillo se torna a rojo vivo, entonces la cocción ha finalizado.

#### **8) Transporte**

Luego de realizar la descarga de los ladrillos del horno, serán transportados en camiones para ser puesto en obra.

## DIAGRAMA FLUJO 1: PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS ARTESANALES A NIVEL NACIONAL



Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.2.7 Tipos de ladrillos

#### A. Ladrillos macizos

Es el ladrillo que en cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

#### B. Ladrillo perforado

Es el ladrillo que en cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75 % del área bruta de la misma sección.

#### C. Ladrillo tubular

Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento. (Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017 octubre, 1978).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**CALIDAD.** - Presentar o describir una cosa con sus rasgos característicos de manera que resulte inconfundible.

**CAPACIDAD CALORÍFICA.** – Cantidad de energía necesaria para elevar un grado celsius una cantidad definida de sustancia. Chang, (2009). Fisicoquímica.

**DEPURACIÓN.** – Quitar de una cosa lo malo, lo que es extraño o lo que no sirve para dejarla pura.

**FENÓMENO FÍSICO.** – Es cuando las sustancias realizan un proceso o cambio sin perder sus propiedades características, es decir sin modificar su naturaleza.

**FENÓMENO QUÍMICO.** - Es cuando las sustancias se transforman en nuevas, de distinta naturaleza.

**FISICOQUÍMICO.** - Parte de la química que estudia las propiedades físicas y estructura de la materia, las leyes de la interacción química y las teorías que las gobiernan Fuente ([http://ciencia – básica – experimental .net / fisicoquimica.htm](http://ciencia-básica-experimental.net/fisicoquimica.htm)).

**FUNDENTE.** - Los fundentes se añaden a la pasta para reducir la temperatura de cocción ya que bajan el punto de fusión del material, permitiendo la parcial vitrificación de las piezas.

**FUSIÓN.** – Paso del estado sólido al líquido por la acción del calor.

**HOMOGENEIDAD DE LA PASTA.** - Las distintas clases de arcillas y desengrasantes han de mezclarse íntimamente.

**MADURACIÓN.** - Es la distribución uniforme de la humedad en la pasta “consiste en un reposo. Se realiza en naves y tiene por objeto la repartición de la humedad”.

**PARÁMETRO.** - Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto. Variable que aparece en una ecuación cuyo valor se fija a voluntad.

Se conoce como parámetro al dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.

**PIRÓMETRO.** - Instrumento que sirve para medir temperaturas muy elevadas.

**PROCESO PRODUCTIVO.** – Es la secuencia de actividades requeridas para elaborar bienes que realiza el ser humano para satisfacer sus necesidades.<https://www.definicionabc.com/economia/proceso-productivo.php>

**PLASTICIDAD.** - Propiedad que tienen las arcillas para formar una pasta dúctil con el agua.

**SINTERIZACIÓN.** – Es el tratamiento térmico de un polvo o compactado metálico o cerámico a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, para aumentar la resistencia mecánica de la pieza, ya que se ha aumentado el tamaño de grano.

**UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA O MACIZA.** – Es la unidad 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 Albañilería 2006).

**VITRIFICACIÓN.** - Es la cualidad que hace a la arcilla dura y resistente al calor, cada arcilla tiene una temperatura de madurez a la cual se puede realizar la mejor combinación de las cualidades de fuerza contracción y resistencia al choque.

[https://es.wikiversity.org/wiki/Aplicaciones\\_de\\_las\\_cer%C3%A1micas\\_en\\_la\\_construcci%C3%B3n](https://es.wikiversity.org/wiki/Aplicaciones_de_las_cer%C3%A1micas_en_la_construcci%C3%B3n)

## CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 3.1 CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Los instrumentos aplicados en la presente investigación, son instrumentos físicos, universalmente estandarizados y calibrados y no requieren validación. Es decir, los instrumentos utilizados son reportes de laboratorio, cuaderno de campo que han de ser comparadas con normas técnicas estandarizadas.

### 3.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES

#### 3.2.1 Granulometría

Las pruebas de análisis realizadas en el laboratorio, mostrados en el Gráfico 1 dan como resultado:

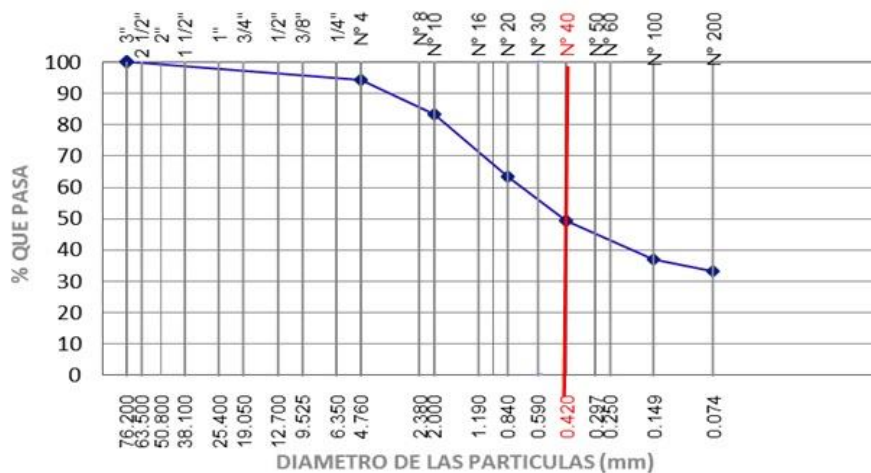
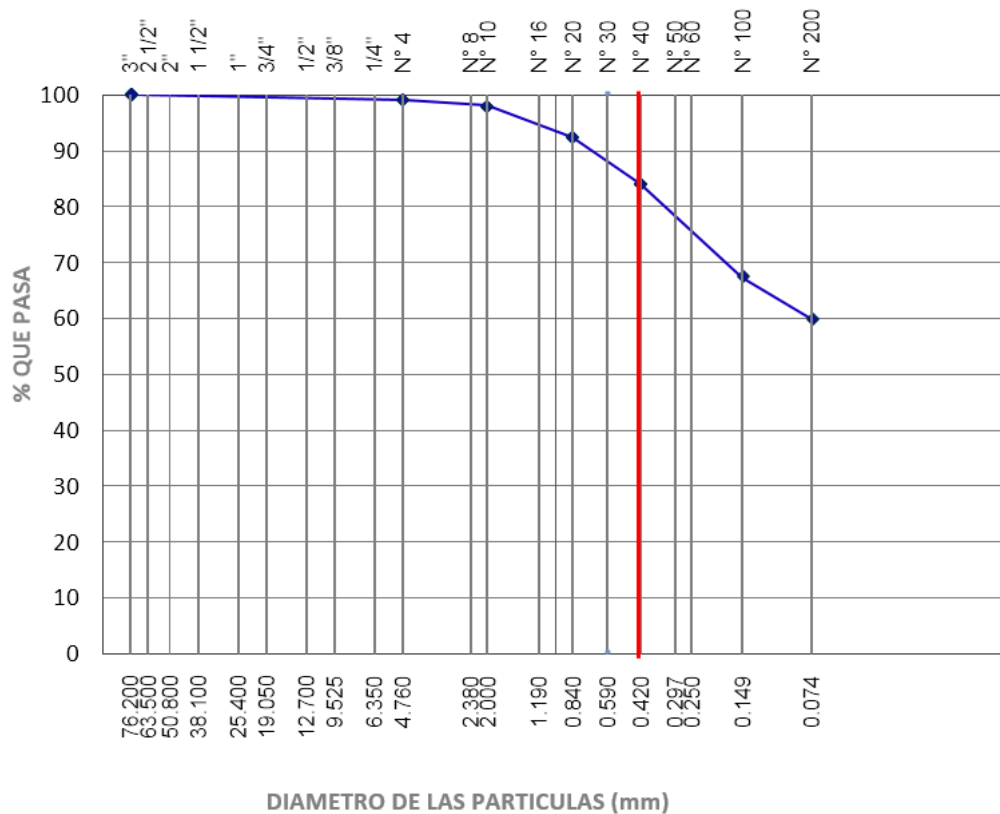


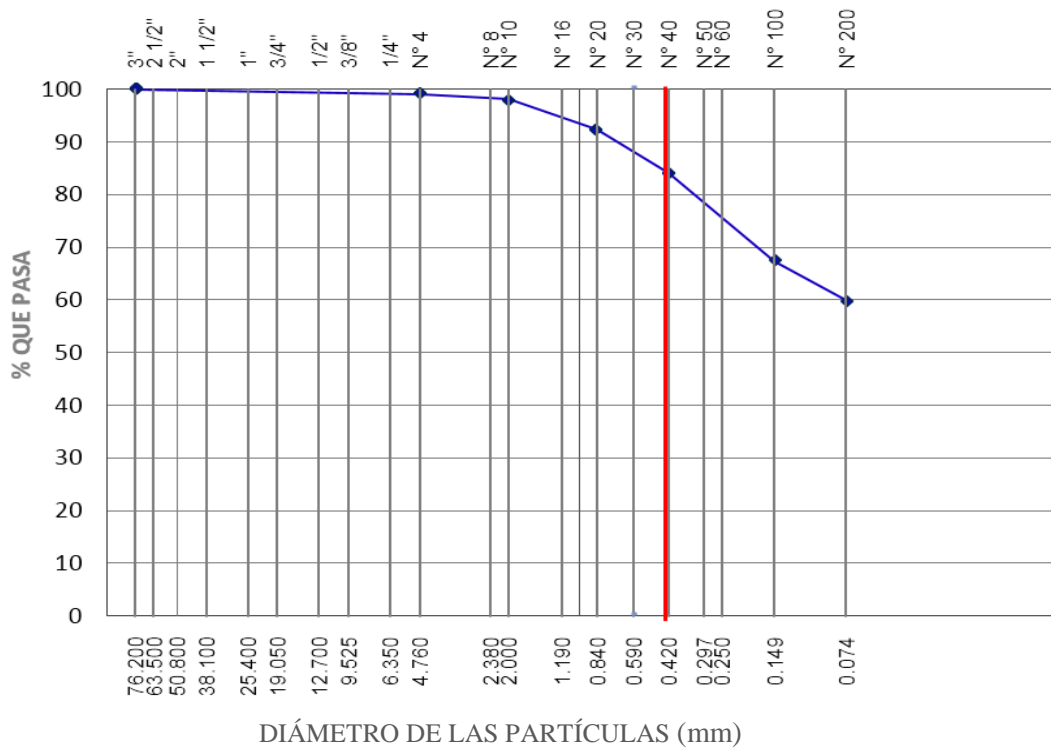
Gráfico 1.- Curva de Análisis Granulométrica de Arena Gruesa

Según el gráfico 1 de este análisis, la arena gruesa llevada de la cantera a la planta, respecto a la Malla 40 pasan el 50%, lo que significa que los 50 % restantes, requerirán pasar la molienda para homogenizar la granulometría, porque según las pruebas experimentales de resistencia mecánica de los ladrillos, las que mejores resultados tienen son las que pasan la malla #40.



**Gráfico 2.- Curva de Análisis Granulométrica de arcilla**

Según el análisis granulométrico de la arcilla presentada en el Gráfico 2, realizado en laboratorio mediante el tamizado, nos muestra que este material pasa la Malla 40, en un 77%, lo que significa que el 23 % restantes, requerirán pasar por el proceso de molienda.



**Gráfico 3.- Curva de Análisis Granulométrica de arena fina**

Según el Gráfico 3, respecto al tamaño de grano de la arena fina, indica que aproximadamente el 84 % pasa la Malla 40, lo que significa que el 16 % pasaría la molienda para llegar a la granulometría propuesta de malla 40, como se indica el gráfico.



### 3.2.2 Densidad

**Tabla 9.- Densidad de las unidades de albañilería**

REFERENCIA:	Norma Técnica Nacional ITINTEC 331.018				
Muestra No.	m1(gr)	m2(gr)	m3(gr)	V(cm3)	D (gr/cm3)
1	2922	1476	2422	1446	1.675
2	2928	1472	2428	1456	1.668
3	2920	1469	2430	1451	1.675
4	2917	1470	2436	1447	1.683
	<b>Densidad del ladrillo de arcilla (gr/cm3)</b>				<b>1.675</b>

Fuente: Elaboración Propia

Según la **Norma Técnica Nacional ITINTEC 331.018 Tabla 6**, señala que la densidad para Ladrillos del **Tipo I** debe tener una densidad mínima de  $1.50 \text{ g/cm}^3$  y según el resultado de análisis realizado en la presente investigación mostrado en la Tabla 9, se ha determinado una densidad promedio de  $1.675 \text{ g/cm}^3$  lo que significa, que los ladrillos obtenidos en el experimento cumplen con las normas técnicas establecidas.

### 3.2.3 Absorción

Según la norma NTP 399.604 y 399.613, el ladrillo usado en albañilería deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla 7. Es decir, los ladrillos del tipo I solo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua. Sin embargo, en el presente trabajo de investigación tal como se muestra en la Tabla 10, indica un intervalo entre 11.50 y 16.70 %, y la Norma señala sin límites para los ladrillos del Tipo I y II.

**Tabla 10.- Determinación del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería**

<b>N° DE MUESTRAS</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>% DE ABSORCIÓN</b>
1	1-1	14.00
2	1-2	16.70
3	2-1	14.90
4	2-2	14.90
5	3-1	15.10
6	3-2	15.00
7	4-1	15.30
8	5-1	11.70
9	5-2	11.70
10	6-1	11.60
11	6-2	11.50

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.2.4 Resultados del análisis de la calidad de agua de amasado para las unidades de albañilería**

#### **ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL AGUA**

El agua analizado en laboratorio mediante Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF), cuyos resultados se muestran en la Tabla 22, según ésta, el agua cumple con los parámetros establecidos para agua de amasado en la producción de ladrillos artesanales de la zona en estudio, debido a ello, este parámetro fisicoquímico no ha sido considerado como problema de investigación.

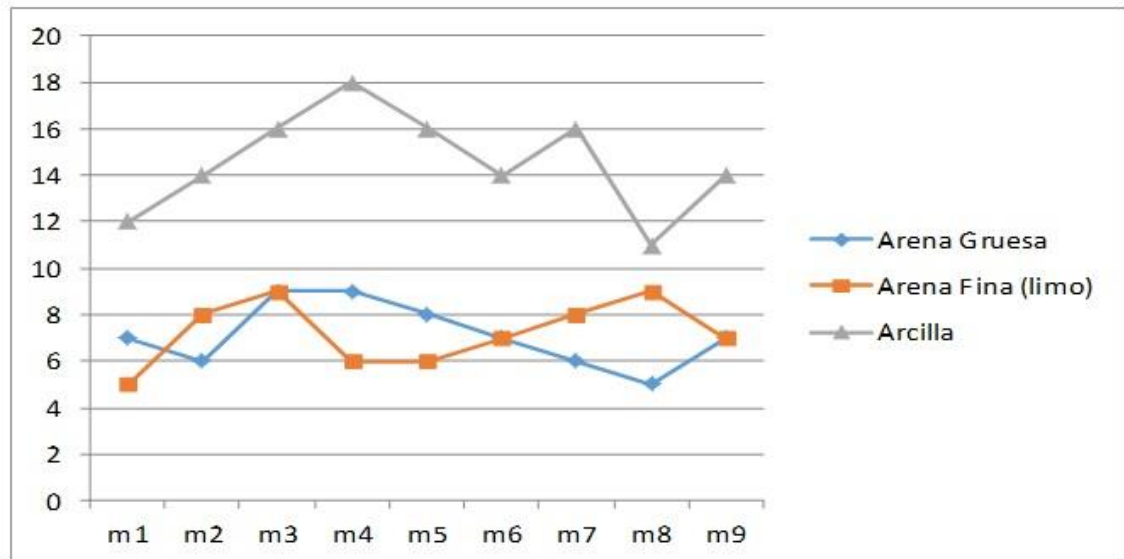
**3.2.5 Descripción de los resultados sobre la Optimización de los Parámetros Físicoquímicos del proceso Productivo**

**3.2.5.1 Calidad de la materia prima para la mejora de la calidad de las unidades de albañilería**

**Tabla 11.- Índice de Plasticidad para muestras de arena gruesa, arena fina y arcilla.**

Índice de Plasticidad	Muestras								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Arena Gruesa	7	6	9	9	8	7	6	5	7
Arena Fina (limo)	5	8	9	6	6	7	8	9	7
Arcilla	12	14	16	18	16	14	16	11	14

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 4.- Índice de Plasticidad de Las Muestras de Arena Gruesa, Fina Y Arcilla**

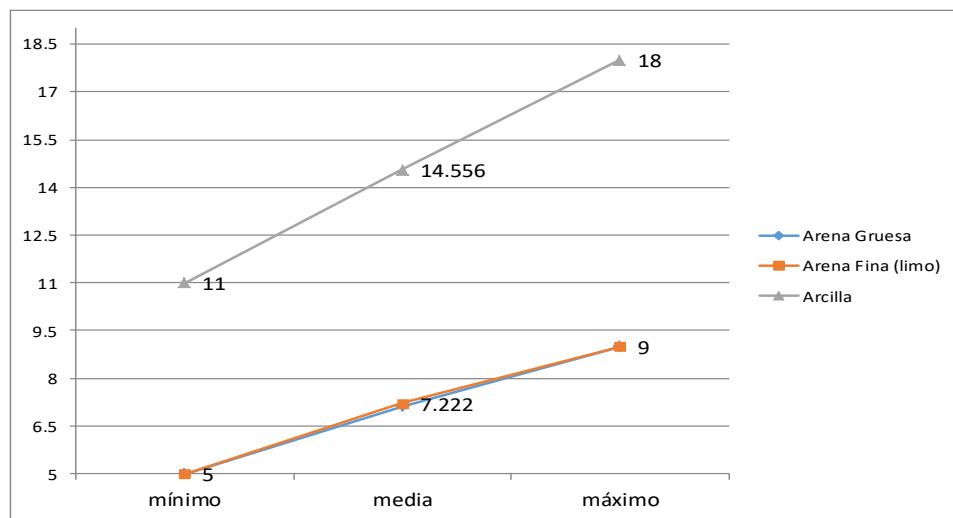
En la Tabla 11, se observa que los valores del índice de plasticidad para arena gruesa varían entre 5 a 9, igualmente para arena fina se tiene valores entre 5 a 9; en tanto que para arcilla varia de 11 a 18. De lo observado se afirma que el índice de plasticidad según la Tabla 23, en el rango es de 5 a 10 corresponde a un grado de plasticidad baja, tanto para la arena gruesa como para arena fina. Sin embargo, para la arcilla corresponde a un grado de plasticidad mediana para un suelo franco arcilloso con un índice de plasticidad en el rango de 10-20 (Tabla 23).

**3.2.5.2 Descripción de los resultados sobre la optimización del amasado para la mejora de la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera- Andahuaylas 2016.**

**Tabla 12.- Optimización de los parámetros fisicoquímicos para el amasado (Estadísticas de arena gruesa, arena fina y arcilla)**

Variable	N	media	Desviación standard	Mínima	Máximo
Arena Gruesa	9	7.111	1.364	5.000	9.000
Arena Fina (limo)	9	7.222	1.394	5.000	9.000
Arcilla	9	14.556	2.186	11.000	18.000

**Fuente:** Elaboración propia



**Fuente:** Elaboración Propia

**Gráfico 5.- Optimización de los parámetros fisicoquímicos para amasado**

Según los datos del análisis estadístico, se encontró que la media del índice de plasticidad de la arena gruesa según la Tabla 12, es de 7.111 con una desviación estándar de 1.364; asimismo el mínimo es de 5 y el máximo de 9. En cambio, para arena fina se tiene un promedio de 7.222 con una desviación estándar de 1.394. Finalmente,

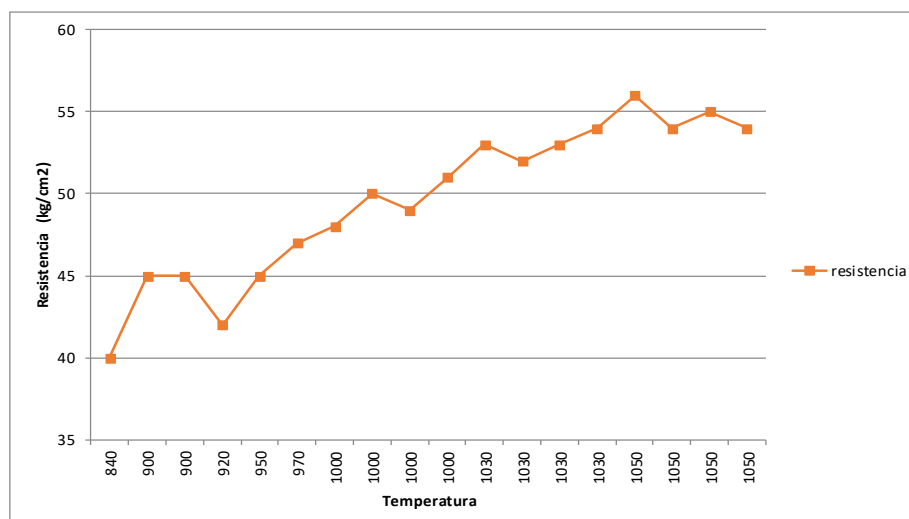
para arcilla el promedio es de 14.556 con una desviación estándar de 2.186. Por lo que con estos resultados se afirma que el índice de plasticidad (IP) para la arena gruesa, arena fina y arcilla están dentro de los índices de mediana plasticidad, valor requerido para la trabajabilidad en el proceso de amasado. (ftp: // ftp.fao.org/fi/cdrom / fao\_training/fao\_training / general / x6706s / x6706s08.htm).

**3.2.5.3 Descripción de los resultados sobre la optimización del parámetro de la temperatura de cocción para la mejora de la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.**

**Tabla 13.- Valores de temperatura y resistencia**

Nro	Intervalo temperatura	Temperatura	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
1	840 a 940	840	40
2	840 a 940	900	45
3	840 a 940	900	45
4	950 a 1000	920	42
5	950 a 1000	950	45
6	950 a 1000	970	47
7	950 a 1000	1000	48
8	950 a 1000	1000	50
9	950 a 1000	1000	49
10	950 a 1000	1000	51
11	1001 a 1050	1030	53
12	1001 a 1050	1030	52
13	1001 a 1050	1030	53
14	1001 a 1050	1030	54
15	1001 a 1050	1050	56
16	1001 a 1050	1050	54
17	1001 a 1050	1050	55
18	1001 a 1050	1050	54

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

### Gráfico 6.- Valores de Temperatura Y Resistencia

La Tabla 13, nos muestra que la categoría temperatura “1001 a 1050” tiene un promedio de resistencia de 53.875 kg/cm<sup>2</sup>, lo que señala que este valor estaría dentro del parámetro óptimo de temperatura de cocción que corresponde al valor de 1050°C, tal como señala Cultrone, 2004 y Sauhnoune, 2007. Temperatura a la cual adquiere una consistencia pétrea e inalterable aumentando su dureza y resistencia mecánica para adquirir propiedades y características fijadas por la norma. Cabe indicar también que la presencia de carbonatos en la materia prima, hasta un 10% favorece el tiempo de cocción de los ladrillos, porque en un menor tiempo llegará las arcillas a formar mullita que le dará mayor resistencia mecánica al ladrillo.

**3.2.6 Comparación de resultados de la resistencia a la compresión de ladrillos artesanales de los productores y ladrillos del experimento realizado en la presente investigación.**

**Tabla 14.- Prueba de resistencia a la compresión**

Ladrillo N°	Ladrillos artesanales del experimento		Ladrillos artesanales de los productores Llantuyhuanca-Chaccamarca		
	(KN)	(Kg/cm <sup>2</sup> )		(KN)	(Kg/cm <sup>2</sup> )
1	112.29	53	MLP1	93.24	43
2	133.59	62	MLP2	77.56	35
3	84.38	40	MLP3	89.09	41
4	119.05	55	MLP4	110.69	48
5	118.73	55	MLP5	78.49	34
6	128.27	60	MLP6	90.10	38

**Fuente:** Elaboración Propia

En la Tabla 14 podemos observar que los ladrillos del experimento de la investigación se encuentran en el rango de resistencia a la compresión de 40-62 kg/cm<sup>2</sup>, lo que nos muestra que la resistencia es superior frente a los ladrillos de producción artesanal de los productores de Llantuyhuanca-Chaccamarca que, según los resultados de laboratorio realizados, muestran una resistencia en el rango de 34-48 kg/cm<sup>2</sup>.

## **CAPÍTULO IV PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS**

### **4.1 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

#### **4.1.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS**

##### **4.1.1.1 Hipótesis General**

**Ho:** La optimización de parámetros fisicoquímicos del proceso productivo no mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**H1:** La optimización de parámetros fisicoquímicos del proceso productivo mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.



**Tabla 15.- Diseño factorial para el proceso productivo.**

Analysis of Variance for resistencia, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
arcilla	2	770.33	770.33	385.17	13.46	0.001
amasado	2	604.33	604.33	302.17	10.56	0.002
temperatura	1	84.50	84.50	84.50	2.95	0.111
Error	12	343.33	343.33	28.61		
Total	17	1802.50				

S = 5.34894    R-Sq = 80.95%    R-Sq(adj) = 73.02%

**Fuente:** Elaboración Propia

De la Tabla 15, se observa que los “p-value” para arcilla y amasado son 0.001 y 0.002 menores al nivel de significancia del 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (H<sub>0</sub>); por lo tanto, podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la optimización de parámetros fisicoquímicos del proceso productivo mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

#### **4.1.1.2 . Hipótesis específicas**

##### **PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

**H<sub>0</sub>:** La optimización de la calidad de la arcilla no mejorará de forma significativa en la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**H<sub>1</sub>:** La optimización de la calidad de la arcilla mejorará de forma significativa en la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**Tabla 16.- Prueba de una media mediante la T-student del índice de plasticidad para arena gruesa, arena fina y arcilla.**

<b>One-Sample T: Arena Gruesa</b>							
Test of mu = 7 vs not = 7							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Arena Gruesa	9	7.111	1.364	0.455	(6.062, 8.160)	0.24	0.813
<b>One-Sample T: Arena Fina (limo)</b>							
Test of mu = 7 vs not = 7							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Arena Fina (limo)	9	7.222	1.394	0.465	(6.150, 8.294)	0.48	0.645
<b>One-Sample T: Arcilla</b>							
Test of mu = 14 vs not = 14							
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Arcilla	9	14.000	1.581	0.527	(12.785, 15.215)	0.00	1.000

**Fuente:** Elaboración Propia

De la Tabla 16, se observa que los “p-value” para arena gruesa, arena fina y arcilla son 0.813; 0.645 y 1 respectivamente, todos mayores a 0.05 en cada caso, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ). En base a estos valores obtenidos, podemos indicar que los valores de índice de plasticidad de la arena gruesa y arena fina es igual 7; asimismo para el valor de arcilla es igual a 14, por lo tanto, podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la optimización de la calidad de la arcilla mejorará de forma significativa en la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

## **SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

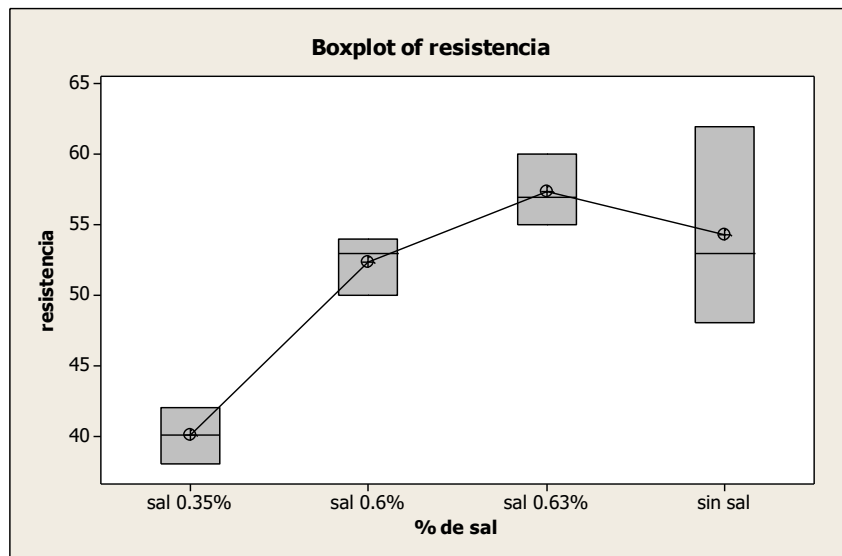
**$H_0$ :** La optimización del amasado no permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**$H_1$ :** La optimización del amasado permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**Tabla 17.- Análisis de varianza de un factor para amasado**

One-way ANOVA: resistencia versus % de sal						Grouping Information Using Tukey Method			
Source	DF	SS	MS	F	P	% de sal	N	Mean	Grouping
% de sal	3	522.0	174.0	10.71	0.004	sal 0.63%	3	57.333	A
Error	8	130.0	16.3			sin sal	3	54.333	A
Total	11	652.0				sal 0.6%	3	52.333	B
						sal 0.35%	3	40.000	B

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 7.- Diagrama de caja para la resistencia y concentración de la sal para amasado**

Según la Tabla 17 del ANOVA, se observa que el valor “p” es 0.004, menor al nivel de significancia de 0.05 para el factor de solución de “cloruro de sodio” lo que indica, que este factor es significativo para la resistencia a la compresión, por lo tanto podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), y afirmar con un nivel de confianza del 95% que la optimización del amasado permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera- Andahuaylas 2016. Así mismo la prueba de Tukey de la Tabla 17 **Análisis de varianza de un factor para amasado**, nos muestra que la categoría de la solución de “cloruro de

sodio al 0.63%” tiene un promedio de resistencia de 57.333 Kg/cm<sup>2</sup> la cual es significativamente mayor y diferente a las demás categorías.

### TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

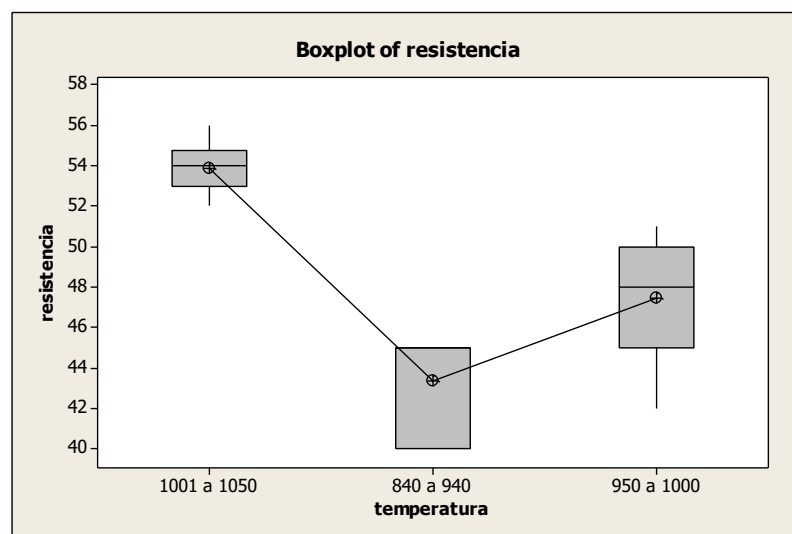
**H<sub>0</sub>:** La optimización de la temperatura de cocción no mejorará significativamente la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**H<sub>1</sub>:** La optimización de la temperatura de cocción mejorará significativamente la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.

**Tabla 18.- Análisis de Varianza de un Factor para Temperatura**

One-way ANOVA: resistencia versus temperatura						Grouping Information Using Tukey Method			
Source	DF	SS	MS	F	P	temperatura	N	Mean	Grouping
temperatura	2	297.02	148.51	26.13	0.000	1001 a 1050	8	53.875	A
Error	15	85.26	5.68			950 a 1000	7	47.429	B
Total	17	382.28				840 a 940	3	43.333	B

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 8.- Diagrama de Caja para la Resistencia y Temperatura de Cocción**

De la Tabla 18, para el Análisis de Varianza de un Factor para Temperatura

del ANOVA se observa que el valor “p” es 0.000, menor al nivel de significancia de 0.05 para el factor “temperatura”, lo que indica que este factor es significativo para la resistencia, por lo tanto, podemos rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ), y afirmar con un nivel de confianza del 95% que la optimización de la temperatura de cocción mejorará significativamente en la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016; asimismo, la prueba de Tukey Tabla 18, nos muestra que la categoría temperatura “1001 a 1050” presenta un promedio de resistencia de 53.875 kg/cm<sup>2</sup>, la cual es significativamente mayor y diferente a las demás categorías.

#### **4.1.1.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En base a los resultados obtenidos con relación a la optimización de los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas, podemos señalar lo siguiente:

Referido a la calidad de la materia prima, según la Tabla 12, resulta que la media de la arena gruesa es de 7.111 con una desviación estándar de 1.364, asimismo el mínimo fue de 5 y un máximo de 9. Para la arena fina, se tuvo un promedio de 7.222 con una desviación estándar de 1.394. Finalmente, para arcilla el promedio fue de 14.556 con una desviación estándar de 2.186; esto nos confirma que la materia prima para la fabricación de ladrillos debe tener un índice de plasticidad mediana.

Igualmente, según la Tabla 17, en lo referente al segundo objetivo de optimizar la etapa de amasado, los resultados del ANOVA nos muestra que el valor “p” es 0.004 menor al nivel de significancia de 0.05 para el factor % de cloruro de sodio lo que

indica, que este factor es significativo para la resistencia a la compresión, y podemos afirmar con un nivel de confianza del 95% que la optimización del amasado permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería (ladrillos) fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, igualmente la prueba de Tukey de la Tabla 17, nos confirma que con la categoría de cloruro de sodio de 0.63%, tiene un promedio de resistencia de  $57.333\text{Kg/cm}^2$ , la cual es significativamente mayor y diferente a las demás categorías, como señala la norma que corresponde a la clasificación de los ladrillos Tipo I (Norma NTP 399.613 y 339.604), cuya resistencia mínima es de  $50\text{kg/cm}^2$ .

Respecto al objetivo de optimizar la temperatura de cocción, podemos señalar según la Tabla 18, del Análisis de Varianza de un Factor para Temperatura; que la temperatura de cocción influye significativamente en la mejora de la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, asimismo, la prueba de Tukey Tabla 18, nos muestra que la categoría temperatura “1001 a 1050” presenta un promedio de resistencia de  $53.875\text{kg/cm}^2$ , la cual es significativamente mayor y diferente a las demás categorías.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Se ha demostrado que la optimización de los parámetros fisicoquímicos del proceso productivo ha mejorado significativamente la calidad de las unidades de albañilería (ladrillos) fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas Apurímac.

- Respecto a la calidad de la materia prima para la fabricación de ladrillos, se ha determinado que el índice de plasticidad adecuado para la arena gruesa y arena fina presentan valores que fluctúan de 5 a 9 y según la Tabla 23 está en el rango de 5 a 10, que corresponde a un grado de plasticidad baja. En cambio, para la arcilla presenta un índice de plasticidad de 11 a 18; estos valores comparados con la Tabla 23, están en el rango de 10 a 20, lo que significa que este índice corresponde al grado de plasticidad mediana. Por tanto, podemos concluir que este parámetro influye en la mejora de la calidad de las unidades de albañilería.
  
- En la etapa de amasado, se ha logrado la relación óptima de arena gruesa-arena fina-arcilla de: 45.85%, 17.20%, 37.00% y con una solución salina de cloruro de sodio de 3000 ml y la prueba de Tukey nos confirma que con la categoría NaCl al 0.63%, se obtiene la resistencia de 57.333 kg/cm<sup>2</sup>, la cual es significativamente mayor y

diferente a las demás categorías, como señala la norma que corresponde a la clasificación de los ladrillos Tipo I (Norma NTP 399.613 y 339.604).

- Para la temperatura de cocción, se ha obtenido como óptima el valor de 1050°C aproximadamente, con el cual se logra una resistencia a la compresión de 55 kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a los Ladrillos de Tipo I, según la Norma NTP 399.613 y 339.604. Por lo tanto, a esta temperatura se logró mejorar las propiedades fisicoquímicas del ladrillo.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los productores de ladrillos artesanales de la zona Llantuyhuanca-Chaccamarca implementar la mejora del proceso productivo de las unidades de albañilería a través de la mejora de la etapa de preparación de la materia prima, amasado, y temperatura de cocción, para lograr una adecuada resistencia a la compresión que cumplan con las exigencias de la norma E-070 que corresponde a los ladrillos de tipo I.
- En el amasado utilizar la relación óptima de los tres componentes de la materia prima (arena fina, arena gruesa, arcilla).
- En el secado evitar las fuertes corrientes de aire para evitar las grietas en los ladrillos crudos.
- Estandarizar las dimensiones del molde para fabricar ladrillos del mismo tamaño lo más uniforme posible.
- Asimismo, se recomienda fortalecer la organización de la asociación de productores de ladrillo de la zona Llantuyhuanca-Chaccamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguirre, Dionisia (2004). Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín. Lima: Tesis de Maestría PUCP
2. A.G. Verduch, (1963). Roturas en ladrillos por inclusiones de caliza.
3. Cerámica y Vidrio. (2002). Boletín de la sociedad Española.
4. Chang, (2008). Fisicoquímica
5. Consultores., C. y. (2002). Diagnóstico de la industria ladrillera nacional. Bogotá: Anfalit.
6. PRAL Programa de aire limpio, (2009). DETRÁS DE LOS LADRILLOS: una gestión integral para el sector informal.
7. Eloy Robusté (1969). Técnica y Práctica de la Industria Ladrillera II. Barcelona: Ediciones CEAC
8. Gordejuela, I. (2004). Expansión por humedad de los productos cerámicos españoles. . España.
9. Gallegos, V. (1991). Albañilería Estructural. Lima: Fondo Editorial PUCP. 2da edición.
10. Hernandez, Fernandez y Baptista (2014). Metodología de la Investigación.
11. José S., Pedro M. (2009). Estudio De Mejoramiento De Proceso De Fabricación de Tejas y Ladrillos con Arcillas de la Vereda Guayabal del Municipio de Barichara (Santander).
12. Karl Splinger (1954). Defectos en la Fabricación de Ladrillos y Tejas: Causas y Medios a aplicar para evitarlos. Barcelona
13. Lescano J. (2014). Proceso Productivo de Los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Piura.

14. Mercadeando S.A, (2012). Ladrillos
15. Morales Galoc, M. Á. (2012). Ladrillos. Perú. Piura.
16. Normas Técnicas Peruanas ITINTEC 331.017. (1978).
17. Norma Técnica E. 070. (2006). Albañilería
18. Norma L., Z. (2005). Caracterización de las Arcillas Para la Fabricación de Ladrillos Artesanales.
19. Perú., C. d. (1991). La arcilla aplicada en la industria de la construcción para la fabricación de ladrillos y acabados cerámicos. Lima: Del Busto.
20. Piura, U. d. (1995). Proceso productivo y estudio estadístico de las propiedades de los ladrillos de arcilla de Piura: García, F.
21. San Bartolomé, Á. (2005). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima: SENCICO 042-2005.
22. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. (2010). Investigación. Lima: UNDAC.
23. Wilson A. (2011). Propuesta Para Mejorar la Calidad Estructura lde los Ladrillos Artesanales de Arcilla Cocida de Huánuco

## FUENTES ELECTRÓNICAS

### LINK GRAFÍA

- [http://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/Caso\\_de\\_estudio.\\_Detras\\_de\\_los\\_ladrillos.pdf](http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/Caso_de_estudio._Detras_de_los_ladrillos.pdf)
- <http://es.scribd.com/doc/105996766/ALBANILERIA-CONFINADA-Y-ARMADA>
- <http://www.sencico.gob.pe/gin/investigacion/manual/MConstEstrAlbconcreto.pdf>
- <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciz.35i/doc/bmfciz.35i.pdf>
- [http://www.uach.mx/extension\\_y\\_difusion/synthesis/2008/11/10/ladrillero.pdf](http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2008/11/10/ladrillero.pdf)
- (<http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>).
- <http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>
- (<https://es.slideshare.net/EdelmiraPernett/terminos-basicos-en-la-estadistica-1-60254726>).
- <http://centrocastelmonte.com/la-calidad-de-un-producto-o-servicio.html>
- (<https://es.scribd.com/document/318923477>).
- <http://ciencia-basica-experimental.net/fisicoquimica.htm>)
- ([ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao\\_training/fao\\_training/general/x6706s/x6706s08.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/fao_training/general/x6706s/x6706s08.htm)).
- [http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/170670/P08\\_Resumen\\_Arcilllas](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/170670/P08_Resumen_Arcilllas)
- (<http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>).

## **ANEXOS**

## 1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “Optimización de Parámetros Físicoquímicos del Proceso Productivo para la mejora de Calidad de las Unidades de Albañilería Fabricados Artesanalmente en la Zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016”

**AUTORA:** Bach. Rita Loayza Chácará

**TIPO:** Aplicado.

**NIVEL:** Explicativo

**DISEÑO:** Cuasi-experimental.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿En qué medida la optimización de parámetros físicoquímicos del proceso productivo mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Optimizar los parámetros físicoquímicos del proceso productivo para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera - Andahuaylas 2016.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p>La optimización de parámetros físicoquímicos del proceso productivo mejorará significativamente la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (VI):</b></p> <p>Optimización de los parámetros físicoquímicos</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (VD):</b></p> <p>Calidad de las unidades de albañilería.</p>	<p><b>Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de observación</li> <li>• Análisis de laboratorio</li> <li>• Ficha de investigación bibliográfica.</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de reporte de laboratorio.</li> <li>• Cuaderno de apunte de datos.</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICIOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	DIMENSIONES E INDICADORES	POBLACIÓN Y MUESTRA
<p>¿En qué medida la optimización de la calidad de la materia prima mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de</p>	<p>Optimizar la calidad de la materia prima para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca,</p>	<p>La optimización de la calidad de la materia prima mejorará de forma significativa la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Calidad de la arcilla</p> <p>Amasado</p>	<p><b>Población:</b></p> <p>La población está integrada por 250 productores de ladrillos artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca del distrito de Talavera provincia de</p>

<p>Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016?</p> <p>¿En qué medida la optimización del amasado mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016?</p> <p>¿En qué medida la optimización de la temperatura de cocción mejorará la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca Talavera-Andahuaylas 2016?</p>	<p>Talavera - Andahuaylas 2016.</p> <p>Optimizar la etapa del amasado para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p> <p>Optimizar la temperatura de cocción para mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p>	<p>Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p> <p>La optimización del amasado permitirá mejorar la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca- Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p> <p>La optimización de la temperatura de cocción mejorará significativamente en la calidad de las unidades de albañilería fabricados artesanalmente en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas 2016.</p>	<p>Cocción</p> <p>Indicadores:</p> <p>X1: Índice de plasticidad</p> <p>X2: Relación arcilla-arena-agua</p> <p>X3: Temperatura de cocción</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Resistencia</p> <p>Dimensión</p> <p>Absorción</p> <p>Indicadores:</p> <p>Y1: Kg/cm<sup>2</sup></p> <p>Y2: variabilidad en las dimensiones (%)</p> <p>Y3: Porcentaje de absorción</p>	<p>Andahuaylas.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra está conformada por el proceso productivo de 5 productores de ladrillos artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca.</p> <p><b>Tipo de Muestreo:</b></p> <p>Intencional</p> <p><b>Diseño: Cuasi-experimental</b></p> <p><b>Grupo experimental:</b> unidades de albañilería del proceso productivo, a los que se aplica la optimización de los parámetros fisicoquímicos.</p> <p><b>Grupo de control:</b> Unidades de albañilería del proceso productivo de 5 productores.</p>
---	--	---	--	--

## **Instrumentos de recolección de datos**



# DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN ACTUAL DE LADRILLOS ARTESANALES DE LA ZONA LLANTUYHUANCA-CHACCAMARCA, TALAVERA-ANDAHUAYLAS.

## 1. EXTRACCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los depósitos de arcilla de la localidad de Llantuyhuanca se encuentra cerca a los hornos de producción, son extraídos por medio de picos y palas y transportada en carretillas de mano. En cuanto a la arena fina y gruesa, son provistas de zonas alejadas de la planta, los que son transportadas en camiones.



Fotografía N° 5.1: Muestras de arena fina, arena gruesa y arcilla extraída de cantera

## 2. MEZCLA

La mezcla de los insumos: arcilla, arena fina, arena gruesa y agua se realizan humedeciendo con las manos y pies hasta que desaparezca los terrones más grandes. En esta etapa las impurezas de los materiales como raíces, tallos, plantas, arbustos, piedras son depurados manualmente. Previamente la arena gruesa pasa por un tamiz zarandeo (Fotografía N° 5.3), para eliminar impurezas y obtener un tamaño de grano más homogéneo.



Fotografía N° 5.2: Zaranda utilizada por los artesanos en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca.

Los insumos arriba mencionados lo mezclan de acuerdo a la proporción señalada en la Tabla 19. La adición de agua para el amasado lo realizan al cálculo en base a una prueba empírica del índice de plasticidad de la mezcla. Luego lo someten a la homogenización de la pasta durante un promedio de 6-7 horas, para una hornada (quema) de 10,000 ladrillos.

Cabe señalar que el agua de amasado utilizada por los artesanos, es extraída de pozos subterráneos cercanos a los hornos de cocción.



**Fotografía N° 5.3:** proceso de Amasado o mezcla de arena fina, arena gruesa, y arcilla.

**Tabla 19.- Proporción de arena-arcilla-agua para la producción de ladrillos artesanales de los 5 productores de Llantuyhuanca-Chaccamarca**

MATERIA PRIMA	Número de productores				
	P1	P2	P3	P4	P5
Arena Fina	1 Carret.	No usa	No usa	No usa	10 carret
Arena gruesa	2 Carret.	1 Carret.	1 volquete	1 volquete	25 carret
Arcilla	1 Carret.	1 Carret.	1 volquete	1.5 volquet	20 Carret
Agua	cálculo	cálculo	cálculo	cálculo	cálculo

Fuente: Elaboración Propia

### 3. MOLDEO

Una vez adquirida la consistencia requerida de la pasta, los artesanos proceden al moldeo. (Fotografía N° 5.5).

Para ello, utilizan generalmente moldes de madera. Antes de incorporar la mezcla al molde introducen a la parte interna del molde arena fina de rio para facilitar el desmoldeo manual. (Fotografía N° 5.4)



Fotografía N° 5.4: Incorporación de arena fina para desmoldeo



Fotografía N° 5.5: Incorporación de la pasta o mezcla al molde

### 4. SECADO

Los ladrillos crudos recién moldeados se secan a la intemperie, en canchas que son áreas de terrenos planos habilitados para el secado; por lo general están cerca al horno. Los ladrillos se secan con la acción del sol y el viento. En época de lluvia cubren con plástico para protegerlos (Fotografía N° 5.6); aunque lo más recomendable es tener bajo techo.



Fotografía N° 5.6: secado natural de ladrillos crudos en la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca.

Los artesanos realizan el secado en ausencia de lluvias de 3 a 5 días aproximadamente; y en época de lluvias 15 a 20 días.

## 5. CARGA AL HORNO

Los hornos que utilizan los ladrilleros de Llantuyhuanca son hornos fijos de fuego directo, techo abierto y tiro ascendente. Las paredes de los hornos, generalmente son delgadas que no proveen buen aislamiento térmico y esto permite fuga de calor y energía afectando la eficiencia de la cocción. Los artesanos de la zona arriba mencionados producen un promedio 8 mil a 10 mil ladrillos por hornada. Siendo el tiempo de carga de 10 a 12 hr. de 3 a 5 peones respectivamente.

Se acomodan los ladrillos a lo largo del horno, en la parte inferior del horno se coloca la leña para el encendido. Entre ladrillo y ladrillo se deja un espacio de 3 a 5 milímetros (esto en las primeras filas; en las filas superiores este espacio va reduciéndose) para acceder al flujo del aire y de los gases calientes proporcionadas por la combustión, de tal manera que pueda existir también la transmisión de calor durante la cocción.



Fotografía N° 5.7:  
ladrillos crudos en el  
horno listo para la  
cocción.

## 6. COCCIÓN

La cocción de los ladrillos es una operación netamente artesanal. El tiempo empleado para una producción de 10,000 ladrillos es de 3 a 4 días y en algunos casos de 72 horas. Como combustible para el quemado, utilizan leña de eucalipto. Durante esta etapa el calor comienza a expandirse hasta llegar a las capas superiores del apilado. El control de la temperatura lo realizan al ojo a través del color que va tornándose al rojo vivo. En el transcurso de suministro de quemado con leña, el artesano realiza la cubierta de la parte superior del horno con tierra, con la finalidad de mantener la temperatura y la fuga de

calor para completar la cocción de toda la carga. Una vez concluida la cocción el horno se enfría lentamente hasta entregar el lote al consumidor.



Fotografía N° 5.8:  
Cocción de los  
ladrillos artesanales  
Llantuyhuanca -  
Chaccamarca,  
Talavera-  
Andahuaylas.

## **7. DESCARGA DE LADRILLOS DEL HORNO**

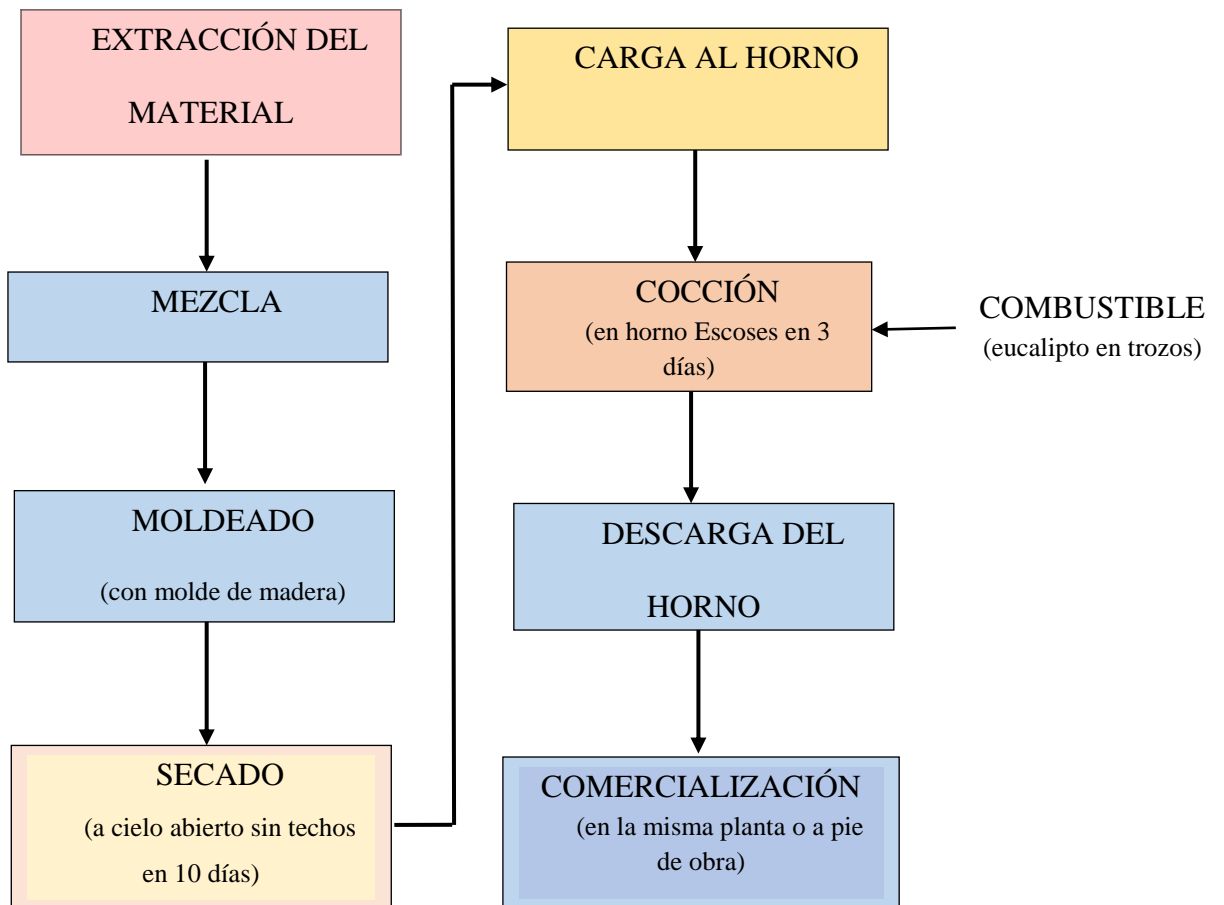
Una vez obtenida el enfriamiento de los ladrillos en promedio de 4 a 5 días, se realiza la operación de descarga de los ladrillos en un tiempo de 8 horas para una quema de 8,000 ladrillos.

## **8. COMERCIALIZACION**

El principal mercado de los productores del ladrillo artesanal son los pobladores de la provincia de Andahuaylas. Los ladrillos son vendidos en dos modalidades: una es entrega a pie de obra y la otra modalidad es en el mismo lugar donde los ladrillos son fabricados.

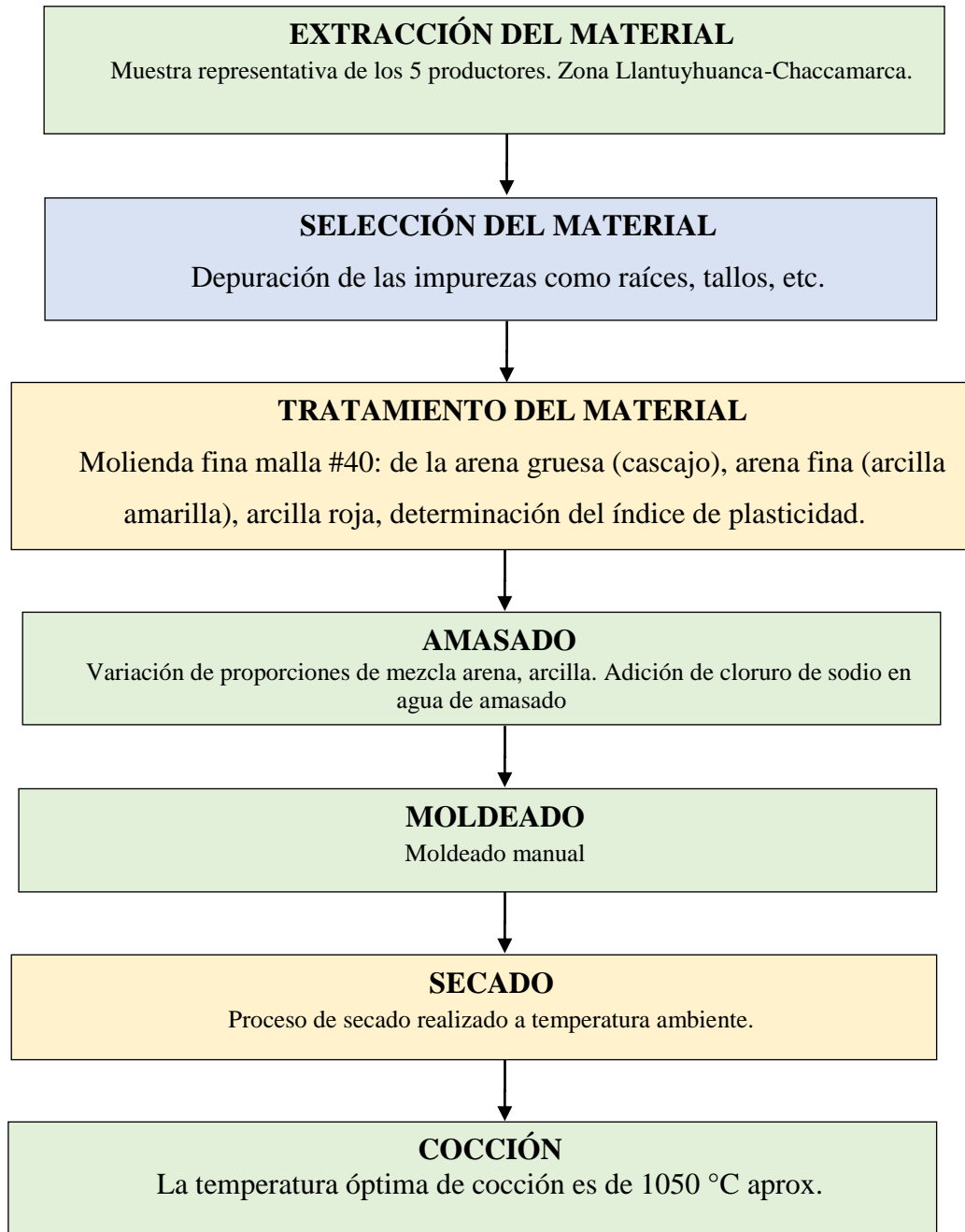
La falta de control de registros de venta realizados por los ladrilleros artesanales de la zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, impide realizar un análisis estadístico sobre el comportamiento que tiene los mercados que comercializan sea local o regional sobre la demanda y posibles ventas que se realizan en un tiempo determinado. A continuación, se muestra el Diagrama de Flujo.

**DIAGRAMA DE FLUJO 2: DE LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE LADRILLOS ARTESANALES DE LA ZONA LLANTUYHUANCA-CHACCAMARCA**



**Fuente:** Elaboración Propia

**DIAGRAMA DE FLUJO 3: DESARROLLO DEL EXPERIMENTO DE LA INVESTIGACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LADRILLOS ARTESANALES**



**Fuente:** Elaboración Propia

## DESARROLLO DEL EXPERIMENTO DE LA INVESTIGACIÓN-PROCESO PRODUCTIVO DE LADRILLOS ARTESANALES

### Extracción del material.

#### a) Extracción del material

La extracción del material para la etapa de la experimentación realizada se ha desarrollado en febrero del año 2017; siendo ésta, la primera fase del proceso de fabricación. Para la extracción del material (arcilla, arena, agua) se tomó las muestras más representativas de los 5 productores que constituyen la muestra del presente experimento; como se muestra en la Fotografía N° 5.10



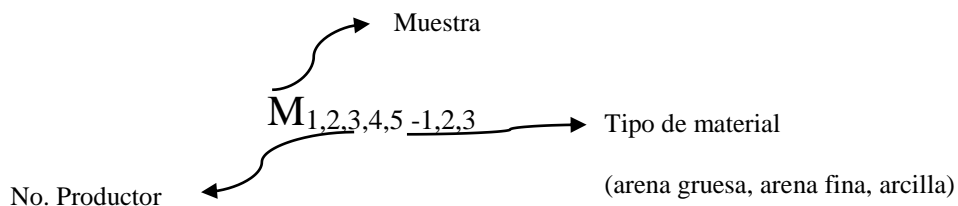
Fotografía N° 5.9: extracción de la arcilla



Fotografía N° 5.10: Muestras representativas de los 5 productores de ladrillo Llantuyhuanca-Chaccamarca

En la visita realizada a la zona de producción de los ladrillos artesanales se recolectaron muestras representativas de los tres tipos de materiales:

Número de muestras de cada productor



$M_{1-1}$ : muestra 1 de arena gruesa del productor 1



M<sub>1-2</sub>: muestra 2 de arena fina del productor 1

M<sub>1-3</sub>: muestra 3 de arcilla del productor 1

**b) Selección del material.**

Las impurezas como son raíces, tallos, palos, etc. de la arena fina, arena gruesa, y arcilla se han depurado del material a utilizarse para la fabricación de ladrillos.

• **Análisis Físicoquímico de la arena gruesa, arena fina, y arcilla**

En laboratorio se ha determinado la composición química de la arcilla, arena gruesa, arena fina. Del mismo modo se realizó el análisis físicoquímico de aguas de los cinco productores de los ladrilleros artesanales.

**Tabla 20.- Muestra representativa de los 5 productores de ladrillos artesanales Llantuyhuanca-Chaccamarca**

<b>productor</b>	<b>muestra</b>
productor 1	M <sub>1</sub>
productor 2	M <sub>2</sub>
productor 3	M <sub>3</sub>
productor 4	M <sub>4</sub>
productor 5	M <sub>5</sub>

**Tabla 21.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ARENA GRUESA, ARENA FINA, Y ARCILLA**

NÚMERO DE PRODUCTORES		M1			M 2			M3			M 4			M5		
		P1			P2			P3			P4			P5		
DETERMINACIÓN	UNID.	M1-1 (Arena gruesa)	M1-2 (Arena fina)	M1-3 (Arcilla)	M2-1 (Arena gruesa)	M2-2 (Arena fina)	M2-3 (Arcilla)	M3-1 (Arena gruesa)	M3-2 (Arena fina)	M3-3 (Arcilla)	M4-1 (Arena gruesa)	M4-2 (Arena fina)	M4-3 (Arcilla)	M5-1 (Arena gruesa)	M5-2 (Arena fina)	M5-3 (Arcilla)
Conductividad Eléctrica	μS/cm	140	120	980	300	200	480	160	120	480	180	100	240	200	80	360
pH		6.9	6.9	7.0	6.9	6.7	7.1	6.9	6.9	7.2	6.9	6.9	7.0	6.8	6.7	6.8
Carbonato CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	%	58	60	55	59	59	56	59	59	57	59	60	56	59	59	56
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
Calcio Ca	%	33	32	31	35	32	31	33	34	31	35	32	30	34	32	30
Magnesio Mg	%	4	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	4
Hierro FeO	mg/100	12	14	22	15	20	25	5	5	18	5	12	45	12	20	30
Cloruros Cl <sup>-</sup>	mg/100	8	8	30	10	10	17	7	10	15	6	5	10	10	5	15
Grava	%	60	17	10	40	18	17	28	7	14	26	7	9	40	9	22
<b>TEXTURA (malla 2 mm)</b>																
Arena	%	40	54	42	60	60	45	72	58	34	74	60	34	60	58	38
Arcilla	%	-	8	26	-	8	30	-	4	41	-	7	39	-	8	22
Limo	%	-	38	32	-	32	25	-	38	25	-	33	27	-	34	40
Clase textural			Franco	Franco		FA	FAr		FA	FAr	-	FA	FAr		FA	FAr

Fuente: elaboración propia

De las muestras  $M_{1-2}$ ,  $M_{1-3}$  de los 5 productores, se ha podido encontrar arcilla existente superior al 30%, lo que representa un requisito importante en la plasticidad, y refractariedad para la fabricación de los ladrillos.

La existencia de carbonatos en las muestras es superior al 55%. Este porcentaje es muy alto y sobre todo es perjudicial ya que disminuye la resistencia mecánica en los ladrillos. Los sulfatos se encuentran en cantidades por debajo del 1% cantidad despreciable en la formación de eflorescencia de los ladrillos.

La presencia de hierro en forma de óxido de hierro de las muestras está por debajo del 5% cantidad máxima permisible (recomendado por ICI 199 Piura...) lo que da resistencia mecánica, coloración rojiza a altas temperaturas.

En la mayoría de las muestras, encontramos sílice en cantidades apreciables con promedios de 50% los que da lugar a la dureza y resistencia mecánica, refractariedad. Así mismo actúa como desengrasante reduciendo la excesiva plasticidad de las arcillas, aumentando de volumen al elevar la temperatura disminuyendo la contracción de la pasta.

- **Análisis de agua**

En laboratorio se ha realizado el análisis fisicoquímico de aguas de las 5 muestras representativas haciendo uso de: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

En los análisis preliminares realizados en lo referente a las muestras de agua utilizadas por los productores de ladrillos se encuentran dentro de los rangos permisibles tal como se muestra en la Tabla 22 de los resultados de laboratorio, razón por la cual el agua no ha sido tomado en cuenta como subvariable de la investigación.

**Tabla 22.- Análisis Físicoquímico de agua, utilizada por los productores de Llantuyhuanca-Chaccamarca.**

PRODUCTORES			M1	M 2	M3	M4	M5
DETERMINACIÓN	UNIDAD		M1	M2	M3	M4	M5
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	mg/100	270	270	240	245	255
Alcalinidad total	CaCO <sub>3</sub>	mg/100	190	120	160	160	90
Acides total	CO <sub>2</sub>	mg/100	18.9	18.9	9.46	18.9	18.9
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/100	22.36	17.23	12.4	17.4	9.9
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/100	80	140	75	80	160
pH			7.2	7.6	7.6	6.9	7.6
Conductividad eléctrica	μS/cm		460	350	450	480	470
Turbidez	NTU		5	10	5	10	7

Fuente: Elaboración propia



**Fotografía N° 5.11:** Muestras de agua utilizada para la fabricación de ladrillos artesanales Llantuyhuanca-Chaccamarca; entregadas en laboratorio

### c) Tratamiento del material

En el laboratorio del análisis físicoquímico de las muestras arena gruesa (cascajo), Arena fina (arcilla amarilla), y arcilla, se ha encontrado cantidades significativas caliza

lo que produce fisuras en los ladrillos durante el proceso de cocción ocasionando la pérdida de resistencia.

La presencia de caliza máximo permisible debe ser menores del 10% ya que en estas cantidades se optimiza el consumo de energía.

Ante la presencia excesiva de carbonato de calcio, se ha propuesto reducir el tamaño de grano de los agregados ya que la caliza de grano fino es menos peligrosa que la de grano grueso.

La reducción del tamaño de grano fue realizada para las muestras arena gruesa (cascajo), Arena fina (arcilla amarilla), y arcilla, mediante molienda hasta la granulometría de malla #40.

### **Plasticidad**

Para determinar la plasticidad se hizo uso de la Cazuela de Casagrande (Fotografía N° 5.12) En el laboratorio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Andahuaylas, mediante el método de Atterberg referencia Normativa NTP 339.129: SUELOS, este método de ensayo permitió determinar límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de la materia prima; para este fin se prepara una pasta de arcilla y agua que se seca progresivamente pasando de un estado líquido al estado plástico y finalmente al estado sólido. Los valores que se han obtenido fueron: Límite líquido (LL), Límite plástico (LP), Índice de Plasticidad (IP). Con los datos obtenidos se determinó de forma cualitativa la baja, mediana, y alta plasticidad de los materiales, ver tabla 23.



**Fotografía N° 5.12:**  
Prueba de plasticidad.  
Método de Atterberg  
en el laboratorio  
MTCA.

**Tabla 23.- Plasticidad de diversos suelos Arcillosos/Limosos.**

Categorías	Suelo	Índice de Plasticidad (IP)	Grado De plasticidad
I	Arena o limo • Trazas de arcilla • Poca arcilla	0-1	No plástico
		1-5	Ligera plasticidad
		5-10	Baja plasticidad
II	Franco arcilloso	10-20	Mediana plasticidad
III	Arcilloso limoso Arcilla	20-35	Alta plasticidad
		>35	Muy alta plasticidad

**Fuente:** [http://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s08.htm](http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm)

#### **d) Amasado**

En el amasado la flexibilidad y homogeneidad de la pasta es una de los requisitos importantes para obtener adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas del producto.

Según la tabla 21 del análisis fisicoquímico de arena gruesa, arena fina, y arcilla se ha encontrado cantidades excesivas de carbonato de calcio (superior al 55%). Estas cantidades producen roturas en los ladrillos y para inhibir la rotura de estos por caliza, se ha encontrado soluciones prácticas como son: La molienda fina, aumento de temperatura de cocción, adición de sal común en agua de amasado (A.G Verduch investigador científico. 1963). Entonces las pastas evaluadas fueron preparadas como indica la tabla 24: Dosificación de la mezcla de arena fina, arena gruesa, arcilla, agua, solución salina a diferentes concentraciones.

**Tabla 24.- DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE ARENA FINA, ARENA GRUESA, ARCILLA, AGUA, SOLUCIÓN SALINA A DIFERENTES CONCENTRACIONES**

Tipo de Material o mezcla	Experimento 1		Experimento 2		Experimento 3		Experimento 4		Experimento 5		Experimento 6	
	Elaboración de ladrillos con una concentración 0.6% Sal NaCl		Elaboración de ladrillos sin sal con solución de agua		Elaboración de ladrillos con una concentración de sal NaCl 0.35%		Elaboración de ladrillos con una concentración de 0.63% de sal (Nacl)		Elaboración de ladrillos con agregado grueso (arena de cerro) más arcilla.		Elaboración de ladrillos con agregado grueso y arcilla más sal.	
	Peso (gr)	%	Peso (gr)	%	Peso (gr)	%	Peso (gr)	%	Peso (gr)	%	Peso (gr)	%
Arcilla	3400	34.00	3700	37.00	3700	37.00	3700	37.00	4116	41.16	4116	41.16
Arena fina	1818	18.18	1720	17.20	1720	17.20	1720	17.20				
Arena gruesa	4782	47.82	4585	45.85	4585	45.85	4585	45.85	5884	58.84	5884	58.84
Solución salina (ml)	2912.5 ml	100.00	2850 ml	100.00	2950 ml	100.00	3000 ml	100.00	2385 ml	100.00	2385 ml	100.00

Fuente: elaboración propia

### e) Moldeado

En esta etapa la arcilla que estaba en estado amorfo pasa a una forma definida, para ello se llena la mezcla a los moldes compactándolas con las manos. La parte excedente de la mezcla se elimina con trozo de madera y luego es recubierta con una capa fina de arena para evitar adherencia; finalmente se levanta el molde cuidadosamente. Fotografía N° 5.13



Fotografía N° 5.13:  
Parte excedente de la mezcla en el molde es eliminada con trozo de madera

### f) Secado

Este proceso consiste en el desprendimiento parcial del agua unida físicamente a la pasta. Se debe realizarse en un lugar fresco y aireado, alejado de fuentes de calor y las corrientes de aire. Fotografía N°5.14



Fotografía N° 5.14:  
Ladrillos del experimento, secados a temperatura ambiente.



## **g) Cocción**

Para la temperatura de cocción de los ladrillos crudos se tomó de referencia la información bibliográfica de Cultrone, 2004 y Sauhnoune, 2007, que señalan una temperatura de cocción de 1050°C como óptima, formándose la mullita que le confiere resistencia mecánica a los ladrillos; siendo la velocidad de calentamiento de 2°C/Hr., valor relativamente bajo para evitar cambios bruscos de temperatura durante la cocción.

Las variables evaluadas durante este experimento fueron: temperatura de cocción y tiempo de cocción

### **Temperatura de cocción**

La temperatura máxima de cocción de los ladrillos a experimentar fue de 1050°C aproximadamente; esperando que a esta temperatura se produzca modificaciones físicas y reacciones químicas que endurezcan y consoliden las piezas.

El objetivo de la cocción es modificar las propiedades de la mezcla como son la dureza, resistencia mecánica, resistencia al agua, resistencia a los productos químicos hasta lograr las propiedades y características fijadas por la norma.

### **Tiempo de cocción**

El tiempo de cocción realizado de los ladrillos fue de 36 horas. A las 8 horas después de iniciada el quemado de los ladrillos se realizó el suministro del ventilador para optimizar la temperatura y tiempo de cocción.

Para controlar la temperatura de cocción se hizo uso del termómetro digital laser.

# **PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS LADRILLOS ARTESANALES DE LOS PRODUCTORES DE LA ZONA DE LLANTUYHUANCA-CHACCAMARCA, TALAVERA ANDAHUAYLAS 2017.**

Considerando los resultados experimentales, obtenidos en el proceso de la investigación denominada: **“Optimización de los Parámetros Físicoquímicos del Proceso Productivo para la mejora de la Calidad de las Unidades de Albañilería fabricados artesanalmente en la Zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, Talavera-Andahuaylas”**, en los que se lograron optimizar los puntos más críticos del proceso productivo como son: calidad de la materia prima, amasado y temperatura de cocción. En base a estos resultados, se presenta la propuesta siguiente, que estará orientada a la mejora de la calidad de los ladrillos artesanales, manteniendo su producción artesanal:

## **1. EXTRACCION DEL MATERIAL**

Para esta etapa se propone la inversión en maquinarias como una retroexcavadora, volquete para el transporte de materiales.

## **2. SELECCIÓN DEL MATERIAL**

Se recomienda seleccionar las impurezas ya que estos alteran las propiedades de la pasta, consecuentemente influyen en las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales.

## **3. TRATAMIENTO DEL MATERIAL**

La arena gruesa, arena fina y arcilla deben estar almacenados bajo techo, debido a que, en épocas de lluvia, suelen ser arrastrados y lavados, quedando pobre la materia prima.

## **4. MOLIENDA**

El objetivo de la mejora de esta etapa es la reducción de la granulometría de la arcilla, arena fina y arena gruesa, lo que permitirá liberar la concentración de carbonatos que perjudican en la resistencia del ladrillo. Para ello se propone implementar un molino de martillo que reduzcan el tamaño de grano a una malla N°

40, malla a la cual, según los experimentos realizados en el presente trabajo de investigación responden mejor a la resistencia a la compresión de los ladrillos.

## **5. AMASADO.**

En la etapa del amasado, se propone mejorar la relación de arcilla-arena fina-arena gruesa y agua, para lograr este propósito; los que mejores resultados responden es la relación: 37%, 17.205% y 45.85% respectivamente, y en cuanto al agua para amasado, responde a una cantidad de 3000 mL de solución salina al 0.63%.

## **6. MOLDEADO**

Esta etapa que contribuye a la mejora de la densidad del ladrillo, así como a la resistencia; es recomendable implementar, el uso de extrusores manuales, que permitan optimizar el tiempo actual de moldeado empleado por los artesanos.

## **7. SECADO**

El tiempo establecido para el secado de los ladrillos crudos debe ser de 5 a 7 días, tiempo en el cual se logrará reducir la humedad a un 13% aproximadamente. Para ello deberán instalar ambientes techados de manera que evite corrientes de aire bruscos que puedan producir agrietamiento en los ladrillos crudos.

## **8. COCCIÓN.**

Para esta etapa sumamente importante en el proceso productivo de los ladrillos artesanales, es necesario implementar:

- Hornos intermitentes de tiro abierto, tipo escoces, para optimizar la eficiencia en el quemado, así como para el ahorro en combustible.
- Incorporación de sistemas de ventilación, que mejore el proceso de combustión y la optimización del tiempo de quemado, reduciendo de esta manera los costos de producción.
- Termómetro digital laser infrarrojo, que permita controlar una temperatura adecuada, que en este caso es la de lograr una temperatura óptima de 1050°C aproximadamente.

Las características de diseño del horno podemos apreciar en la Tabla 26, que muestran dimensiones aproximadas para diferentes capacidades de producción.

**Tabla 25.- Diseño de Horno para diferentes capacidades.**

<b>Capacidad del horno</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Alto</b>
12 millares	3.00 m	4.70 m	3.00 m
30 millares	5.20 m	4.30 m	4.5 m
70 millares	7.50 m	6.30 m	5.00 m

**Fuente:** Guía de Buenas Prácticas para ladrilleras artesanales, 2010

- **Combustible**, para optimizar la temperatura de cocción uno de los aspectos más importantes, es el uso de un combustible adecuado que tenga menores riesgos de contaminación, para ello se recomienda utilizar leña de eucalipto seco para evitar los efectos contaminantes como señala la Tabla 27.

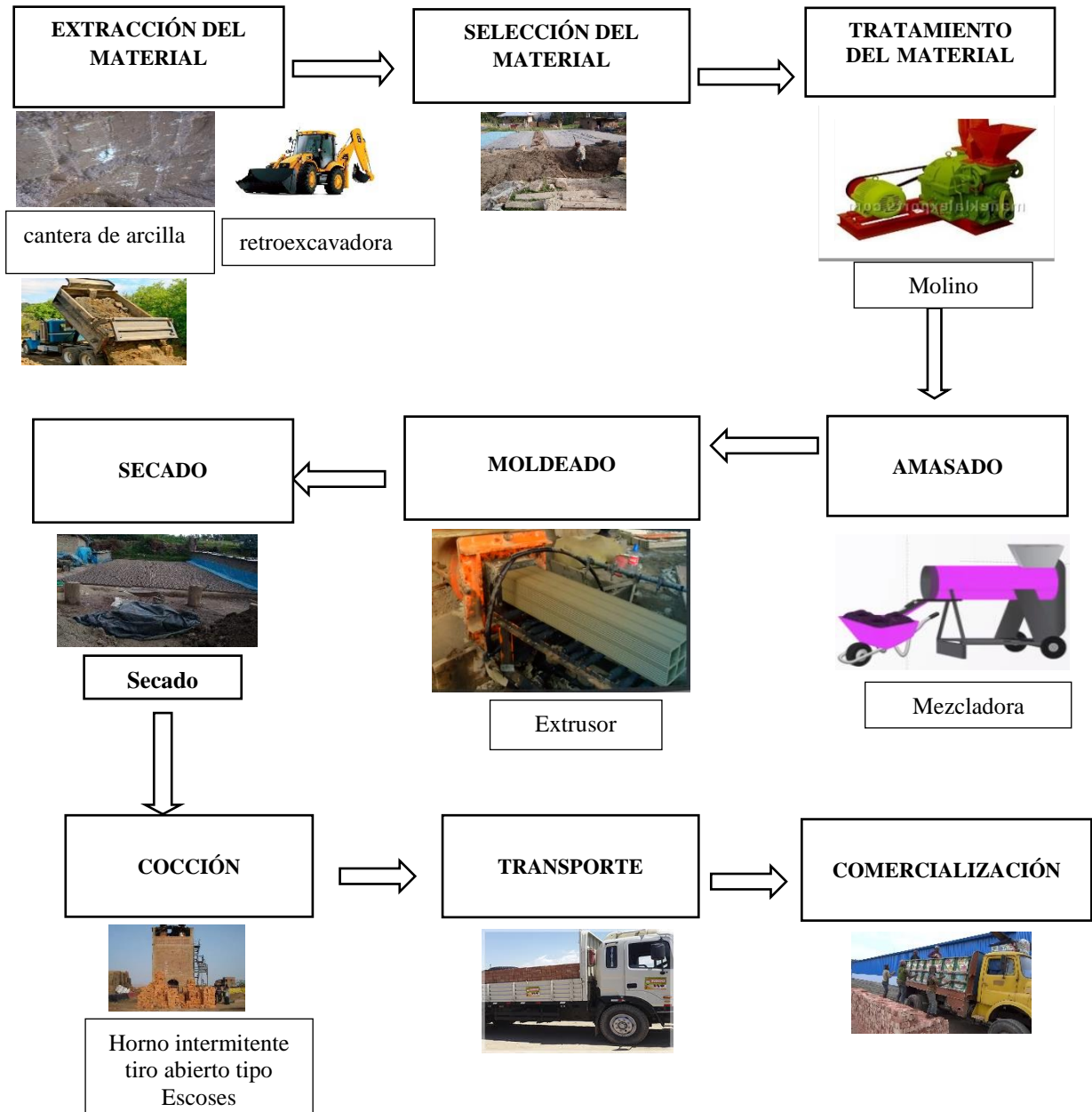
**Tabla 26.- Efectos contaminantes de los tipos de combustible utilizados en las Ladrilleras Artesanales**

<b>Combustible</b>	<b>Grado de contaminación atmosférica</b>	<b>Efecto adicional sobre el entorno</b>
Llantas usadas	Muy, alto cancerígeno	Ennegrecimiento del entorno, suelo, casas, etc.
Plásticos (bolsas, botellas, etc.)	Muy, alto cancerígeno	No precisado
Ramas y hojas frescas de eucalipto	Alto, gran cantidad de humo denso dificulta la visibilidad	Deforestación por consumo indiscriminado. Erosión de suelos, disminución de lluvias
Leña seca de eucalipto u otra especie	Medio	Aprovechamiento de residuos
Cáscaras de arroz o café	Medio	Aprovechamiento de residuos
Aserrín de madera	Medio	Riesgo de contaminación de suelos por derrames
Hidrocarburo líquido (diésel, residual)	Bajo	No representativo
Gas (GLP, GNP)	Muy bajo	No representativo

**Fuente:** Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales.

En consecuencia, el Diagrama de Flujo propuesto para el Proceso de Fabricación de Ladrillos Artesanales para la Zona de Llantuyhuanca-Chaccamarca, tiene la siguiente secuencia:

**DIAGRAMA DE FLUJO 4: DE LA PROPUESTA DEL PROCESO  
PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS ARTESANALES**



**Fuente:** Elaboración Propia

**PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE PROCESO  
PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS ARTESANALES**

<b>PRODUCCION ARTESANAL MEJORADO</b>					
<b>PRESUPUESTO DE PRODUCCION POR MILLAR DE LADRILLO KK</b>					
<b>No.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>CU (S/.)</b>	<b>Parcial (S/.)</b>
<b>1</b>	<b>Materia Prima</b>				<b>116</b>
	Arcilla en catera	m3	0.8	20	16
	Arean Fina puesto en planta	m3	1	50	50
	Area gruesa de cerro en planta	m3	1	20	20
	Mano de obra	Dia	0.5	50	25
	Herramientas	Gbl	5	1	5
<b>2</b>	<b>Preparacion Amasado</b>				<b>28.5</b>
	Mano de obra	Dia	0.2	50	10
	Combustible mezcladora(equipos)	gln	1.2	11	13.2
	Agua	m3	0.3	1	0.3
	Herramientas	gbl	1	5	5
<b>3</b>	<b>Moldeado</b>				<b>30</b>
	Mano de obra	Dia	0.1	50	5
	Arena fina desmoldante	m3	0.2	100	20
	Herramientas	Gbl	1	5	5
<b>4</b>	<b>Secado Apilado</b>				<b>12.5</b>
	Mano de obra	Dia	0.25	50	
<b>5</b>	<b>Carga y concion</b>				<b>100</b>
	Mano de obra	Dia	0.4	50	20
	Electricidad (Ventiladores)	gbl	1	20	20
	Combustible (leña)	Gbl	1	60	60
<b>6</b>	<b>Enfriado</b>				
<b>7</b>	<b>Descarga y comercializacion en planta</b>				<b>12.5</b>
	Mano de obra	Dia	0.25	50	12.5
<b>Total Costo de produccion (mil)</b>			<b>S/.</b>		<b>299.5</b>

# **PANEL FOTOGRAFICO**

## PANEL FOTOGRÁFICO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS ARCILLAS ARENA GRUESA, ARENA FINA, ARCILLA Y AGUA



**MUESTRAS REPRESENTATIVAS EN CANTERA PARA LABORATORIO**



**MUESTRAS ENTREGADAS A LABORATORIO**



**MUESTRA DE ARENA GRUESA, ARENA FINA Y ARCILLA EN LABORATORIO**



**CINCO MUESTRAS REPRESENTATIVAS**



**TITULACIÓN EN MUESTRAS DE AGUA**



**TITULACIÓN DE MUESTRA DE ARENA GRUESA, ARENA FINA Y ARCILLA EN LABORATORIO**





**CANTERA DE ARCILLA**



**EXTRACCIÓN DE LA ARCILLA**



**ARENA GRUESA (CASCAJO)**



**ARCILLA AMARILLA (ARENA FINA)**



**ARCILLA**



**AMASADO DE ARENA, ARCILLA, AGUA.**

## ARCILLA CON TAMAÑO DE GRANO MALLA #40



ARENA FINA, GRUESA Y ARCILLA TAMAÑO DE GRANO MALLA #40 CON ADICION DE SAL.



CUBRIENDO CAPA FINA DE ARENA AL MOLDE PARA EVITAR ADHERENCIA CON LA PASTA.



PARTE EXCEDENTE DE LA MEZCLA ELIMINANDO CON TROZO DE MADERA



DESMOLDEO



**SECADO (LADRILLOS CRUDOS)**



**CARGA AL HORNO DE LADRILLOS CRUDOS**



**CONTROL DE LA TEMPERATURA DE COCCIÓN**



**DESCARGA DE LADRILLOS COCIDOS**



**COCCIÓN DE LADRILLOS CON VENTILADOR.  
CONTROL DE TEMPERATURA CON  
TERMÓMETRO DIGITAL LASER**



**LADRILLOS MACIZOS PRODUCIDOS EN  
LLANTUYHUANCA-CHACAMARCA**



**LADRILLO ARTESANAL CON PRESENCIA DE  
CARBONATOS**



**LADRILLO COSIDO CON PRESENCIA DE  
CARBONATOS**



**LADRILLO EXPERIMENTAL MALLA #40**



**LADRILLO COSIDO EXPERIMENTAL  
MALLA #40**



**LADRILLOS CRUDOS DESPUÉS DEL  
DESMOLDEO**



**LADRILLOS COSIDO PRODUCIDO POR LOS  
LADRILLEROS DE LLANTUYHUANCA -  
CHACCAMARCA**

## PRUEBA DE RESISTENCIA



**MÁQUINA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DIGITAL. LABORATORIO DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES ANDAHUAYLAS**



**RECAPEO PARA REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



**LADRILLOS RECAPEADOS**



**LADRILLOS MACIZOS DEL EXPERIMENTO LISTOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA**



**HORNO PARA EL PROCESO DE SECADO**



**PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**



**LADRILLOS SOMETIDOS A PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**



**LADRILLOS ARTESANALES DE PRODUCTORES DE LLANTUYHUANCA-CHACCAMARCA  
SOMETIDO A LA PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**