

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS

EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ELABORADO POR:

Bach. LINDER PERCY TORRES CELADITA

ASESOR:

ING. JAIME BENDEZÚ PRADO

AYACUCHO-PERÚ

2019

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres LUCIO TORRES

HUILLCA Y MARINA CELADITA VILCHEZ Con todo

el aprecio y cariño del mundo.

## **Agradecimientos**

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA, alma máter por haberme acogido durante mi época estudiantil.

Al ing. Ernesto Estrada Cárdenas, por ser una persona humilde y maravillosa por su apoyo constante a este trabajo de investigación.

Al ing. Jaime Bendezú Prado, asesor de esta tesis, por sus apreciadas sugerencias y recomendaciones en el desarrollo de la presente tesis.

Al ing. Gregorio Leguía Damiano, por su apoyo constante en la realización de este trabajo de investigación.

A los propietarios de las 4 fábricas ladrilleras que se tomaron como puntos de estudio por la paciencia y brindarme valiosa información en el desarrollo de esta investigación.

Al Señor Héctor Lobatón Barboza, por facilitarme la investigación y realizar mis experimentos en su fábrica ladrillera de Kimbiri.

## **Resumen**

Debido a que un muy gran porcentaje de las edificaciones en las ciudades de Kimbiri y Pichari son de albañilería confinada, por tal razón conocer las características, proceso productivo y materia prima del ladrillo tiene mucha importancia, por tal razón la presente investigación evalúa la calidad del ladrillo King Kong artesanal y de la albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari, se evaluó las distintas propiedades físicas y mecánicas de cada una, para ello se tomó cuatro fábricas ladrilleras como puntos de estudio, dos en la ciudad de kimbiri y dos en la ciudad de Pichari, para lo cual también se analizó la materia prima, el proceso productivo en cada de las fábricas ladrilleras en los puntos de estudio.

## **Abstract**

Because a very large percentage of the buildings in the cities of Kimbiri and Pichari are confined masonry, for this reason knowing the characteristics, production process and raw material of the brick is very important, for this reason the present investigation evaluates the quality of the King Kong brick and masonry manufactured in the cities of Kimbiri and Pichari, the different physical and mechanical properties of each one were evaluated. For this, four brickmaking factories were taken as study points, two in the city of Kimbiri and two in the city of Pichari, for which the raw material was also analyzed, the production process in each of the brick factories at the study points.

# ÍNDICE GENERAL

<b>1. CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.2. Planteamiento, Justificación e Importancia de la Investigación .....	1
1.2.1. Antecedentes .....	1
1.2.2. Determinación de la realidad problemática.....	6
1.2.3. Justificación.....	8
1.2.4. Importancia .....	9
1.2.5. Formulación del problema .....	9
1.2.6. Problema general.....	10
1.2.7. Problemas secundarios .....	10
1.3. Hipótesis de la Investigación .....	10
1.3.1. Hipótesis global.....	10
1.3.2 Subhipótesis .....	10
1.4. Objetivos de la Investigación .....	11
1.4.1. Objetivo general .....	11
1.4.2. Objetivos específicos .....	11
1.5. Variables .....	11

1.5.1. Variables independientes .....	11
1.5.2. Variables dependientes.....	12
1.6. Metodología del Trabajo de Investigación.....	12
1.6.1. Tipo de investigación .....	12
1.6.2. Diseño de la investigación .....	12
<b>2. CAPITULO II.....</b>	<b>13</b>
<b>Marco Teórico de la Investigación.....</b>	<b>13</b>
2.1 Materia prima .....	13
2.1.1 Origen de la arcilla .....	13
2.1.2 Definición.....	14
2.1.3 Composición química de la arcilla .....	14
2.1.4 Composición molecular de la arcilla.....	16
2.1.5 Composición recomendada para la materia prima .....	16
2.1.6 Clasificación.....	16
2.2. Unidad de Albañilería .....	17
2.2.1 Definición.....	17
2.2.2 Clasificación.....	17
2.2.3 Límites de su aplicación .....	21
2.2.4 Aceptación de la unidad .....	21
2.3 Ladrillos de Arcilla .....	22

2.3.1 Definición.....	22
2.3.2 Generalidades .....	23
2.3.3 Propiedades y ensayos de laboratorio de la unidad de albañilería .....	23
2.3.4 Ensayos de laboratorio de la unidad de albañilería de arcilla .....	24
2.4 Albañilería o Mampostería.....	37
2.4.1 Definición.....	37
2.4.2 Tipos.....	38
2.4.3 Componentes de la albañilería .....	39
2.4.4 Resistencia de prismas de albañilería.....	39
2.4.5 Ensayos a la albañilería.....	41
2.5 Procedimiento Productivo .....	43
2.5.1 Tipos de proceso de fabricación.....	43
2.5.2 Fabricación del ladrillo .....	44
<b>3. CAPÍTULO III.....</b>	<b>50</b>
<b>Actividades Realizadas .....</b>	<b>50</b>
3.1. Materiales, Equipos y Herramientas Utilizadas .....	50
3.1.1. Materiales.....	50
3.1.2. Equipos y herramientas utilizados .....	51
3.2. Métodos.....	52
3.2.1. Metodología de investigación .....	52



3.2.2. Procedimiento de los ensayos .....	60
3.3. Investigaciones a la Materia Prima .....	61
3.3.1. Determinación de los tipos de ensayos a realizar.....	62
3.4. El Proceso de Fabricación del Ladrillo .....	67
3.4.0. Ubicación de la cantera o yacimiento .....	68
3.4.1. Extracción del material .....	68
3.4.2. Trituración y limpieza .....	70
3.4.3. Mezclado .....	71
3.4.5. Moldeado.....	73
3.4.6. Secado .....	74
3.4.7. Cocción .....	76
3.5. Investigaciones de Laboratorio a la Unidad de Albañilería .....	79
3.5.1. Variación dimensional .....	80
3.5.2. Alabeo .....	82
3.5.3. Absorción .....	83
3.5.4. Absorción máxima .....	84
3.5.5. Coeficiente de saturación .....	86
3.5.6. Succión.....	86
3.5.7. Eflorescencia .....	88
3.5.8. Resistencia a la compresión .....	90

3.6. Investigación de Laboratorio a la Albañilería .....	94
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>96</b>
<b>4. Resultados de la Investigación .....</b>	<b>96</b>
4.1. Resultados de Ensayos Realizados a la Materia Prima .....	96
4.2. Resultados de la Observación al Proceso Productivo .....	100
4.2.1. La extracción .....	100
4.2.2. La molienda.....	101
4.2.3. El mezclado .....	101
4.2.4. El amasado .....	101
4.2.5. El moldeado .....	101
4.2.6. El secado .....	102
4.2.7. El quemado.....	102
4.3. Resultados de los Ensayos Realizados a la Unidad de Albañilería.....	103
4.3.1. Variación dimensional .....	103
4.3.2. Alabeo .....	112
4.3.3. Absorción .....	114
4.3.4. Absorción máxima .....	117
4.3.5. Coeficiente de saturación .....	119
4.3.6. Succión (periodo inicial de absorción).....	121
4.3.7. Eflorescencia .....	123

4.3.8. Resistencia a la compresión .....	125
4.4. Descripción de Resultados de la Albañilería .....	127
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>135</b>
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>135</b>
5.1. Conclusiones .....	135
5.1.1. Materia prima .....	135
5.1.2. Unidad de Albañilería .....	136
5.1.3. Proceso productivo .....	137
5.1.4. Albañilería .....	138
5.2. Recomendaciones .....	138
5.3. Trabajos futuros .....	139
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>140</b>
<b>Anexo: Resultados del ensayo de laboratorio .....</b>	<b>142</b>

## Índice de figuras

Figura 2.1: Fórmula y proceso para hallar la variación dimensional.....	25
Figura 2.2: Amasado de la materia prima negruzca P2 .....	45
Figura 2.3: Amasado manual de la masa.....	45
Figura 2.4: Moldeado de la materia prima y enrasado .....	46
Figura 2.5: Secado de los ladrillos en el tendal.....	47
Figura 2.6: Quemado de ladrillos en un horno tradicional.....	49
Figura 2.7: Recojo y transporte de la muestra de ladrillos.....	50
Figura 3.1: Ubicación de la ladrillera K1.....	53
Figura 3.2: Ubicación de la ladrillera K2.....	54
Figura 3.3: Ubicación de la ladrillera P1.....	55
Figura 3.4: Ubicación de la ladrillera P2.....	56
Figura 3.5: Ubicación de la cantera de Kimbiri.....	57
Figura 3.6: Ubicación de la cantera de Pichari.....	58
Figura 3.7: Recojo de la materia prima de las distintas canteras.....	62
Figura 3.8: Secado y el proceso de sedimentación de las 4 materias primas.....	67
Figura 3.9: Extracción de la materia prima con maquinaria pesada a simple vista en K2.....	69
Figura 3.10: Materia prima que tiene una coloración negruzca o tierra orgánica a simple vista en P1.....	69

Figura 3.11: Materia prima que tiene una coloración rojiza a simple vista en K2.....	70
Figura 3.12: Materia prima acumulada y al costado la materia prima amasada y fermentando...71	
Figura 3.13: Materias primas no se mezclan con otros suelos y ningún aditivo .....	72
Figura 3.14: Obsérvese el amasado y reposo de la masa .....	73
Figura 3.15: Obsérvese la gavera arenada y el enrasado de la gavera.....	74
Figura 3.16: secado del ladrillo cubierto con plástico y el secado al aire libre albañilería.....	75
Figura 3.17: Ruma de ladrillos y el secado al aire libre de ladrillos puesto de canto .....	75
Figura 3.18: Quemado de ladrillos en el horno .....	77
Figura 3.19: Abertura entre ladrillos y disposición de ladrillos en el horno .....	77
Figura 3.20: Cajonado del horno y leña para la cocción de ladrillos .....	78
Figura 3.21: Quemado de ladrillos y ladrillos muy quemados (rocochado). .....	78
Figura 3.22: Encajonamiento de los ladrillos en la fábrica K1.....	79
Figura 3.23: Realizando el ensayo de variación dimensional.....	81
Figura 3.24: Limpiando la humedad superficial y registrando los pesos de las unidades de albañilería.....	84
Figura 3.25: Proceso de realizar la absorción máxima de unidades de albañilería.....	86
Figura 3.26: Muestra el Proceso de realizar la succión de unidades de albañilería.....	88
Figura 3.27: Muestra el Proceso de realizar la eflorescencia de unidades de albañilería.....	90
Figura 3.28: Muestra el Proceso de refrentado de capping en las unidades de albañilería.....	91

Figura 3.29: Muestra el Proceso de ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.....	93
Figura 3.30: Muestra el Proceso de ensayo de resistencia a la compresión de las pilas de albañilería.....	96

### **Índice de cuadros**

Cuadro 2.1: Porcentaje aproximados de los minerales que conforman la corteza terrestre..	13
Cuadro 2.2: Comparación de óxidos de la tierra como un todo y la arcilla roja común.....	14
Cuadro 2.3: Porcentajes de la arcilla pura caolín de Carolina del Norte.....	15
Cuadro 2.4: Clasificación de la unidad de albañilería con fines estructurales .....	18
Cuadro 2.5: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	21
Cuadro 2.6: Cuadro para clasificar al ladrillo de acuerdo a la variación dimensional.....	25
Cuadro 2.7: Cuadro para clasificar al ladrillo de acuerdo al alabeo.....	27
Cuadro 2.8: Cuadro para clasificar al ladrillo de acuerdo a la resistencia a compresión característica.....	31
Cuadro 2.9: Métodos para determinar $f'_m$ y $v'_m$ de acuerdo a la zonificación sísmica.....	39
Cuadro 2.10: Métodos para determinar $f'_b$ , $f'_m$ y $v'_m$ directamente.....	40

Cuadro 2.11: Método para obtener el factor de corrección por esbeltez del prisma.....	40
Cuadro 2.12: cuadro para obtener el factor de corrección por edad de los prismas .....	42
Cuadro 3.1: Ensayos a realizarse a la materia prima.....	62
Cuadro 3.2: Ensayos a realizarse a las pilas de albañilería.....	94
Cuadro 4.1: Análisis granulométrico por tamizado, límites de atterberg y clasificación sucs..	96
Cuadro 4.2: Clasificación en gravas, arena, limo y arcilla de las materias primas.....	98
Cuadro 4.3: Resultados del ensayo hidrométrico de las materias primas.....	99
Cuadro 4.4: Consolidado de porcentajes de arena y finos de las materias primas.....	99
Cuadro 4.5: Resultados de la mediciones de los ladrillos de la muestra K1.....	103
Cuadro 4.6: Promedios de las mediciones realizadas a los ladrillos de la muestra K1.....	103
Cuadro 4.7: Datos estadísticos y resultados de la muestra K1.....	104
Cuadro 4.8: Resultados de la mediciones de los ladrillos de la muestra K2.....	104
Cuadro 4.9: Promedios de las mediciones realizadas a los ladrillos de la muestra K2.....	105
Cuadro 4.10: Datos estadísticos y resultados de la muestra K2.....	105
Cuadro 4.11: Resultados de las mediciones de los ladrillos de la muestra P1.....	106
Cuadro 4.12: Promedios de las mediciones realizadas a los ladrillos de la muestra P1.....	106
Cuadro 4.13: Datos estadísticos y resultados de la muestra P1.....	107
Cuadro 4.14: Resultados de las mediciones de los ladrillos de la muestra P2.....	107

Cuadro 4.15: Promedios de las mediciones realizadas a los ladrillos de la muestra P2.....	108
Cuadro 4.16: Datos estadísticos y resultados de la muestra P2.....	108
Cuadro 4.17: Clasificación según norma de acuerdo a la variación dimensional.....	109
Cuadro 4.18: Espesores de las juntas de acuerdo a la desviación estándar.....	110
Cuadro 4.19: Resultados de la medición del alabeo a la muestra K1.....	111
Cuadro 4.20: Resultados de la medición del alabeo a la muestra K2.....	111
Cuadro 4.21: Resultados de la medición del alabeo a la muestra P1.....	112
Cuadro 4.22: Resultados de la medición del alabeo a la muestra P2.....	112
Cuadro 4.23: Clasificación según norma de acuerdo al alabeo.....	112
Cuadro 4.24: Absorción de los especímenes de la muestra K1.....	113
Cuadro 4.25: Absorción de los especímenes de la muestra K2.....	113
Cuadro 4.26: Absorción de los especímenes de la muestra P1.....	114
Cuadro 4.27: Absorción de los especímenes de la muestra P2.....	114
Cuadro 4.28: Promedio de las absorciones de las 4 muestras.....	115
Cuadro 4.29: Absorciones máximas de los especímenes de la muestra K1.....	116
Cuadro 4.30: Absorciones máximas de los especímenes de la muestra K2.....	116
Cuadro 4.31: Absorciones máximas de los especímenes de la muestra P1.....	116
Cuadro 4.32: Absorciones máximas de los especímenes de la muestra P2.....	117



Cuadro 4.33: Promedio de las absorciones máximas de las 4 muestras.....	117
Cuadro 4.34: Coeficientes de saturación de los especímenes de la muestra K1.....	118
Cuadro 4.35: Coeficientes de saturación de los especímenes de la muestra K2.....	118
Cuadro 4.36: Coeficientes de saturación de los especímenes de la muestra P1.....	119
Cuadro 4.37: Coeficientes de saturación de los especímenes de la muestra P2.....	119
Cuadro 4.38: Promedio de los coeficientes de saturación de las 4 muestras.....	119
Cuadro 4.39: Succión de los especímenes de la muestra K1.....	120
Cuadro 4.40: Succión de los especímenes de la muestra K2.....	121
Cuadro 4.41: Succión de los especímenes de la muestra P1.....	121
Cuadro 4.42: Succión de los especímenes de la muestra P2.....	121
Cuadro 4.43: Promedio de las succiones de las 4 muestras.....	122
Cuadro 4.44: Eflorescencia de los especímenes de la muestra K1.....	123
Cuadro 4.45: Eflorescencia de los especímenes de la muestra K2.....	123
Cuadro 4.46: Eflorescencia de los especímenes de la muestra P1.....	123
Cuadro 4.47: Eflorescencia de los especímenes de la muestra P2.....	123
Cuadro 4.48: Resistencia a la compresión de los especímenes de las 4 muestras.....	125
Cuadro 4.49: Resistencia característica a la compresión, desviación estándar y resistencia promedio de las 4 muestras.....	125
Cuadro 4.50: Clasificación de acuerdo a norma de las 4 muestras.....	126

Cuadro 4.51: Incremento de $f'm$ y $v'm$ por la edad de prismas de albañilería.....	127
Cuadro 4.52: Resistencia a compresión de las pilas de albañilería a los 14 días.....	127
Cuadro 4.53: Resistencia a compresión de las pilas de albañilería a los 14 días multiplicadas por su factor de corrección.....	127
Cuadro 4.54: Resistencia a compresión de las pilas de albañilería a los 28 días.....	128
Cuadro 4.55: Factores de corrección debido a la esbeltez de las pilas.....	128
Cuadro 4.56: Resistencia característica de las pilas de albañilería K1 a los 14 días.....	128
Cuadro 4.57: Resistencia característica de las pilas de albañilería K2 a los 14 días.....	129
Cuadro 4.58: Resistencia característica de las pilas de albañilería P1 a los 14 días.....	129
Cuadro 4.59: Resistencia característica de las pilas de albañilería P2 a los 14 días.....	130
Cuadro 4.60: Consolidado de las resistencias características de las 4 muestras.....	130
Cuadro 4.61: Resistencia característica de las pilas de albañilería K1 a los 28 días.....	131
Cuadro 4.62: Resistencia característica de las pilas de albañilería K2 a los 28 días.....	131
Cuadro 4.63: Resistencia característica de las pilas de albañilería P1 a los 28 días.....	131
Cuadro 4.64: Resistencia característica de las pilas de albañilería P2 a los 28 días.....	132
Cuadro 4.65: Consolidado de las resistencias características de las 4 muestras.....	132

## Glosario

**Lote.** Es el conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción. Aguirre (2004).

**Muestra.** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote. Aguirre (2004).

**Espécimen.** Es cada una de las unidades en donde se aplicará cada ensayo especificado en la norma. Aguirre (2004).

**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. ITINTEC 331.017 (1978).

**Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. RNE E.070. ALBAÑILERÍA (2006).

**Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice – cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. RNE E.070. ALBAÑILERÍA (2006).

**Muro Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical. RNE E.070. ALBAÑILERÍA (2006).

**Muro no Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos. RNE E.070. ALBAÑILERÍA (2006).

**Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería. RNE E.070. ALBAÑILERÍA (2006).

**Absorción Máxima.** La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. ITINTEC 331.017 (1978).

**Coefficiente de Saturación.** El coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie. ITINTEC 331.017 (1978).

**Eflorescencia.** La eflorescencia es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando este es humedecido. ITINTEC 331.017 (1978).

**Pilas de Albañilería.** Son prismas de albañilería compuestos por dos o más hiladas de unidades enteras (ladrillos y bloques) asentadas una sobre la otra mediante mortero, con una altura total que no debe ser excesiva a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia un laboratorio. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/04/Esbeltez-en-Pilas.pdf>.

**Terron.** Masa pequeña y suelta de tierra compacta. <https://www.wordreference.com/definición/terrón>

### Lista de acrónimos y siglas

<b>ITINTEC</b>	: Instituto de investigación tecnológica industrial y de normas técnicas.
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana.
<b>RNE</b>	: Reglamento nacional de edificaciones.
<b>SUCS</b>	: Sistema unificado de clasificación de suelos.
<b>ASTM</b>	: Sociedad americana para pruebas y materiales.
<b>NTE</b>	: Norma técnica de edificación
<b>VRAEM</b>	: Valle del río Apurímac, Ene y Mantaro.

### Lista de símbolos

<b><math>v'm</math></b>	: Resistencia característica a la compresión diagonal de la albañilería.
<b><math>f'm</math></b>	: Resistencia característica a la compresión axial de la albañilería.
<b><math>f'b</math></b>	: Resistencia característica a la compresión axial de la unidad de la albañilería.
<b><math>fb</math></b>	: Resistencia a compresión de la unidad de albañilería
<b><math>fbp</math></b>	: Resistencia a compresión de la unidad de albañilería
	: Desviación estándar.
<b><math>fm</math></b>	: Promedio de las resistencias a compresión axial de las pilas individuales

# 1. CAPITULO I

## Introducción

### 1.2. Planteamiento, Justificación e Importancia de la Investigación

#### 1.2.1. Antecedentes

Este trabajo va a tomar en cuenta trabajos realizados referentes a evaluación, caracterización, proceso constructivo del ladrillo y albañilería:

1. Hacemos mención a un proyecto de tesis de grado de la Universidad Tecnológica de Bolívar CALIDAD DEL LADRILLO EN LA LADRILLERA CLAY S.A. UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE PASCABALLO SEGÚN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4205 Y 4017” cuyo autor es Steve Licon Chiquillo (2009)

Es la evaluación técnica de la calidad del ladrillo producida en la ladrillera LA CLAY S.A. ubicada en el corregimiento de Pasacaballo, es un trabajo de grado cuya finalidad principal es la de determinar la calidad del ladrillo producido por la ladrillera LA CLAY S.A. basado en la norma técnica colombiana vigente NTC 4205 y 4017; se realizaron simulaciones en laboratorio donde se midió la resistencia mínima a la compresión, absorción de agua y flexión. A lo largo de este proyecto se siguió una metodología descriptiva la cual estaba comprendida por una etapa de exploración y observación, seguidamente se dio paso a la realización de una entrevista semiestructurada con interrogantes abiertos y cerrados aplicada a diferentes jefes del área de producción de la ladrillera.

Finalmente se llevó a cabo un trabajo de campo que dio paso al análisis e interpretación de los resultados y sus respectivas conclusiones:

- a. La ladrillera Clay S.A maneja maquinaria tecnificada en sus procesos, realiza los procesos normales para la producción de ladrillo, pero no manejan un buen control de calidad, pues el que realizan sólo se basa en inspecciones visuales de los diferentes procesos de fabricación.
- b. Los personales que laboran en la ladrillera, específicamente hablando del jefe de producción, supervisión y planta no manejan ningún tipo de conocimiento de la Norma Técnica Colombiana, tampoco la empresa aplica dicha normatividad.
- c. En general esta ladrillera no cumple con los requerimientos de calidad especificados en la Norma Técnico Colombiana.

2. Hacemos mención a un proyecto de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LOS LADRILLOS A PARTIR DE LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN”, los autores fueron Guillermo J. Jacobo, Rubén E. Corvalán y Gabriela A. Ebel de la cátedra de “Estructuras II” – Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste UNNE, analizó la situación de la producción de ladrillos en las ciudades de Resistencia y Corrientes que constituyen el principal nodo urbano de la Región Nordeste de Argentina.

El estudio de los investigadores de la UNNE reveló diferencias entre la calidad de ladrillos producidos en la región y los requerimientos de la creciente actividad de la construcción.

La producción casi en su totalidad se hace se realiza en condiciones precarias, se remarca la necesidad de fijar normas técnicas para mejorar la calidad del producto y así mejorar la construcción.

3. Hacemos mención al proyecto de tesis de maestría de la Pontificia Universidad Católica del Perú “EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ALBAÑILERÍA PRODUCIDA CON UNIDADES FABRICADAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE JUNÍN” cuyo autor fue la Ing. Dionisia Rosa Aguirre Gaspar (2004).

La presente tesis se desarrolló con la finalidad de determinar principalmente las características estructurales de la albañilería y sus componentes, con unidades fabricadas artesanalmente en las diferentes zonas de la región Junín. Primero se registró a los artesanos, se identificó las características principales de la materia prima, la oferta demanda de las unidades en el mercado, el proceso de producción y se zonificó en cuatro grupos (Palián, Cajas, Saño y Jauja).

Cuyos objetivos de este proyecto fueron:

- a. Determinar el tipo de materia prima empleado para la fabricación de ladrillos artesanales.
- b. Estimar el volumen de producción y consumo de ladrillos artesanales.
- c. Evaluar las características físicas y mecánicas de las unidades de arcilla fabricadas artesanalmente en la región central – Junín.
- d. Determinar la calidad y fluidez del mortero.
- e. Definir las características estructurales de la albañilería simple, producidas con unidades fabricadas artesanalmente.



- f. Comparar los resultados de los ensayos con la: Norma E-070 (1982), la propuesta de la norma (2004), INDECOPI NTP y otros estudios similares en otras zonas efectuadas.
  - g. Describir la tipología de la construcción.
4. Hacemos mención al proyecto de tesis de grado de la Universidad Nacional de Cajamarca “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LADRILLOS ARTESANALES KING KONG SEGÚN PRÁCTICAS DE FABRICACIÓN EN EL SECTOR FILA ALTA DE LA CIUDAD DE JAÉN” cuyo autor es Carlos Alberto García Navarro (2013).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las prácticas de fabricación que influyen en la calidad de los ladrillos artesanales king kong en el sector Fila Alta de la ciudad de Jaén. La investigación se desarrolló entre los meses de enero y abril del 2013, mediante expediciones de campo a diversas ladrilleras del Sector Fila Alta. Se realizó encuestas para conocer las prácticas que utilizan en la fabricación de ladrillos artesanales; para conocer las características de los ladrillos y hornos, se emplearon equipos e instrumentos tales como una máquina mecánica para el ensayo a compresión, wincha, martillo y regla. Llegando a determinar que el 100% de los hornos evaluados no cumplen con las características que se recomiendan, así mismo se encontró que el 100% de las ladrilleras no realizan todas las buenas prácticas como: Tamizar la materia prima, utilizar otros rellenos en la formulación de la mezcla, registrar y controlar el uso y consumo de materias primas, relacionan y comparan los tipos de mezcla, utilizar equipos mecánicos, los cuales son necesarios para la fabricación de ladrillos artesanales. En base a los ensayos se obtuvo que los ladrillos artesanales tienen una resistencia inferior a 60 kg/cm<sup>2</sup> valor mínimo que recomienda la Norma Técnica Peruana, para ser categorizado en cualquier tipo (tipo I, II, III, IV y V)

y en general no cumplieron en su totalidad con las características que se necesita para ser calificado como un ladrillo de buena calidad.

5. Hacemos mención al proyecto de tesis de grado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN AYACUCHO” cuyo autor es Luis Alberto Alfaro Asto (2007).

La presente tesis se desarrolló con la finalidad de determinar la calidad de la unidad de albañilería y la albañilería, de las ladrilleras, canteras que abastecen a la ciudad de Ayacucho, primero se ubicó a las principales ladrilleras y canteras, se identificó la materia prima, el proceso constructivo y se sacó muestras del ladrillo que van a ser sometidos a los ensayos, se construyó pilas de albañilería también para ser sometidos a ensayos, para los cuales se eligió siete ladrilleras. Donde sólo dos ladrilleras clasifican como clase de ladrillo tipo I y el resto no llegan a clasificar ni como tipo I.

Los objetivos de la investigación son:

- a. Conocimiento del actual estado del uso del ladrillo para fines de construcción en la ciudad de Ayacucho y que provienen de las fábricas más representativas de Compañía, Orcasitas, y Huayllapampa.
- b. Conocimiento del actual estado de producción y comercialización de los ladrillos fabricados en Compañía, Orcasitas y Huayllapampa.
- c. Conocimiento detallado de las características técnicas mínimas de la materia prima con que se fabrica el ladrillo en Compañía, Orcasitas y Huayllapampa.

d. Conocimiento detallado de las características técnicas del ladrillo proveniente de una muestra representativa de las fábricas ubicadas en Compañía, Orcasitas y Huayllapampa y de la albañilería estándar que se prepara con este para la construcción de muros en las obras de la ciudad de Ayacucho.

### **1.2.2. Determinación de la realidad problemática**

La actividad de fabricación de ladrillos está ampliamente distribuida a nivel nacional. Las grandes empresas por lo general están adecuadamente formalizadas ante los gobiernos locales y ante la autoridad competente.

Por otra parte, la gran mayoría de ladrilleras de micro y pequeño tamaño presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos. La planta de fabricación de sus productos está representada básicamente por el horno y un espacio de terreno como depósito o almacenamiento.

En los últimos años el sector construcción ha crecido considerablemente debido a la demanda interna y el poder adquisitivo de la población peruana. Esto ha originado una mayor inversión en infraestructura principalmente en la parte de vivienda.

En el Perú, las edificaciones que más predominan son las construcciones de albañilería confinada. En este tipo, las fuerzas sísmicas son resistidas en su mayoría por los muros estructurales que generalmente se construyen con ladrillos.

Las unidades de albañilería o ladrillos, por su composición pueden ser de arcilla o de concreto; siendo el de arcilla el más utilizado en las viviendas a lo largo del tiempo en todo el país. Según el proceso de fabricación de este tipo de ladrillos pueden ser maquinados, los cuales tienen un proceso de producción controlado regido a las normas; o artesanales que son elaborados en

lugares campestres con instrumentos mínimos o caseros y la mayoría de productores no conllevan un control de calidad en su fabricación.

El principal problema que se tiene es que desde hace varios años se vienen usando este tipo de ladrillos y al no haber tenido un control de calidad adecuada, no se posee el conocimiento de cómo actuarían frente a un sismo a ocurrir y los posibles daños que estos traerían a la edificación.

El tema es aún más agravante cuando los fabricantes de ladrillos de arcilla artesanal no saben las propiedades estructurales de sus ladrillos, dejando mucho que desear. Debido a la falta de conocimientos técnicos, sólo se dedican a fabricar unidades y en muchos casos no se interesan por las características físicas y mecánicas de sus ladrillos.

En las ciudades de Kimbiri y Pichari, al igual que la mayoría de las ciudades del Perú las edificaciones de mediana altura, entre 1 a 5 pisos, son los que más se ha construido bajo el sistema de albañilería confinada.

Kimbiri y Pichari que pertenece a la zona 2 (según la E-030 2014) es vulnerable a los efectos de los sismos y este tipo de viviendas construidas informalmente son las primordiales en presentar problemas estructurales a lo largo de su vida útil, así como rajaduras.

Las ciudades de Kimbiri y Pichari no son ajenos a este problema que acecha no sólo al Perú sino también al mundo entero, en las ciudades de Kimbiri y Pichari existe actualmente aproximadamente 8 ladrilleras distribuidos en distintas partes de las ciudades.

Las ladrilleras artesanales, en su totalidad, escasean de conocimientos formales acerca del proceso de producción, comercialización, etc. Existe este problema debido a que en este sector o zona no existen empresas industriales que fabriquen ladrillos maquinados.

Debido a esto es necesario tener conocimiento de las características estructurales de las unidades de albañilería y albañilería fabricadas de manera artesanal en la ciudad de Kimbiri y Pichari, mediante un control de calidad y ensayos para corroborar lo estipulado en las normas peruanas.

### **1.2.3. Justificación**

Se realiza esta investigación experimental porque hasta la fecha, no hay una evaluación de la calidad del ladrillo y albañilería en las ciudades de Kimbiri y Pichari y posiblemente en todo el VRAEM.

Las ladrilleras que existen en las ciudades mencionadas son artesanales y la población en su mayoría usan estos ladrillos para sus construcciones de viviendas, etc. y lo utilizan como portantes y no portantes, con el desconocimiento absoluto de la norma E.070 que clasifica a los ladrillos estructurales en 5 clases, entonces para determinar si estos ladrillos clasifican como algunas de las 5 clases se realiza esta investigación.

En las obras públicas de edificaciones también se utilizan estos ladrillos de estas ladrilleras, entonces es muy importante saber las características estructurales del ladrillo y la albañilería.

La investigación beneficiará principalmente a los clientes de las ladrilleras de la Ciudad de Kimbiri y Pichari, a las ladrilleras, a todo el sector ladrillero del Vraem y a los profesionales del área de la construcción. Porque la investigación evaluará la calidad del ladrillo y la albañilería, además de dar recomendaciones puntuales en que aspecto modificar, etc. Para que la calidad del ladrillo sea de mayor calidad al existente. igualmente tiene relevancia e importancia social pues beneficiará a toda la sociedad del Vraem que trabaja directa o indirectamente con el ladrillo fabricado en las ciudades de Kimbiri y Pichari.

La ciudad de Kimbiri y Pichari se encuentran en una zona de actividad sísmica intermedia (zona 2, según la NTE E.030 2014), existiendo gran cantidad de edificaciones de albañilería de hasta 5 pisos, lo que hace que estas sean vulnerables a los efectos de los sismos. Asimismo, existe la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo, que cada vez es utilizado en mayor proporción, con la finalidad de conocer su comportamiento estructural y plantear soluciones más acertadas.

#### **1.2.4. Importancia**

Esta investigación es muy importante porque nos dará conocer las características físicas, mecánicas, etc. De los ladrillos y albañilería fabricados actualmente en la ciudad de Kimbiri y Pichari, para tomar en cuenta estas deficiencias al momento de construir una edificación con estos ladrillos y usarlos como muros portantes o como tabiquerías, además la presente investigación nos aportará conocimientos de cómo mejorar las falencias que se encontrarán en el proceso constructivo, materia prima, etc. para lograr un ladrillo de mejor calidad al actual, de acuerdo a la normatividad peruana para así obtener unos ladrillos de acuerdo a lo que exigen las normas peruanas.

Por tal razón es muy importante realizar una evaluación de la calidad de los ladrillos y albañilería fabricados en la ciudad de Kimbiri y Pichari, ya que evitaremos utilizar ladrillos de mala calidad en nuestras construcciones y evitar malos resultados en paredes a corto y mediano plazo, además que se dará recomendaciones para mejorar la calidad del ladrillo.

#### **1.2.5. Formulación del problema**

Por lo dicho anteriormente formularemos las siguientes interrogantes de investigación, que mencionamos a continuación.

### **1.2.6. Problema general**

¿Cuál es la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari?

### **1.2.7. Problemas secundarios**

¿Cuáles serán las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo y albañilería fabricados en la ciudad de Kimbiri y Pichari?

¿De qué manera influye la materia prima en la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en la ciudad de Kimbiri y Pichari?

¿De qué manera influye la fabricación de los ladrillos en la calidad de los ladrillos fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari?

## **1.3. Hipótesis de la Investigación**

En la presente investigación realizaremos.

- a. hipótesis global
- b. subhipótesis

### **1.3.1. Hipótesis global**

El ladrillo y la albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari no cumplen con las normas de calidad de la normatividad peruana.

### **1.3.2 Subhipótesis**

- a. Las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari no cumplen con la normatividad peruana.
- b. La materia prima utilizada para el ladrillo influye negativamente en la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.

- c. El proceso de fabricación del ladrillo influye negativamente en la calidad de los ladrillos fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.

#### **1.4. Objetivos de la Investigación**

Los objetivos de esta investigación se dividirán en:

- a. objetivos generales
- b. objetivos específicos.

##### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.
- b. Evaluar de qué manera influye la materia prima en la calidad de los ladrillos y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.
- c. Evaluar de qué manera influye el proceso de fabricación de los ladrillos en la calidad de los ladrillos fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari.

#### **1.5. Variables**

Las variables se clasificarán de la siguiente manera:

##### **1.5.1. Variables independientes**

Son las propiedades físicas, mecánicas, materia prima y el proceso productivo del ladrillo y/o albañilería.



### **1.5.2. Variables dependientes**

Es la calidad del ladrillo y la albañilería.

## **1.6. Metodología del Trabajo de Investigación**

### **1.6.1. Tipo de investigación**

En cuanto a su finalidad, se caracteriza por ser UNA INVESTIGACIÓN APLICADA, porque se interesa en solucionar problemas de carácter práctico, porque busca el conocer la calidad del ladrillo, para hacer, para actuar, para construir, para modificar, para mejorar, etc. La calidad del ladrillo y albañilería.

### **1.6.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es: NO EXPERIMENTAL-TRANSVERSAL porque no se variará las variables independientes, lo que haremos es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto para después analizarlos y además recolectaremos los datos en un solo momento, en un tiempo único.

### **1.6.3. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación ES EL EXPLICATIVO, porque se establecieron relaciones causa efecto, con la finalidad de explicar el efecto que se genera mediante la aplicación de la hipótesis.

## 2. CAPITULO II

### Marco Teórico de la Investigación

#### 2.1 Materia prima

##### 2.1.1 Origen de la arcilla

El término arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. Desde un punto de vista de su origen, la arcilla no tiene un significado unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de la meteorización, un producto hidrotermal o ser el resultado de una síntesis. La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el geólogo, el edafólogo o el fabricante de ladrillos. (Besoain, citado en Barranzuela, 2014, p.6)

La arcilla es el resultado del envejecimiento geológico de la superficie de la tierra y debido a que este envejecimiento es continuo y ocurre en todas partes, la arcilla es un material extremadamente corriente y abundante de la naturaleza, el feldespato es con mucho, el mineral más común o corriente y es la descomposición de este mineral la responsable fundamental de la arcilla (Rhodes, 1989).

Cuadro 2.1: *Porcentaje aproximados de los minerales que conforman la corteza terrestre*

Minerales	Porcentaje (%)
Feldespato	59.5
Grupo ferromagnesia	16.8
Cuarzo	12.0
Biotita	3.8
Minerales de titanio	1.5
Todos los demás	6.4
Total, de minerales (%)	100

Fuente: Arcilla y vidriado para ceramista. Rhodes, 1989.

### 2.1.2 Definición

La arcilla como componente fundamental en la materia prima para el ladrillo de arcilla es definido variadamente así:

“La materia prima básica son arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes” (Gallegos y Cassabone, 2005, p.93).

La norma ITINTEC 331.017 (1978) afirma: Que es un 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 está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000°C. (p.1)

Como sabemos de acuerdo a la clasificación SUCS se llama arcillas a los granos menores a 0.002mm, que en contacto con agua se vuelven maleables, plásticas y dúctiles y es rígida cuando esta seca sin presencia de humedad suficiente y toma la forma moldeada permanentemente y con propiedades mecánicas mejoradas al coccionarlo.

### 2.1.3 Composición química de la arcilla

La composición típica de la arcilla común es muy similar a la composición promedio de la superficie de la tierra como conjunto (Rhodes, 1989).

Cuadro 2.2: Comparación de óxidos de la tierra como un todo y la arcilla roja común.

ÓXIDOS	TIERRA COMO UN TODO (%)	ARCILLA ROJA COMÚN (%)
SiO <sub>2</sub>	59.14	57.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.34	19.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.88	6.70
MgO	3.49	3.08

CaO	5.08	4.26
Na <sub>2</sub> O	3.84	2.38
K <sub>2</sub> O	3.13	2.03
H <sub>2</sub> O	1.15	3.45
TiO <sub>2</sub>	1.05	0.91

Fuente: Arcilla y vidriado para ceramista. Rhodes, 1989.

En el cuadro 2.2. podemos observar que el contenido de sílice y alúmina son muy similares y son los que están en mayor proporción. La arcilla más pura que la arcilla roja común se inclinará a tener mucho menos el hierro y relativamente más alúmina (Rhodes, 1990).

Cuadro 2.3: *Porcentajes de la arcilla pura caolín de Carolina del Norte.*

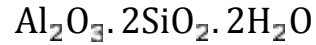
ÓXIDOS	CAOLÍN DE CAROLINA DEL NORTE (%)
SiO <sub>2</sub>	46.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38.38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57
MgO	0.42
K <sub>2</sub> O	
Na <sub>2</sub> O	1.22
H <sub>2</sub> O	13.28

Fuente: Arcilla y vidriado para ceramista. Rhodes, 1989.

Puesto que la arcilla está constituida predominantemente de alúmina y sílice, todos los otros óxidos presentes se pueden considerar como impurezas, la composición de las arcillas varía dependiendo de la fuente de la roca madre (Rhodes, 1989).

#### **2.1.4 Composición molecular de la arcilla**

Según Rhodes (1989) como mineral la arcilla se dice que tiene la siguiente fórmula:



Esta fórmula que es típica, prescinde de la composición compleja de impurezas que están siempre presente en las muestras reales. Caolinita es el nombre mineralógico que se ha dado a esta sustancia de arcilla pura.

#### **2.1.5 Composición recomendada para la materia prima**

Según Robusté (1969) citado en Arquíñigo (2011), declara que la arcilla y limo debe de estar entre el 25% a 75% del total del crudo y de por lo menos de un 30% de arena para el control del agrietamiento.

Según el Ing. Ángel San Bartolomé Ramos la mejor arcilla (materia prima) para la fabricación de ladrillos de arcilla cocida contienen un 33% de arena y limo y el resto de arcilla pura.

#### **2.1.6 Clasificación**

La materia prima se puede clasificar así

Según Gallegos y Cassabone (2005) las arcillas pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica:

##### *2.1.6.1. arcillas calcáreas*

contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio y producen ladrillos de color amarillento.

#### *2.1.6.2. arcillas no calcáreas*

compuestas de silicato de alúmina, tienen de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespato y quemadas a un color rojo o salmón, dependiendo de la cantidad de contenido de óxido de hierro.

## **2.2. Unidad de Albañilería**

### **2.2.1 Definición**

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones particularmente el ancho y pesos que los hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado, en el ladrillo tradicional su peso no supera los 4kg. Los bloques están hechos para manipularse con las dos manos, lo que ha determinado que en su elaboración se haya tomado en cuenta que puedan pesar aproximadamente 15kg (Gallegos y Cassabone, 2005).

### **2.2.2 Clasificación**

Podemos clasificar a la unidad de albañilería de varias maneras así:

#### *2.2.2.1 Según sus fines estructurales*

Según la Norma Técnica E.070 Albañilería (2006) la unidad de albañilería se clasifica de acuerdo al cuadro 2.4 para fines estructurales, sea la materia prima arcilla, sílice-cal o concreto y fabricadas de manera artesanal o industrial.

Cuadro 2.4: Clasificación de la unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Mas de 150mm		
Ladrillo I	+-8	+-6	+-4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	+-7	+-6	+-4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	+-5	+-4	+-3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	+-4	+-3	+-2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	+-3	+-2	+-1	2	17,6 (180)
Bloque P	+-4	+-3	+-2	4	4,9 (50)
Bloque NP	+-7	+-6	+-4	8	2,0 (20)

**Fuente:** Norma Técnica E. 070 Albañilería (2006)

Bloque P: Bloque usado en la construcción de muros portantes

Bloque NP: Bloque usado en la construcción de muros no portantes

#### 2.2.2.2 Por sus dimensiones

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) la unidad de albañilería se clasifica en ladrillos y bloques.

- a. **Ladrillos.** - Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una sola mano.
- b. **Bloques.** - Se les llama bloques cuando por su peso y mayores dimensiones se deben emplear ambas manos.

#### 2.2.2.3 Por su materia prima

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) la unidad de albañilería se clasifica de acuerdo a la materia prima así:

**a. Unidades de albañilería de arcilla (o unidades cerámicas).**

En estas unidades de albañilería el componente básico de la materia prima es la arcilla, otros componentes que tienen es el limo y la arena.

**b. Unidades de albañilería de sílice – cal (o unidades sílico calcáreas)**

La materia prima de las unidades de albañilería sílico calcáreas consiste de un 10% de cal hidratada normalizada y un 90% de arena (con un 75% de sílice) (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

**c. Unidades de albañilería de concreto.** - Las unidades de albañilería de concreto son fabricados con mezclas de cemento portland, arena, piedra pequeña y agua; los cuales son dosificados y moldeados convenientemente. (Abanto,2007).

***2.2.2.4 Por su fabricación***

Según San Bartolomé, et al. (2011) Las unidades de albañilería pueden ser **artesanales o industriales**. Las unidades de arcilla y de concreto admiten ambas modalidades, mientras que las unidades sílico – calcáreas son únicamente de fabricación industrial. En algunos casos, la fabricación incluye aspectos de ambas modalidades y se denomina entonces semiindustriales.

***2.2.2.5 Por sus huecos (alvéolos)***

Según San Bartolomé, et al. (2011) la unidad de albañilería se clasifica por sus huecos de la siguiente manera:



**a) Unidades sólidas (o macizas)**

Se llama así a 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 (E.070 Albañilería, 2006).

**b) Unidades de albañilería hueca**

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

**c) Unidades alveolares**

Se llama unidad de albañilería alveolar sólida o hueca con alveólos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados (E.070 Albañilería, 2006).

**Unidad de albañilería apilable**

Es la unidad de albañilería alveolar que se asienta sin mortero (E.070 Albañilería, 2006).

**d) Unidades tubulares**

Se llama así a la unidad de albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento (E.070 Albañilería, 2006).

### 2.2.3 Límites de su aplicación

Según la Norma Técnica E.070 Albañilería (2006) el uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en el cuadro 2.5 Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 (2006) Diseño sismorresistente.

**Cuadro 2.5:** limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
<b>SÓLIDO ARTESANAL</b>	NO	SI, HASTA 2 PISOS	SI
<b>SÓLIDO INDUSTRIAL</b>	SI	SI	SI
<b>ALVEOLAR</b>	SI CELDAS TOTALMENTE RELLENAS DE GROUT	SI CELDAS PARCIALMENTE RELLENAS DE GROUT	SI CELDAS PARCIALMENTE RELLENAS DE GROUT
<b>HUECA</b>	NO	NO	SI
<b>TUBULAR</b>	NO	NO	SI, HASTA 2 PISOS

**Fuente:** Norma Técnica E. 070 Albañilería (2006)

### 2.2.4 Aceptación de la unidad

La norma E.070 de albañilería 2006 nos da estas condiciones para aceptar estas unidades de albañilería y son:

1. Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote, se tendrá estas consideraciones para aceptar la unidad.

2. La absorción de unidades de arcilla y sílico – calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor de 15%.
3. El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25mm para el bloque clase P y 12mm para el bloque clase NP.
4. La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
5. La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
6. La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras. Fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
7. La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

## **2.3 Ladrillos de Arcilla**

### **2.3.1 Definición**

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno (NTP 331.017, 2003).

Moreno, 1981 (como se citó en Barranzuela, 2014) define que “Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas,

comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo”.

### **2.3.2 Generalidades**

Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos, se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos, también se produce, aunque en menor proporción bloques de cerámica. Se fabrican ladrillos de arcilla sólidos, perforados y tubulares; los bloques cuando se fabrican son huecos. El formado de las unidades de arcilla se realiza por todos los métodos de moldeo, con la asistencia de presión (no es posible fabricar unidades de arcilla por moldeo asistido con vibración), y por extrusión. En consecuencia, la gama de productos, su calidad, variabilidad son prácticamente ilimitadas. El color de las unidades de arcilla va normalmente del amarillo al rojo (Gallegos y Cassabone, 2005).

### **2.3.3 Propiedades y ensayos de laboratorio de la unidad de albañilería**

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) Conocer las propiedades de las unidades es necesario para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante el intemperismo. Sin embargo, no puede afirmarse que la mejor unidad proporcione necesariamente la albañilería.

Las propiedades de la unidad que están asociadas con la resistencia de la albañilería son:

- a. Resistencia a la compresión
- b. Resistencia a la tracción
- c. Variabilidad dimensional
- d. Alabeo

e. Succión

Las propiedades de la unidad que están relacionadas con la durabilidad de la albañilería son:

a. Resistencia a la compresión

b. Densidad

c. Eflorescencia

d. Absorción

e. Coeficiente de saturación

Para los tres tipos de materia prima los ensayos en los ladrillos son prácticamente los mismos, con la diferencia que sobre las unidades sílico calcáreas debe además efectuarse una prueba de contracción por secado (límite máximo 0.035%), la misma que ya está certificada por la única fábrica que las produce en el Perú (San Bartolomé, 2004)

### **2.3.4 Ensayos de laboratorio de la unidad de albañilería de arcilla**

Se describe la manera de cómo se realiza los respectivos ensayos a las unidades de albañilería.

#### ***2.3.4.1. Variación dimensional***

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) se seguirá el procedimiento indicado en las NTP 399.613 y 399.604 lo que indica que en la unidad se miden las tres dimensiones: largo, ancho y altura, en milímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento.

La manera de cómo se calcula la variación dimensional (V) es:

$$V(\%) = 100(D_e - D_p)/D_e$$

Donde: De es la dimensión especificada por el fabricante.

Dp es el valor promedio de la dimensión medida.

1. La dimensión de cada arista del espécimen (largo, ancho y altura) se toma como el promedio de 4 medidas realizadas (en mm) en la parte media de cada cara.
2. Luego, por cada arista, se calcula el valor promedio (Dp) de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante (De) y se divide entre “De”:

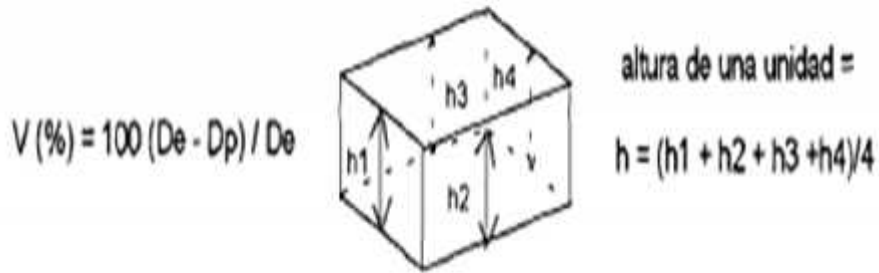


Figura 2.1: Fórmula y proceso para hallar la variación dimensional en una unidad de albañilería. San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011).

Cuadro 2.6: para evaluar a que clase de ladrillo pertenece de acuerdo a la variación dimensional.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)		
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Mas de 150mm
Ladrillo I	+8	+6	+4
Ladrillo II	+7	+6	+4
Ladrillo III	+5	+4	+3
Ladrillo IV	+4	+3	+2
Ladrillo V	+3	+2	+1

Fuente: Norma Técnica E. 070 Albañilería (2006)

#### **2.3.4.2. Alabeo**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

##### **a. Aparatos**

1. Varilla de acero con borde recto.
2. Regla o cuña de medición

La regla o cuña de medición es una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1mm, o alternativamente una cuña de medición de 60mm de longitud por 12.5mm de ancho por 12.5mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1mm.

3. Superficie plana de acero o vidrio

No menor de 300x300mm y plana

##### **b. Especímenes**

Usar como especímenes 10 unidades seleccionadas .

##### **1. Preparación de los especímenes**

Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con brocha el polvo adherido a las superficies.

##### **2. Procedimiento**

###### **a. Superficies cóncavas**

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie.

**b. Superficies convexas**

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia con una aproximación de 1mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las cuatro medidas como la distorsión convexa del espécimen.

Cuadro 2.7: *para evaluar a que clase de ladrillo pertenece de acuerdo al alabeo*

<b>CLASE</b>	<b>ALABEO (máximo en mm)</b>
<b>Ladrillo I</b>	10
<b>Ladrillo II</b>	8
<b>Ladrillo III</b>	6
<b>Ladrillo IV</b>	4
<b>Ladrillo V</b>	2

Tabla extraída de el RNE-2006 E.070 albañilería.

**2.3.4.3. Resistencia a la compresión**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:



### **a. Especimen de prueba**

Se ensayarán medias unidades secas de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud igual a media unidad  $\pm 2.5\text{mm}$ . Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de  $1/4$  de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de  $90\text{cm}^2$ .

El espécimen de prueba se obtendrá por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos sin astillas ni rajaduras. Se deberá ensayar como mínimo 5 especímenes.

Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de la resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio.

### **b. Refrentado del espécimen**

Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apaneladas, llenar las depresiones con un mortero compuesto por una parte, en peso de mortero de cemento portland y dos partes en peso de arena, incorpore un aditivo o cloruro de calcio en porcentaje no mayor de 2%. Dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado, cuando las cavidades excedan 13mm usar un fragmento de ladrillo o una sección de teja o placa metálica como relleno en el núcleo.

Se pueden refrentar de dos maneras

#### **1. Refrentado con yeso**

Cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca. Una vez completamente secos, cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado (yeso hemihidratado), que ha sido distribuido sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana con margen de 0.08mm en 400mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.

Cúbrase ligeramente con una capa de aceite u otro material apropiado, repítase esta operación con la otra superficie de contacto de los especímenes. Cuidar de tener las superficies de contacto, así conformadas, aproximadamente paralelas entre si y perpendicular al eje vertical del espécimen y que los espesores del refrentado sean aproximadamente los mismos sin exceder de 3mm. Se dejara reposar los especímenes por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

## **2. Refrentado con azufre**

Usar una mezcla que tenga de 40% a 60% de azufre y el resto arcilla refractaria de suelo u otro material inerte apropiado, que pase el tamiz normalizado N° 100 con o sin plastificante. Los requerimientos para las placas de la superficie de refrentado son las mismas que la del yeso, colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25mm sobre la placa de superficie para formar molde rectangular 13mm mas grande en cada dimensión interior del espécimen. Calentar la mezcla de azufre en un recipiente termostáticamente controlado, hasta una temperatura suficiente para mantener la mezcla fluida por un periodo de tiempo razonable despues del contacto con la superficie del espécimen a ser cubierto. Cuidar de prevenir sobrecalentamiento justo

antes de usarse. Llenar el molde hasta la profundidad de 6mm con el material de azufre derretido.

Colocar la superficie de la unidad a ser cubierta, rápidamente en el líquido y sostener el espécimen de manera tal que el eje vertical este en angulo recto con la superficie de cobertura. El espesor de las cubiertas serán aproximadamente las mismas. La unidad debe permanecer sin perturbar hasta que se complete la solidificación, permítase que la cubierta se enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes.

### **c. Procedimiento**

Ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión. Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2mm.

La máquina de ensayo debe satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifican en la norma ASTM E4

El apoyo superior será un bloque metalico endurecido asentado esfericamente y firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la maquina (rótula). El centro de la rótula se alineará con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen.

### **Velocidad de ensayo**

Aplicar la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada, despues de lo cual ajustar los controles de la maquina de manera tal que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de un minuto ni mas de dos minutos

### **d. Cálculo e informe**

Se calcula la resistencia a compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica, debiéndose darse los resultados con una aproximación a 0.01Mpa.

$$C = W/A$$

Donde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen.

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

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen.

Cuadro 2.8: para evaluar a que clase de ladrillo pertenece de acuerdo a la resistencia a la compresión.

---

<b>CLASE</b>	<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f´b mínimo en Mpa (kg/cm<sup>2</sup>) sobre área bruta</b>
<b>Ladrillo I</b>	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	17,6 (180)

---

Fuente: RNE-2006 E.070 albañilería.

#### 2.3.4.4. Absorción

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

##### **a. Determinación de peso**

La balanza a utilizar debe tener una capacidad no menor de 2000g y una aproximación de 0.5g

**b. Especímenes de prueba**

El espécimen de prueba consistirá en medias unidades.

**c. Procedimiento**

Sumergir el espécimen en agua potable por el tiempo de 24 horas, luego retirar y secar el agua superficial y pesarlo dentro de los 5 minutos siguientes luego de ser retirados del agua.

**d. Cálculo e informe**

Calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión

$$\text{Absorción}\% = 100(W_s - W_d)/W_d$$

Donde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen.

$W_s$  = Peso seco del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

Calcular el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados con aproximación a 0.1%.

**2.3.4.5. Absorción máxima**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

**a. Especímenes de prueba**

Se utilizó los mismos especímenes del ensayo de absorción.

**b. Procedimiento**

Se sumergió los especímenes en un recipiente de agua limpia, de tal manera que el agua circule libremente entre los especímenes y se hizo hervir durante 5 horas, luego se dejó enfriar y luego se debe sacar los especímenes de la sumersión y limpiar el agua superficial y se debe proceder a pesar dentro de los 5 minutos siguientes.

### **c. Cálculo e informe**

Calcular la absorción de cada especimen con la expresión que se indica a continuación, debiendo darse el resultado con aproximación a 0.1%.

$$\text{Absorción máxima \%} = 100(W_b - W_d)/W_d$$

Donde:

$W_d$ = Peso seco del especimen

$W_b$  = Peso seco del especimen saturado, después de la sumersión en agua caliente.

El resultado de la prueba de absorción máxima de cada especimen en agua caliente se dara con una aproximación de 0.1%.

Calcular el promedio de la absorción en agua caliente de todos los especímenes ensayados e informar con una aproximación de 0.1%.

#### **2.3.4.6. Coeficiente de saturación**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

$$\text{coeficiente de saturación (\%)} = \frac{W_s^2 - W_d}{W_b^2 - W_d}$$

Donde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen

$W_s^{24}$  = Peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría.

$W_s^5$  = Peso del espécimen saturado, después de 5 horas de sumersión en agua caliente.

El informe del coeficiente de saturación de cada espécimen se dará con una aproximación de 0.01%.

Calcular el promedio del coeficiente de saturación de todos los especímenes ensayados, e informar con una aproximación de 0.01%.

#### **2.3.4.7. Succión**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

##### **a. Aparatos**

Bandejas, recipientes, soportes para ladrillos, dispositivo para mantener el agua constante, balanza, horno, cronómetro, etc.

##### **b. Especimen de prueba**

Se ensayarán 5 ladrillos enteros

##### **c. Procedimiento**

Se debe secar y obtener el peso de los especímenes, medir el largo y ancho de la superficie que estará en contacto con el agua, ya en la bandeja nivelada se debe verter agua hasta que este 3mm por encima de los soportes, luego se coloca los especímenes durante 1 minuto, luego se retira el espécimen y se seca el agua superficial e inmediatamente se registra el peso.

#### **d. Cálculo e informe**

La diferencia entre el peso en gramos, entre el peso inicial y final es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largoxancho) no difiere mas de +-2.5% de 200cm<sup>2</sup>, reportar el incremento de peso de cada especimen con una aproximación a 0.1g, como el indice inicial de absorción en un minuto.

Si el área del especimen difiere en mas de +-2.5% de 200cm<sup>2</sup>, se corregirá el peso mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0.1g.

$$X = 200W/LB$$

Donde:

X : Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200cm<sup>2</sup>.

W: Diferencia de pesos del especimen(g)

L: Longitud del especimen(cm)

B: Ancho del especimen(cm)

Informar como la absorción inicial en 1 minuto el resultado de la succión corregida del especimen (X), con una aproximación a 0.1g.

Si el especimen de prueba es un ladrillo común, calcular el área neta y sustituir por LB en la ecuación anterior. Reportar la diferencia de peso corregida como la absorción inicial en un minuto.



Calcular y reportar el promedio de la absorción inicial de todos los especímenes ensayados, con una aproximación a 0.1g/min/200cm<sup>2</sup>.

#### **2.3.4.8. Eflorescencia**

Según la NTP 399.613 se debe realizar el procedimiento de esta manera:

##### **a. Aparatos**

Bandejas, contenedores, cámara de secado, horno de secado.

##### **b. Especímenes**

Los especímenes consistirán en 10 ladrillos enteros, los 10 especímenes se distribuirán en 5 pares, de manera tal que los especímenes de cada par tengan la misma apariencia tanto como sea posible.

##### **c. Preparación de los especímenes**

Remover con una brocha todo polvo que este adherido y que puede ser erróneamente considerado como eflorescencia. Secar los especímenes y enfriarlos.

##### **d. Procedimiento**

Colocar un espécimen de cada uno de los 5 pares, con un extremo parcialmente sumergido en agua destilada en aproximadamente 25mm, por 7 días en el cuarto de secado. Cuando varios especímenes se ensayan en el mismo contenedor, separar cada uno de los especímenes con un espaciamiento no menor de 50mm.

Almacenar el segundo espécimen de cada uno de los cinco pares en el cuarto de secado, sin contacto con el agua.

Al terminar los 7 días inspeccionar el primer conjunto de especímenes y luego secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas.

**e. Examen y clasificación**

Después de secado, examinar y comparar cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen, desde una distancia de 3m, bajo una iluminación de 538,2 lúmenes/m<sup>2</sup> según un observador de visión normal. Si ninguna diferencia es notoria bajo estas condiciones, indicar la clasificación como “no eflorescente” si se observa una diferencia perceptible debido a la eflorescencia bajo estas condiciones indicar la clasificación como eflorescente.

**f. Precisión y desviación**

No existe ninguna información sobre precisión o desviación sobre el método de ensayo por eflorescencia, debido a que el resultado no es cuantitativo.

## **2.4 Albañilería o Mampostería**

### **2.4.1 Definición**

La albañilería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques) (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

Bajo esta definición, se concluye que la mampostería existió desde tiempos remotos y que posiblemente su forma inicial podría haber sido muros hechos con piedras naturales adheridas con barro, lo que actualmente en nuestro medio se conoce como pirca (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

## 2.4.2 Tipos

Según: Flavio Abanto castillo, (2007)

La albañilería o mampostería se clasifica de dos tipos:

- a. Albañilería confinada
- b. Albañilería armada

### **a. Albañilería confinada**

Es aquella formada por losas aligeradas o macizas apoyadas en muros de ladrillo, en cuyo perímetro se ha colocado elementos de concreto armado, los elementos de concreto armado llamados confinamientos son de dos tipos: los verticales, conocidos como columnas de amarre y los horizontales conocidos como vigas de amarre, vigas soleras o vigas collar.

En estas estructuras los muros son portantes de cargas de gravedad (verticales) y de cargas sísmicas (horizontales). Este tipo de estructuras es la que mas se utiliza en el Perú, en la construcción de viviendas y edificios medianos hasta de 5 pisos, que es lo máximo que permite de edificación E.070 (Abanto, 2007).

### **b. Albañilería armada**

Es aquella que ha sido construida con unidades de albañilería, de forma tal que se pueden colocar refuerzos horizontal y vertical, a través de sus orificios presentes en estas. Este refuerzo es adherido a la albañilería mediante mortero, formando un conjunto unitario similar en cuanto a comportamiento con el concreto armado, actuando conjuntamente para resistir esfuerzos, un muro de albañilería armada tiene un comportamiento parecido al de una losa de concreto armado puesta verticalmente (Abanto, 2007).

### 2.4.3 Componentes de la albañilería

Según Alfaro, (2007) los componentes de la albañilería son:

- a. Unidad de albañilería
- b. El mortero
- c. Concreto líquido o Grout
- d. Acero de refuerzo
- e. Concreto

### 2.4.4 Resistencia de prismas de albañilería

Según el RNE E.070 2006 nos indica.

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre.

Cuadro 2.9: Métodos para determinar  $f'm$  y  $v'm$  de acuerdo a la zonificación sísmica.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA			ZONA SÍSMICA		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'm$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v'm$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: E.070 albañilería – 2006

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y

399.621. En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la cuadro 2.2, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y de 1: 1 / 2 : 4 (cuando la materia prima es sílice – cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Cuadro 2.10: Cuadro para obtener valor de  $f'b$ ,  $f'm$  y  $v'm$  directamente

MATERIA PRIMA	DENOMINACIÓN	UNIDAD $f'b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PILAS $f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	MURETES $v'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Arcilla	King Kong Artesanal	55	35	5.1
	King Kong Industrial	145	65	8.1
	Rejilla industrial	215	85	9.2
Sílice y cal	King Kong Normal	160	110	9.7
	Dédalo	145	95	9.7
	Estándar y mecano	145	110	9.2
Concreto	Bloque Tipo P	50	74	8.6
		65	85	9.2
		75	95	9.7
		85	120	10.9

Fuente: E.070 albañilería – 2006

El valor de  $f'm$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en el cuadro 2.3

Cuadro 2.11: Cuadro para obtener el factor de corrección por esbeltez del prisma

ESBELTEZ	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
FACTOR	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: E.070 albañilería – 2006

Según el RNE e.070 los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero

no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados por el cuadro 2.3

La resistencia característica  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar ( ).

#### **2.4.5 Ensayos a la albañilería**

Los ensayos que se realizan a la albañilería generalmente son dos el de pilas y muretes.

##### *2.4.5.1. Ensayo de compresión axial*

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) el ensayo de compresión axial se realiza en pilas de albañilería, que sirven para determinar la resistencia a compresión axial, referida al área bruta de la sección transversal.

#### **Esbeltez de la pila**

Se define como la relación entre la altura de la pila y su espesor (la menor dimensión de la sección transversal), San Bartolomé (2011) indica que este valor debe estar comprendido entre 2 y 5, aunque los valores más representativos del comportamiento de la albañilería oscilan entre 4 y 5.

En pilas pequeñas los valores de resistencia a compresión son mayores que los que arrojarían las pilas esbeltas, debido a la mayor restricción al desplazamiento lateral inducida por los cabezales del equipo de ensayo en las pilas de poca esbeltez, por esta razón presentamos el cuadro 2.3 que se indica en la norma E.070 que nos proporciona factores de corrección por esbeltez, así mismo se recomienda que las pilas consten de por lo menos 3 hiladas.

## Técnicas de ensayo

Las pilas se pueden ensayar en una máquina universal o en una máquina de ensayos similar, el ensayo debe realizarse a velocidad uniforme, sin producir impactos, de modo que su duración esté comprendida entre 3 y 4 minutos.

## Resistencia característica a compresión axial ( $f'm$ )

Según: San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) la resistencia individual a compresión axial de una pila se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque.

Este valor se corrige por el factor de esbeltez especificado en el cuadro 2.3 y si la edad de las pilas es distinta a la estándar (28 días) se corrige por el factor indicado en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.12: cuadro para obtener el factor de corrección por edad de los prismas

	EDAD	14 días	21 días
Pilas	ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1.00
Muretes	ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05

Fuente: E.070 albañilería – 2006

Una vez ensayadas todas las pilas, se obtiene el valor promedio ( $f'm$ ) y la desviación estándar ( $\sigma$ ) de la muestra ensayada, para después evaluar de acuerdo a la norma E.070.

$$f'm = fm - \sigma$$

$f'm$  = Resistencia característica a compresión axial

$f_m$  = promedio de las resistencias individuales a compresión axial de las pilas

$\sigma$  = desviación estándar de las resistencias a compresión axiales individuales.

## **2.5 Procedimiento Productivo**

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

Según la NTP 331.017 la fabricación de ladrillos de arcilla cocida se puede dar de dos formas y lo define así:

#### ***2.5.1.1. Artesanal***

Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con 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.

#### ***2.5.1.2. Industrial***

Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo fabricado industrialmente se caracteriza por su uniformidad de las unidades.

Adicionalmente se le puede agregar el tipo semi-industrial como define el tesista Joyce Barrenzuela.



### ***2.5.1.3. Semi-industrial***

Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión la pasta de arcilla. El ladrillo semiindustrial se caracteriza por presentar una superficie lisa. Joyce Barranzuela Lescano (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura (tesis de pregrado) Universidad de Piura, Piura, Perú.

## **2.5.2 Fabricación del ladrillo**

Según San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) se tiene las siguientes fases para la fabricación del ladrillo y los define también así:

### ***2.5.2.1. La extracción***

La extracción del material de cantera se hace con picos, lampas y carretillas (proceso artesanal); o usando palas mecánicas (proceso industrial). Posteriormente se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de este modo eliminar las piedras y otras materias extrañas.

### ***2.5.2.2. La molienda***

La molienda de la materia prima puede ser apisonándola (proceso artesanal) o con molinos (proceso industrial).

### ***2.5.2.3. El mezclado y amasado***

El mezclado de la materia prima con agua y arena se realiza dejando dormir la tierra durante un día, o empleando máquinas dosificadoras al peso y amasadoras.



*Figura 2.2: Amasado de la Materia Prima negruzca P1. Fuente propia.*



*Figura 2.3: Amasado manual de la Masa. Fuente propia.*

Según la Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales del Ministerio de la producción (2010) El reposo de la masa se realiza con la finalidad de que los terrones más pequeños en esta etapa se deshagan, la mezcla sea más consistente y adquiera la textura requerida para el moldeo o labranza.

La materia prima mezclada y triturada en un proceso industrial necesita un 18% de humedad para su correcto amasado. Hispalyt. (2015, febrero 2). Reportaje fabricación de

ladrillos cara vista en Fabricando Made in Spain de TVE1. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FU7rzJsKUcU>

#### **2.5.2.4. *El moldeado***

El moldeado se efectúa artesanalmente echando con fuerza la mezcla sobre moldes de madera o semi-industrialmente con prensas manuales o industrialmente con prensas hidráulicas.



*Figura 2.4: Moldeado artesanal de la Materia Prima y Enrasado. Fuente propia.*

En un proceso industrial avanzado antes de realizar el moldeo se hace pasar la materia prima amasada por cámaras de vacío, allí se succiona todas las partículas de aire, con el efecto de que las partículas de la masa al quitarles el aire cohesionarán más y en el futuro harán que los ladrillos sean muy resistentes y luego se moldea industrialmente. Hispalyt. (2015, febrero 2). Reportaje fabricación de ladrillos cara vista en Fabricando Made in Spain de TVE1. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FU7rzJsKUcU>

### 2.5.2.5. *El secado*

El secado se realiza artesanalmente colocando las unidades en un tendal como se muestra en la figura 2.5. E Industrialmente introduciéndolas en un horno con temperatura regulable que va desde la del medio ambiente hasta los 200°C, para volver a la temperatura ambiental.



*Figura 2.5: Secado de los Ladrillos artesanales en el Tendal. Fuente propia*

El secado se realiza hasta que el ladrillo crudo pierda aproximadamente un 13% de la humedad y queda listo para ser cargado al horno y se apila los ladrillos de canto hasta una altura de 1 a 1.20m de alto aprox. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales del Ministerio de la producción (2010).

“El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento”. (Robusté, como se citó en Barranzuela, 2014, p.21).

El secado de los ladrillos tiene que ser progresivo para que no se rajen durante el proceso y ya en esta etapa el ladrillo se encoge debido a la pérdida de humedad y se debe quitar la

humedad del ladrillo porque si entra con humedad en el horno explota ya que la humedad que está dentro del ladrillo trata de salir muy rápido en forma de vapor. Hispalyt. (2015, febrero 2). Reportaje fabricación de ladrillos cara vista en Fabricando Made in Spain de TVE1. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FU7rzJsKUcU>

Por tal razón es que algunas ladrilleras tienen techado el tendal y otras se ayudan con mantas de plástico para evitar que se sequen súbitamente.

#### **2.5.2.6. *El quemado o cocción***

El proceso de cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo se consiguen mejorar las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final. (Barranzuela, 2014, p.21)

El quemado se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo (colocados en la base). Esto da lugar a diferencias de más del 100% entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno en los hornos artesanales, También hay hornos tipo túnel con quemadores de petróleo o de carbon molido con cámaras de temperatura regulables desde la del medio ambiente hasta 1200°C estos tipos de horno usan las ladrilleras industriales. Este proceso dura entre 3 a 5 días (San Bartolomé, Quiun y Silva, ,2011).





*Figura 2.6: Quemado de los Ladrillos en un Horno Tradicional. Fuente propia.*

En algunas ladrilleras industriales se cocciona por encima de los  $1150^{\circ}\text{C}$  esto por un lapso de 4 horas (temperatura máxima) y el resto del tiempo es calentar y enfriar que son las partes más delicadas del proceso, y también hay una zona de precalentamiento y la zona de cocción propiamente dicho y las llamas no dan directamente al ladrillo. Hispalyt. (2015, febrero 2). Reportaje fabricación de ladrillos cara vista en Fabricando Made in Spain de TVE1. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=FU7rzJsKUcU>

#### ***2.5.2.7. El transporte***

Se transporta desde el horno, hacia los almacenes de la fábrica y de allí hacia el pie de obra y luego en la obra misma se realiza unidad por unidad y/o usando carretillas.



*Figura 2.7: Recojo y Transporte de muestras de ladrillos. Fuente propia.*

### **3. CAPÍTULO III**

#### **Actividades Realizadas**

#### **3.1. Materiales, Equipos y Herramientas Utilizadas**

##### **3.1.1. Materiales**

1. Materia prima para la elaboración del ladrillo King kong artesanal de la ciudad de Kimbiri de las fábricas ladrilleras de los señores William Antialon Huamán y Héctor Lobatón Barboza.
2. Materia prima para la elaboración del ladrillo King kong artesanal de la ciudad de Pichari de las fábricas ladrilleras de los señores Rubén Tinco Arango y Delia Salcedo Icho.
3. Ladrillo King kong artesanal de la ciudad de Kimbiri de las fábricas ladrilleras de los señores William Antialon Huamán y Héctor Lobatón Barboza.
4. Ladrillo King kong artesanal de la ciudad de Pichari de las fábricas ladrilleras de los señores Rubén Tinco Arango y Delia Salcedo Icho.
5. Arena de asentar de las canteras principales de la ciudad de Kimbiri y Pichari.

6. Cemento portland tipo I
7. Agua potable
8. yeso
9. cal hidratada.
10. Materiales de escritorio y gabinete.
11. leña para cocer los ladrillos para ensayos.

### **3.1.2. Equipos y herramientas utilizados**

1. Mallas ASTM N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 Y 200.
2. 01 Balanza con capacidad de 5000g y una aproximación de 0.1g
3. 01 una escuadra metálica graduada de 30cm graduada al mm.
4. 01 una regla metálica graduada de 30cm graduada al mm.
5. 01 cámara fotográfica.
6. 01 calibrador vernier.
7. 01 flexómetro
8. 01 horno ventilado de 110°C a 115°C
9. 01 una máquina de compresión uniaxial de la UNSCH.
11. 01 una máquina universal de la UNSCH.
12. 02 cuñas para medición de alabeo.
13. 02 bandejas de 30x50cm



14. 02 ollas para cocer los ladrillos

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Metodología de investigación**

#### ***3.2.1.1. Ubicación geográfica de las zonas de estudio***

La investigación se realizó en las ladrilleras de los distritos de Kimbiri y Pichari, de los cuales se seleccionó 4 puntos de investigación dos en Kimbiri y dos en Pichari, provincia de la Convención, Departamento de Cusco, para realizar el mortero las pilas se utilizaron agregados de las canteras de Kimbiri y Pichari respectivamente.

#### **a. Ubicación de la fábrica ladrillera K1 (KIMBIRI)**

La fábrica de ladrillos artesanales cuyo propietario es el señor William Antialon Huamán, quien se dedica a la producción de ladrillos artesanales, cuenta con 3 hectáreas de materia prima propia para producir ladrillos y tiene dos hornos cuya capacidad es de 50 millares por horno, esta ladrillera tiene mayor preferencia de compra, por lo que quema una vez al mes, también produce otros tipos de ladrillos que no se investigará.

Se encuentra ubicado en:

Ciudad: Kimbiri

Distrito: Kimbiri

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Coordenadas utm:

ESTE: 631119.72m

NORTE: 8605125.81m

COTA: 592msnm



*Figura 3.1: Ubicación de la ladrillera K1 (kimbiri). Fuente propia*

**b. Ubicación de la fábrica ladrillera K2 (KIMBIRI)**

La fábrica de ladrillos artesanales cuyo propietario es el señor Héctor Lobatón Barboza, quien se dedica a la producción de ladrillos artesanales, cuenta con 1 hectáreas de materia prima, en condición de alquiler, para producir ladrillos y tiene un horno cuya capacidad es de 30 millares por horno, por lo que quema cada un mes y medio aproximadamente, se encuentra ubicado en:

Ciudad: Kimbiri

Distrito: Kimbiri

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Se encuentra ubicado en las coordenadas utm:

ESTE: 630577m

NORTE: 8608454m

COTA: 604msnm



Figura 3.2. Ubicación de la Fábrica Ladrillera K2 (kimbiri). Fuente propia.

**c. Ubicación de la fábrica ladrillera P1 (PICHARI)**

La fábrica de ladrillos artesanales cuyo propietario es el señor Rubén Tinco Arango, quien se dedica a la producción de ladrillos artesanales, cuenta con 2 hectáreas de materia prima, en condición de propietario, para producir ladrillos y tiene un horno cuya capacidad es de 30 millares por horno, por lo que quema cada dos meses aproximadamente, se encuentra ubicado en:

Ciudad: Pichari

Distrito: Pichari

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Se encuentra ubicado en las coordenadas utm:

ESTE: 625461m

NORTE: 8615134m

COTA: 561msnm



*Figura 3.3. Ubicación de la Fábrica Ladrillera P1. Fuente propia*

#### **d. Ubicación de la fábrica ladrillera P2 (PICHARI)**

La fábrica de ladrillos artesanales cuyo propietario es la señora Delia Salcedo Icho, quien se dedica a la producción de ladrillos artesanales, cuenta con 3.5 hectáreas de materia prima, en condición de propietario, para producir ladrillos y tiene un horno cuya capacidad es de 40 millares por horno, por lo que quema cada mes aproximadamente, se encuentra ubicado en:

Ciudad: Pichari

Distrito: Pichari

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Se encuentra ubicado en las coordenadas utm:

ESTE: 625080m

NORTE: 8615086m

COTA: 554msnm



*Figura 3.4. Ubicación de la fábrica ladrillera P2. Fuente propia.*

#### **e. Ubicación de la cantera de Kimbiri**

Ciudad: Kimbiri

Distrito: Kimbiri

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Se encuentra ubicado en las coordenadas utm:

ESTE: 630374m

NORTE: 8606073m

COTA: 574msnm



*Figura 3.5. Ubicación de la Cantera de Kimbiri. Fuente propia*

**f. Ubicación de la cantera de Pichari**

Ciudad: Pichari

Distrito: Pichari

Provincia: La convención

Departamento: Cusco

Se encuentra ubicado en las coordenadas utm:

ESTE: 628051m

NORTE: 8613001m

COTA: 560msnm





Figura 3.6. Ubicación de la Cantera de Pichari. Fuente propia.

### 3.2.1.2. Tiempo que duro la investigación

La investigación se realizó desde diciembre 2017 a mayo 2019.

### 3.2.1.3. Variables:

#### a. Variables Independientes

Son las propiedades físicas, mecánicas, materia prima y el proceso productivo del ladrillo y/o albañilería.

#### b. Variables Dependientes

Es la calidad del ladrillo y la albañilería

### 3.2.1.4. Tipo de investigación

En cuanto a su finalidad, se caracteriza por ser UNA INVESTIGACIÓN APLICADA, porque se interesa en solucionar problemas de carácter práctico, porque busca el conocer la calidad del ladrillo, para hacer, para actuar, para construir, para modificar, para mejorar, etc. La calidad del ladrillo y albañilería.

### **3.2.1.5. Población**

- a. Los ladrillos King Kong artesanal han sido producidos en el mes de enero a abril 2018, en las fábricas ladrilleras de Kimbiri y Pichari.
- b. Los agregados para el mortero han sido recogidos de las canteras respectivas en los meses de enero a abril del 2018.
- c. La materia prima de cada fabrica ladrillera han sido recogidos en los meses de enero a abril del 2018.

### **3.2.1.6.- Muestra**

- a. Los ladrillos King Kong artesanal de cada fábrica ladrillera se tomaron 200 ladrillos por fábrica.
- b. Los agregados para el mortero se tomaron en dos sacos de arroz por cantera.
- c. La materia prima ha sido recogida la cantidad de 10 kilogramos por fábrica ladrillera.

### **3.2.1.7. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es: NO EXPERIMENTAL-TRANSVERSAL porque no se variará las variables independientes, lo que haremos es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto para después analizarlos y además recolectaremos los datos en un solo momento, en un tiempo único.

### **3.2.1.8. Técnica del muestreo**

Se realizó por técnicas de muestreo: al azar y por juicio.



### ***3.2.1.9. Instrumentos de recolección de datos***

Se utilizó fichas técnicas y entrevistas.

### ***3.2.1.10. Análisis de datos***

1. Microsoft Excel 2010.
2. Análisis estadístico.

## **3.2.2. Procedimiento de los ensayos**

Se realizó estas pruebas, con el fin de conocer la calidad de los ladrillos y la albañilería y así de acuerdo al RNE, poder dar un uso correcto de acuerdo a los parámetros que nos exige la norma, para lo cual se siguió rigurosamente lo que indica la N.T.P. 399.613-2005, esta norma establece los procedimientos para el muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañilería.

Se seleccionó los especímenes de pruebas así: unidades enteras representativas del lote al cual pertenecen tanto en color, textura, tamaños y libre de impurezas, limo u otros materiales que no estén asociados al proceso de fabricación.

De acuerdo al RNE E.070-2006 indica que el muestreo será efectuado a pie de obra; por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionarán al azar una muestra de 10 y 5 unidades para los ensayos respectivos, sobre las que se realizarán las pruebas, en nuestro caso seleccionamos 200 ladrillos o especímenes por cada fábrica ladrillera.

La preparación de especímenes antes de realizar los ensayos como indica la N.T.P. 399.613-2005, se secó los ladrillos en un horno ventilado a 115°C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0.2% del peso; después se dejó enfriar en la cámara de enfriamiento en el mismo horno, por

un tiempo de 8 horas aproximadamente hasta que los especímenes ya estén en condiciones de realizar el ensayo (no muy calientes, etc.), y se sacó los especímenes de la cámara de enfriamiento; inmediatamente se limpió las partículas sueltas de los especímenes con una brocha antes de realizar los ensayos respectivos.

### **3.3. Investigaciones a la Materia Prima**

En esta investigación se denominará materia prima al material listo para ser amasado para la fabricación de ladrillos.

Se visitó cada fábrica ladrillera seleccionada como punto de estudio y se obtuvo la muestra para realizar los ensayos respectivos a la materia prima.





*Figura 3.7. Recojo de la Materia Prima de las Distintas Canteras. Fuente propia.*

En nuestros puntos de estudio las 4 fábricas ladrilleras 2 en la ciudad de Kimbiri y 2 en la ciudad de Pichari la materia prima está constituida solo por el material de la cantera, Se observó que no existe ningún control de calidad de la materia prima, ninguna de las 4 fábricas realiza el tamizado, y todo se realiza a criterio del artesano.

### **3.3.1. Determinación de los tipos de ensayos a realizar**

Se realizará los ensayos a la materia prima de las 4 fábricas ladrilleras o puntos de estudio, las muestras de cada punto de estudio se ensayarán en los siguientes análisis.

*Cuadro 3.1: Ensayos que se realizaran a la materia prima de cada fábrica ladrillera.*

<b>Ensayos que se practicarán a la materia prima</b>	<b>Normativa</b>
<b>granulometría por tamizado</b>	MTC E107, ASTM D 422 y NTP 339.128
<b>Limite líquido</b>	MTC E 110, NTP 339.129
<b>Límite plástico</b>	MTC E 111, NTP 339.129
<b>Índice plástico</b>	MTC E 110, MTC E 111 Y NTP 339.129
<b>granulometría por sedimentación</b>	MTC E 109, ASTM 422

Los ensayos de granulometría y límites de atterberg se realizaron en la empresa de INGEOTECON los resultados se encuentran en los anexos, el ensayo de granulometría por sedimentación se realizó en el laboratorio de pastos de la facultad de ciencias agrarias, los resultados están en los anexos.

**a. Análisis granulométrico de suelo por tamizado**

Este ensayo consiste en la distribución cuantitativa de tamaños de partículas de los suelos. Para realizar este ensayo se siguió la norma que indica en la MTC E107, ASTM D 422 y NTP 339.128

**1. Materiales, Equipos e Insumos**

- a. Balanza
- b. Horno
- c. Tamices
- d. Bandejas
- e. Vasijas

**2. Muestra**

Se necesitó 500g aproximadamente de suelo o muestra cuarteada de cada fábrica ladrillera

**3. Procedimiento**

Se realizó el cuarteo del material, y se elige aproximadamente 500g de muestra cuarteada, luego esto se coloca en una vasija ya pesada, esta muestra se pesa y se coloca

al horno en la vasija que puede mantener temperaturas constantes y uniformes de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas aproximadamente para secarla, luego del secado de la muestra y una vez pesada se agrega agua y se hace pasar por el tamiz n° 200, se debe lavar la muestra manipulándola ligeramente con la mano hasta que el agua que pase por el tamiz n° 200 sea transparente, una vez finalizado el lavado la muestra retenida en la malla n° 200 se debe colocar en un horno que pueda mantener una temperatura constante y uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas aproximadamente, luego se retira la muestra se deja enfriar y se pesa para obtener así el peso seco lavado y también obtenemos el peso de la pérdida por lavado, y luego recién realizamos el ensayo con los tamices correspondientes.

**b. Límite líquido**

Para realizar este ensayo se siguió la norma que indica en la MTC E110

**1. Materiales, Equipos e Insumos**

- a. Aparato de Casagrande
- b. Acanalador de Casagrande
- c. Recipiente para almacenaje
- d. Balanza
- e. Horno
- f. Espátula
- g. Agua destilada
- h. Bandejas

## **2. Muestra**

-Se necesito 200g de suelo de cada fábrica ladrillera

## **3. Procedimiento**

Se necesito el material necesario para obtener aproximadamente 200g de material que pasa el tamiz n° 40, luego esta muestra seleccionada (aproximadamente 200g) se introduce en un horno en una bandeja para su secado a una temperatura menor a 60°C el tiempo necesario para su secado y pueda desmenuzarse totalmente. Una vez seca el material seleccionado se vierte en una bandeja de mayor tamaño para pulverizarlo cuidando de no destruir los granos individuales, el material seleccionado pulverizado se pasa por el tamiz 1/400 que retira las partículas de más de 0.40mm hasta conseguir unos 200g, esta muestra una vez humectada nos servirá para realizar el ensayo.

Se añade agua destilada a la muestra y se mezcla con ayuda de la espátula, hasta alcanzar una humedad próxima a su límite líquido pero debajo de esta luego de amasar completamente se deja reposar al menos dos horas para lograr homogeneidad (maceración) y protegida contra la desecación, luego de la maceración se compacta una porción de la muestra macerada en la copa de Casagrande con la ayuda de una espátula, formando una superficie lisa de unos 10mm de espesor máximo, a continuación se hace un surco con el acanalador de Casagrande, luego la copa de Casagrande se instala en la máquina Casagrande y se procede a su golpeo desde una altura de 1cm y a una razón de 2 golpes por segundo, hasta que los labios del surco se unan por el fondo en una distancia aproximadamente de 1.27cm y se cuenta el número de golpes, luego se tomó

aproximadamente 10g de la zona próxima a la ranura cerrada y se determinó su contenido de agua de inmediato.

### **c. Límite plástico**

Para realizar este ensayo se siguió la norma que indica en la MTC E111

#### **1. Materiales, Equipos e Insumos**

- a. Una plancha de vidrio
- b. Espátula
- c. Plato de aluminio
- d. 02 recipientes para pesar las muestras de cilindro

#### **2. Muestra**

Se necesito 15g de suelo de cada fábrica ladrillera

#### **3. Procedimiento**

tomamos 15 gramos de la muestra anteriormente seleccionada, y le colocamos cierta cantidad de agua y comenzamos amasarla con la mano, luego lo rodamos sobre una plancha de vidrio con la mano hasta que alcance un diámetro de aproximadamente de 3mm, este proceso se repitió hasta que el cilindro presente señales de desmoronamiento y agrietamiento e inmediatamente lo ponemos al recipiente y lo pesamos.

### **d. Índice plástico**

El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

**e. Análisis granulométrico por sedimentación**

Según la MTC E – 109 el análisis hidrométrico se basa en la ley de Stokes, este asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños. El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo.

Este ensayo tiene por finalidad, determinar en el laboratorio o en campo, el porcentaje de partículas más finas de un determinado suelo, que pase el tamiz n° 74um (N° 200).



*Figura 3.8: Secado y el Proceso de Sedimentación de las 4 Materias Primas. fuente: proporcionada por el laboratorista.*

### **3.4. El Proceso de Fabricación del Ladrillo**

Se sabe que el proceso de producción del ladrillo influye en la calidad del ladrillo, por tal razón recopilamos información del proceso de producción del ladrillo de las fábricas ladrilleras en estudio, para poder identificar las causas de la calidad del ladrillo que tenemos. Observamos en todos los puntos de estudio que no existe un control de calidad estricto en ninguna de ellas en la fabricación de estos ladrillos artesanales, talvez por esta razón el Ministerio de Producción del Perú preocupado por la fabricación de los ladrillos artesanales publicó una “GUIA DE BUENAS



PRÁCTICAS PARA LADRILLERAS ARTESANALES” el 03 de junio del 2010. Con el objetivo de mejorar el proceso productivo de los ladrillos artesanales de arcilla, y así también se realizó una investigación sobre “ESTUDIO DE DEFINICIÓN DE TIPO DE HORNO APROPIADO PARA EL SECTOR LADRILLERO” licitados por el Programa Regional de Aire limpio (PRAL) y el Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAM) el 2008, etc. Todos estos proyectos con el afán de mejorar la calidad no han llegado a la mayoría de los artesanos, talvez por desconocimiento ya que la mayoría de estos artesanos son personas que desconocen totalmente sobre esos proyectos mencionados, sería muy importante que las municipalidades distritales tomen cartas en el asunto y realicen talleres, charlas, etc. afín de informarles sobre el proceso productivo correcto.

#### **3.4.0. Ubicación de la cantera o yacimiento**

Según la investigación realizada el lugar de las canteras para fabricar el ladrillo se elige empíricamente y de acuerdo a las facilidades que ofrece dicho yacimiento como acceso a una carretera, yacimiento propio, facilidades para alquilar el yacimiento, suministro de agua, etc. Además se observó que en estas ciudades de Kimbiri y Pichari los yacimientos de materia prima se encuentran en el mismo lugar del horno, o sea que no se transporta materia prima desde otro lugar hacia el horno.

#### **3.4.1. Extracción del material**

La extracción de la materia prima en estos puntos de estudio se realiza de manera rústica utilizando herramientas manuales como picos, barretas, azadón, etc. Y maquinaria pesada como excavadora, etc. ya que la cantera o yacimiento de la materia prima se encuentra en la superficie en todos los yacimientos, En general estos yacimientos se encuentran en zonas con mucha vegetación, productos agrícolas como se puede apreciar en la figura 3.9.



*Figura 3.9:* Obsérvese la extracción de la materia prima con maquinaria pesada a simple vista en K2. *fuentes: propia.*

En la fábrica ladrillera P1 se extrae tierra negra u orgánica y con esta misma materia prima se fabrica los ladrillos como vemos en la figura 3.10.



*Figura 3.10:* Obsérvese la materia prima que tiene una coloración negruzca o tierra orgánica a simple vista en P1. *Fuente: propia.*

En la figura 3.10 se observa que se usa como materia prima tierra un buen porcentaje en la materia prima, esta tierra debería ser eliminada para la fabricación de ladrillos de calidad, también se observa vegetación en el yacimiento de P2.



*Figura 3.11: Obsérvese la materia prima que tiene una coloración rojiza a simple vista en K2.  
Fuente: propia.*

Observando las figuras 3.10 y 3.11 las distintas coloraciones que tienen sus materias primas, además podemos ver en la figura 3.11 al fondo el horno del yacimiento de K2. Como se puede observar los yacimientos de estudio tienen un buen porcentaje de materia orgánica producto de la vegetación propia de la zona.

#### **3.4.2. Trituración y limpieza**

Una vez extraída y acumulada la materia prima en las fábricas ladrilleras en estudio no se realiza el tamizado y la trituración de la materia prima es de manera manual con la ayuda de picos, azadones, palas, etc. y toda partícula extraña o piedra superior a la arena se elimina en esta fase manualmente.



*Figura 3.12: Obsérvese la materia prima acumulada y al costado la materia prima amasada y fermentando. Fuente: propia.*

Como se puede apreciar la materia prima acumulada, no se realiza tamizado ni trituración, todo es manual y ya se eliminan las partículas extrañas durante este proceso, se ha evidenciado que existe terrones en la materia prima aún después de haber realizado la fermentación en los puntos de estudio y esto es normal ya que se trituró de manera manual.

### **3.4.3. Mezclado**

En las 4 fábricas ladrilleras en estudio no se realizan ningún tipo de mezclado, se utiliza exclusivamente la misma materia prima para la fabricación del mismo, de acuerdo a los ensayos que realizamos de la materia prima los yacimientos de estas ciudades tienen una cantidad aceptable de arena y arcilla.





*Figura 3.13: Obsérvese que las materias primas no se mezclan con otros suelos y ningún aditivo. Fuente: propia.*

#### **3.4.4. Amasado**

El amasado también se realiza en los puntos de estudio de manera manual agregando agua de manera empírica y lo necesario para obtener una masa plástica y buena para el moldeo. y se realiza pisando la mezcla y ayudándose con las herramientas manuales trasladando la mezcla de un lugar a otro, este acto se repite mínimo dos veces a criterio del artesano hasta que el considere que ya está lo suficientemente plástica homogénea, plástica y moldeable. Luego de amasarlo lo dejan reposar o fermentar como lo llaman los artesanos aproximadamente de 12 a 24 horas aprox. De acuerdo a la premura de moldear ladrillos del artesano, una vez reposado la mezcla, el artesano puede mezclar una o más veces la mezcla dependiendo de su criterio.



*Figura 3.14: Obsérvese el amasado y reposo de la masa. Fuente: propia.*

Se observó que el agua de amasado que utilizan en los puntos de estudio cuando llueve utilizan las aguas empozadas en los charcos y si no hay lluvia se proveen de agua de potable y agua entubada.

### **3.4.5. Moldeado**

El moldeado de las unidades de albañilería en todos los puntos de estudio se realiza en gaveras de madera, algunos de tres, cuatro unidades el llenado de estas gaveras con la masa se realiza manualmente, primero se empapa con arena fina la gavera con la finalidad de que la masa plástica no se pegue a la gavera y a criterio y debido a la experiencia del artesano se toma y se llena la gavera de un golpe como quien compactarlo lo mejor posible y así eliminar los vacíos, luego se enrasa a la gavera para sacar la masa plástica sobrante con una vara de madera e inmediatamente se lleva a un tendal para allí sacarlos de la gavera e inmediatamente nuevamente se empapa la parte interna de la gavera con arena y así se repite este proceso.



*Figura 3.15: Obsérvese la gavera arenada y el enrasado de la gavera. Fuente: propia.*

Un artesano que ya tiene tiempo trabajando en una semana produce aproximadamente 2000 ladrillos, cuando ya tiene la materia prima acumulada y en días sin lluvias de lunes a sábado.

#### **3.4.6. Secado**

En esta fase generalmente lo hacen secar tres días, el primer día se hace secar cubriéndolo con plástico para que no pierda tan rápido su humedad, hasta que el ladrillo tenga una consistencia adecuada, luego ya se saca el plástico y se hace secar a pleno sol de día durante dos días cambiando de posición los ladrillos, poniéndolo de canto, etc. para que la eliminación del agua sea mejor en el ladrillo.

En los puntos de estudio el secado de los ladrillos no cuenta con un techo que los pueda proteger de las inclemencias del tiempo para lo cual utilizan plásticas para su protección de las lluvias, etc. Sin embargo, los ladrillos recién desmoldados si está soleando se protegen con plásticos para que no pierda rápidamente su humedad ya que si así ocurre los ladrillos empiezan a presentar rajaduras por la rápida eliminación del agua. Además, luego del secado de los ladrillos se apila los ladrillos aproximadamente 2 semanas, para ya luego trasladarlo al horno para ser calcinadas.





*Figura 3.16: secado del ladrillo cubierto con plástico y el secado al aire libre. Fuente: propia.*

Se ha observado que al momento de cubrir a los ladrillos recientemente moldeados con mantas de plástica se daña a los ladrillos, porque aún no están endurecidas y un roce extraño del plástico le genera deformaciones.



*Figura 3.17: Ruma de ladrillos y el secado al aire libre de ladrillos puesto de canto. Fuente:*

*propia*



### **3.4.7. Cocción**

La cocción de las unidades de albañilería se realiza en hornos netamente artesanales, y se realiza aproximadamente tres días y tres noches, utilizando leña y carbón. Antes se traslada los ladrillos hacia el horno y se realiza el encajonado de ladrillos que se realiza siempre dejando abertura de ladrillo entre ladrillo y de manera intercalada como se observa en la figura 3.19. Esta abertura se deja para que la ventilación o aire transmita el calor a todos los ladrillos que están en el horno y la disposición de los ladrillos es para que tenga mayor estabilidad los ladrillos y permitan mayor flujo de aire caliente hacia las partes superiores, como se puede observar las aberturas entre ladrillos a ladrillos es muy variable variando desde 1cm hasta 3cm aproximadamente.

Se observó también el roceado de carbón cada 2 hileras aproximadamente en toda el área del horno, hasta llegar a la parte superior del horno, todo esto con el objetivo de tener una buena cocción.

En la fábrica ladrillera K1 se rocea carbón cada 2 hileras y con la particularidad de poner mayor carbón en las esquinas aduciendo que el fuego llega con menor potencia y así ayuda el carbón para su mayor cocción, además en esta fábrica por cada 30 millares de ladrillos se utiliza 1500 a 2000 kg de carbón.

Y en el resto de las ladrilleras es variable así: K2, P1 y P2 se usa aproximadamente 1000kg por cada 30 millares, y se rocea cada 2 o 3 hileras de ladrillos.

También se observó luego de realizar totalmente el encajonamiento se tapa con una capa de barro al horno tanto en los costados del horno y en la parte superior así cerrándolos herméticamente al horno para tener una mayor eficiencia en el quemado.



*Figura 3.18: Abertura entre ladrillos y disposición de ladrillos en el horno. Fuente: propia*

Se observa también una vez culminado la quema de ladrillos, se abre poco a poco el horno para su rápido enfriamiento, el periodo de enfriamiento dura como mínimo tres días, dependiendo de la premura de vender del artesano ladrillero. En la figura 3.18 se observa también que hay una capa de ladrillos que recubre a los ladrillos que se están calcinando y esta capa de ladrillos no son para la comercialización.



*Figura 3.19: Abertura entre ladrillos y disposición de ladrillos en el horno. Fuente: propia*



*Figura 3.20: Cajonado del horno y leña para la cocción de ladrillos. Fuente: propia*

En el Vraem existe gran cantidad de leña, en todos los puntos de estudio se utiliza la leña y carbón para su quemado.



*Figura 3.21: Quemado de ladrillos y ladrillos muy quemados (rocochado). Fuente: propia*

En la figura 3.21 se aprecia los ladrillos que han sido eliminados después de realizar el quemado porque se deformaron con tanto calor (rocochado), esto ocurre en las partes más bajas del horno allí es donde la temperatura es mayor y a mayor altura la temperatura disminuye, es por eso que en el tercio superior los ladrillos no están bien calcinados.



Se observó que en la ladrillera K1 figura 3.22 en el encajonamiento de los ladrillos King Kong artesanales lo pone coloca aproximadamente hasta los  $\frac{2}{3}$  de la altura del horno razón por la cual los ladrillos del K1 son mejor cocidos que el resto de las ladrilleras y por ende de mejor calidad, en la parte de  $\frac{1}{3}$  de arriba se complementa con ladrillos panderetas, King Kong de 18 huecos, etc.



*Figura 3.22: Encajonamiento de los ladrillos en la fábrica K1. Fuente: propia*

### **3.5. Investigaciones de Laboratorio a la Unidad de Albañilería**

En esta investigación realizaremos los siguientes ensayos a la unidad de albañilería, todos los ensayos lo realizamos en el laboratorio de tecnología de concreto de la UNSCH.

- 3.5.1 Variación dimensional
- 3.5.2 Alabeo
- 3.5.3 Absorción
- 3.5.4 Absorción máxima
- 3.5.5 Coeficiente de saturación

- 3.5.6      Succión
- 3.5.7      Eflorescencia
- 3.5.8      Resistencia a la compresión

### **3.5.1. Variación dimensional**

Para realizar este ensayo se siguió los pasos indicados en la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

1.      Regla graduada al milímetro, de 300mm de longitud
2.      Calibrador vernier de 200mm de longitud.

#### **b. Muestra**

1.      10 ladrillos King Kong artesanales secos enteros de cada muestra o fábrica ladrillera.

#### **c. Procedimiento**

Se midió con calibrador vernier el alto y ancho y con una regla graduada de acero el largo, a la mitad de las aristas que limitan cada cara, se hizo cuatro medidas por cada dimensión, y se obtuvo el promedio para obtener el resultado que se muestran en el capítulo 4.



*Figura 3.9: Realizando el Ensayo de Variación Dimensional. Fuente propia*

**d. Expresión de resultados**

Se calculó la variación en mm y en porcentaje de cada espécimen utilizando la siguiente fórmula

$$V(\%) = (ME - MP) * 100/ME$$

En donde:

V = variación de la dimensión (%)

ME = medida especificada por el fabricante (mm)

MP = medida promedio (mm)

### **3.5.2. Alabeo**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

1. Regla con borde recto
2. Superficie plana de vidrio, de 300mmx300mm y plana
3. 02 cuñas graduadas al mm para medir el alabeo

#### **b. Muestra**

Para medir el alabeo, se utilizó los mismos especímenes que se usó en la variación dimensional, o sea 10 unidades de ladrillos King Kong enteros y secos.

#### **c. Procedimiento**

El procedimiento se realizó dependiendo si era una superficie cóncava o convexa.

##### **1. Superficie cóncava**

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta.

Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto.

Usando la regla de acero o cuña de medir esta distancia con una aproximación de 1mm.

##### **2. Superficie convexa**

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia con una aproximación de 1mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las cuatro medidas como la distorsión convexa del espécimen.

Los resultados de estos ensayos se muestran en el capítulo 4.

### **3.5.3. Absorción**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

01 balanza con una capacidad de 5000g y con una aproximación de 0.5gramos

#### **b. Muestra**

Se necesitó para este ensayo 5 medias unidades secas de cada una de las ladrilleras en estudio.

#### **c. Procedimiento**

Los especímenes se sacaron de la cámara de enfriamiento ya enfriados y se procedió a pesar los especímenes para obtener el peso seco, luego se introdujeron en un recipiente con agua potable completamente sumergido durante 24 horas, luego se limpió el agua superficial cuidadosamente y se procedió a pesar dentro de los 5 minutos siguientes y así se halló el peso saturado en agua fría.





*Figura 3.10: Limpiando la Humedad Superficial y Registrando los Pesos de las Unidades de Albañilería. Fuente propia.*

#### **3.5.4. Absorción máxima**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

##### **a. Materiales**

01 balanza con una capacidad de 5000g y con una aproximación de 0.5gramos

##### **b. Muestra**

Se utilizó los mismos especímenes que se utilizaron en el ensayo de absorción o sea 5 medias unidades secas de cada una de las ladrilleras en estudio.

**c. Procedimiento**

Este ensayo consistió en sumergir los especímenes en un recipiente en agua limpia (agua potable), de tal manera que el agua circule libremente entre los especímenes, luego se hirvió durante 5 horas, luego se dejó enfriar, y luego se sacaron los especímenes de la sumersión y se limpió el agua superficial y se procedió a pesar dentro de los 5 minutos después de haberlos sacado de la sumersión; y así se halló el peso saturado en agua hervida.





*Figura 3.11: Proceso de Realizar la Absorción Máxima de las Unidades de Albañilería. Fuente propia.*

### **3.5.5. Coeficiente de saturación**

Para calcular el coeficiente de saturación utilizamos los datos obtenidos en los ensayos de absorción y absorción máxima y aplicamos directamente en la fórmula.

$$\text{coeficiente de saturación} = \text{absorción} - \text{absorción máxima}$$

### **3.5.6. Succión**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

1. 01 balanza con una capacidad de 5000g y con una aproximación de 0.5gramos
2. 01 bandeja de superficie plana y de profundidad no menor de 25mm y de área no menor de 2000cm<sup>2</sup>
3. 02 soportes para ladrillos de 15cm, de acero no corrosible en perfil L.

4. Horno de secado de ladrillos
5. Cronómetros

**b. Muestra**

Se necesitaron 5 ladrillos enteros secos por cada fábrica ladrillera.

**c. Procedimiento**

Se obtuvo el peso seco de todos los especímenes, se midió el largo y ancho de la superficie de los ladrillos que estarán en contacto con el agua, ya en la bandeja nivelada se vierte agua hasta que este 3mm por encima de los soportes, luego se colocó los especímenes sobre los soportes durante 1 minuto, luego se sacó el espécimen para limpiar el agua superficial y registrar el peso.





*Figura 3.12: Muestra el Proceso de Realizar la Succión de las Unidades de Albañilería. Fuente propia.*

### **3.5.7. Eflorescencia**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

1. Horno de secado de ladrillos
2. Ollas.

#### **b. Muestra**

Se necesitaron 10 ladrillos enteros secos por cada fábrica ladrillera.

#### **c. Procedimiento**

Se removió con brocha todo polvo que este adherido y que puede ser erróneamente considerado como eflorescencia, estos 10 ladrillos de cada fabrica ladrillera se dividió en dos grupos en grupos de 5 cada uno, un grupo de 5 ladrillos han sido sumergidos de canto en una olla o bandeja en 2.5cm de profundidad de agua y los ladrillos del otro grupo se

colocaron en otra olla pero sin entrar en contacto con el agua, así a cada grupo se dejó en esa condición durante 7 días, manteniendo siempre la altura de 2.5cm de agua que se pierde por evaporación, finalizado esto ambos grupos de 5 se llevaron al horno para su secado durante 24 horas, para luego analizarlos respecto de la eflorescencia.







*Figura 3.13: Muestra el Proceso de Realizar el Ensayo de Eflorescencia de las Unidades de Albañilería. Fuente propia*

### **3.5.8. Resistencia a la compresión**

Para realizar este ensayo se siguió lo que indica la NTP 399.613-2005.

#### **a. Materiales**

Máquina para ensayo de compresión

#### **b. Muestra**

Se necesitaron 5 ladrillos enteros secos por cada fábrica ladrillera.

**c. Procedimiento**

Con la finalidad de obtener especímenes planos se hizo un refrentado con mortero de cemento y yeso, en la parte superior e inferior del espécimen, una capa delgada (espesor de 3mm aproximadamente) que luego se dejó reposar por 24 horas antes de realizar el ensayo.



*Figura 3.14: Muestra el Proceso de Refrentado de Capping en las Unidades de Albañilería. Fuente propia.*



Se midió el largo y ancho de cada espécimen para hallar el área de contacto del espécimen, luego se colocó el ladrillo en la máquina de compresión, el ladrillo se colocó entre 2 platinas de acero para que la fuerza aplicada se distribuya en toda el área de contacto, registrándose así la carga última que soporta el ladrillo.





*Figura 3.15: Muestra el Proceso de Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Unidades de Albañilería. Fuente propia*

**d. Cálculo**

Se calcula la resistencia a compresión de cada espécimen con la siguiente ecuación

$$C = W/A$$

C = Resistencia a la compresión del espécimen

W = Máxima carga, indicada por la máquina de ensayo

A= promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen.

**3.6. Investigación de Laboratorio a la Albañilería.**

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de tecnología de concreto en la máquina de compresión axial, para lo cual se basó en la normatividad NTP 399.605

Cuadro 3.2: *ensayos que realizaremos a las pilas de albañilería*

ENSAYOS	Nº PILAS POR MUESTRA	TOTAL, DE PILAS
Resistencia a la compresión axial con arena de asentar de cantera de kimbiri para las fabricas ladrilleras de Kimbiri a los 14 días	5	10
Resistencia a la compresión axial con arena de asentar de cantera de kimbiri para las fabricas ladrilleras de Kimbiri a los 28 días	5	10
Resistencia a la compresión axial con arena de asentar de cantera de Pichari para las fabricas ladrilleras de Pichari a los 14 días	5	10
Resistencia a la compresión axial con arena de asentar de cantera de Pichari para las fabricas ladrilleras de Pichari a los 28 días	5	10

En total tuvimos 40 pilas de albañilería, 20 para 14 días y 20 para 28 días.

No podremos realizar el ensayo a compresión diagonal para determinar la resistencia a compresión diagonal debido a que no se cuenta con una máquina universal adecuada, ya que la norma nos exige como mínimo un murete de 60cm x60cm y la maquina universal que cuenta la UNSCH es muy pequeña y por no contar con la suficiente economía para poder llevarlo a la ciudad de Lima.





*Figura 3.16:* Muestra el Proceso de Ensayo de Resistencia a la Compresión de las Pilas de Albañilería. *Fuente propia.*

## **CAPITULO IV**

### **4. Resultados de la Investigación**

En este capítulo se presenta los resultados de la investigación que realizamos tanto de la materia prima, proceso productivo, unidad de albañilería y la albañilería los ensayos correspondientes a la investigación.

#### **4.1. Resultados de Ensayos Realizados a la Materia Prima**

En la actualidad en el Perú aún no existe normatividad que nos permita cualificar la materia prima, tampoco dosificar la composición de la materia prima ósea que proporción de arcilla, limo y arena.

Sin embargo, hay referencias de tesis y autores de libros que nos brindan ciertos rangos que deben tener los componentes de la materia prima, la misma que se detalló en el capítulo II.

Cuadro 4.1: *Análisis granulométrico por tamizado, Límite líquido, Límite plástico, Índice de plasticidad y Clasificación SUCS de la materia prima de las fábricas ladrilleras*

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA (%)			
		K1	K2	P1	P2
3"	75.000	100.00	100.00	100.00	100.00
2 1 / 2"	63.500	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	100.00	100.00	100.00
1 1 / 2"	38.100	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.400	100.00	100.00	100.00	100.00
3 / 4"	19.000	100.00	100.00	100.00	100.00
1 / 2"	12.700	100.00	100.00	100.00	100.00
3 / 8"	9.500	99.96	99.96	100.00	100.00
1 / 4"	6.350	99.68	99.56	100.00	100.00
N° 4	4.760	99.37	99.22	99.89	99.97
N° 8	2.360	97.94	98.69	99.38	99.88
N° 10	2.000	97.34	98.51	99.19	99.84
N° 16	1.100	94.99	97.91	98.33	99.60
N° 30	0.590	91.28	96.94	94.93	98.41
N° 40	0.425	86.95	96.01	91.78	96.68
N° 50	0.297	70.85	93.81	87.77	93.00
N° 100	0.149	56.08	77.09	75.69	77.17
N° 200	0.075	52.37	70.20	68.44	72.00
FONDO					
LAVADO					
<b>LÍMITE LIQUIDO</b>		26.8	31.8	27.2	26.7
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		16.8	17.4	20.8	14.5
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>		10	14.4	6.4	12.2
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>CL-ML</b>	<b>CL</b>

Observando el cuadro 4.1 notamos que el porcentaje más alto que pasa el tamiz número 200 es la muestra P2, lo que nos indica que es la materia prima que tiene mayores finos y la materia prima con un menor de finos de 52.37% es de K1, pero todos en general pasan mayores de 50% por lo que son considerados suelos finos a los yacimientos de las 4 fábricas ladrilleras, y en este caso

usaremos la carta de plasticidad para identificar a qué tipo de suelo pertenecen nuestros suelos finos.

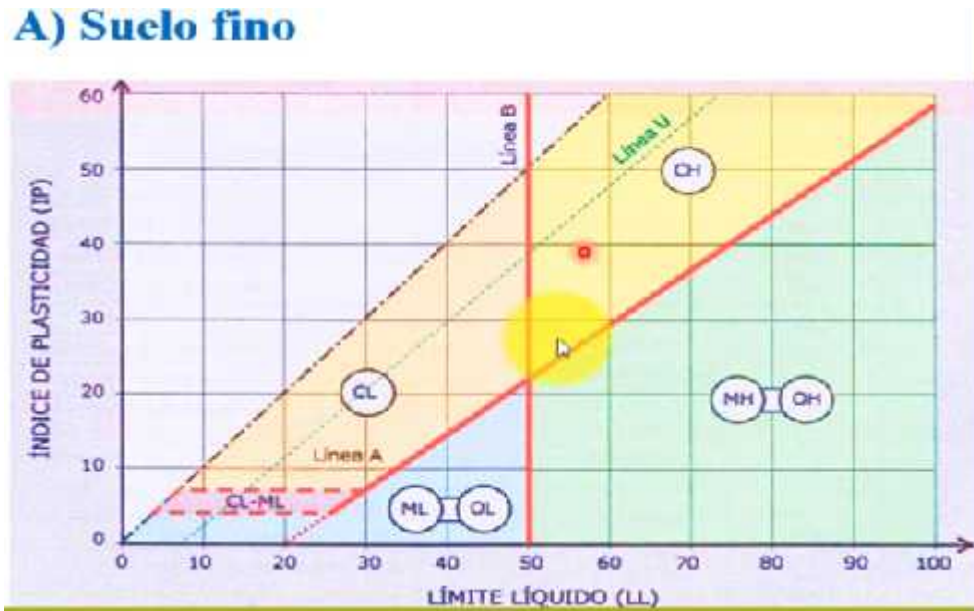


Figura 4.1: Carta de plasticidad para identificar el tipo de suelo. Fuente <https://www.youtube.com/watch?v=1tgYT7nG3N0>.

De acuerdo al cuadro 4.1 la materia prima K, K2 y P2 es un CL ósea es una arcilla inorgánica de baja plasticidad de acuerdo a la clasificación SUCS de los suelos y la P1 es un suelo arcillo limosa inorgánica CL-ML de baja plasticidad.

Cuadro 4.2: Clasificación en gravas, arena y limos de la materia prima de las fábricas ladrilleras

PORCENTAJE (%)	INTERVALO (MM)	K1	K2	P1	P2
grava	$\geq 4.75$	0.6	0.8	0.1	0
arena	$\geq 0.075$ y $< 4.75$	47	29	31.5	28
finos	$<$ malla n° 200 o $<$ 0.075	52.4	70.2	68.4	72

De acuerdo al cuadro 4.2 observamos que el porcentaje de arena está dentro del rango recomendado mínimo 30% del total del crudo en los 4 puntos de investigación, en cuanto a la composición de la arcilla pura que debe de estar de 25% a 75% no podemos afirmar nada ya que este ensayo no nos da valores sobre datos de porcentaje de limo y arcilla, para lo cual se realizó un ensayo granulométrico por sedimentación

Se observa también que en este ensayo se encontraron partículas superiores a la arena, esto se debe a que no se realiza un tamizado a la materia prima y por lo que no hay un control de calidad en sus distintas fases de producción del ladrillo.

### **Ensayo granulométrico por sedimentación de la materia prima**

Los resultados del ensayo granulométrico para suelos finos nos reportan lo siguiente:

Cuadro 4.3: *resultados del ensayo hidrométrico.*

MUESTRA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR SEDIMENTACIÓN		
	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
K1	54.3	24.1	21.6
K2	54.3	18.1	27.6
P1	50.3	24.1	25.6
P2	50.3	26.1	23.6

De acuerdo a los resultados del ensayo granulométrico por sedimentación, en el cuadro 4.3 observamos que, el porcentaje de arcilla pura cumplen la K2 y P1 y en el porcentaje de arena que son mucho mayores al 30% por lo que se concluye y se puede afirmar que tienen una muy buena materia prima para la elaboración de ladrillos de arcilla. Y K1 y P2 por muy poco 3.4% y 1.4% no



llegan a tener la el requerimiento de la arcilla pura, pero si cumpliendo cabalmente en el porcentaje de arena.

Cuadro 4.4: *Condición de la materia prima de las fábricas ladrilleras de acuerdo al análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación.*

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>RESULTADO</b>
K1	REGULAR
K2	BUENO
P1	BUENO
P2	REGULAR

Concluimos que la materia prima de las 4 fábricas ladrilleras están muy bien en cuanto a la composición de finos y arena, según Robusté (1969).

## **4.2. Resultados de la Observación al Proceso Productivo**

De acuerdo a las visitas que hemos realizado a las cuatro fábricas ladrilleras de estudio estos son las fases del proceso productivo.

En la ciudad de Kimbiri existe una fábrica semiindustrial del señor William Antialon Huamán que produce diversas variedades de ladrillos como panderetas, kinkong de 18 huecos, blockers, etc. Pero los ladrillos King Kong macizo que produce son artesanales con la diferencia de que en el quemado los ubica en los dos tercios inferiores.

### **4.2.1. La extracción**

La extracción de la materia prima se realiza en los mismos yacimientos y se realiza netamente con herramientas manuales como picos, lampas, asadones, etc. Ya que el yacimiento es superficial y solo está cubierto de una pequeña capa orgánica y de vegetación.

#### **4.2.2. La molienda**

La molienda de la materia prima en las cuatro fábricas ladrilleras se realiza manualmente, apisonándola, desmenuzándola con los cabos de las herramientas manuales, pisándola y en esta misma fase se elimina las gravas, bolos, materia orgánica, etc. No se realiza el tamizado en ninguna fábrica ladrillera de estudio.

#### **4.2.3. El mezclado**

En las 4 fábricas ladrilleras no se realiza ningún tipo de mezclado, se utiliza netamente el mismo material de cantera o yacimiento.

#### **4.2.4. El amasado**

En las 4 fábricas ladrilleras una vez que ya consideran lo suficientemente triturado y limpio de gravas y materia orgánica se adiciona agua empíricamente y se mezcla hasta obtener una pasta aproximadamente homogénea, luego de esto esta pasta se hace reposar como ellos lo llaman (dormir, fermentar) mínimo de una noche esto varía de acuerdo a la prisa del ladrillero algunos lo dejan más de 12 horas, etc. Todo esto con la finalidad de obtener una pasta más homogénea y que esas partículas que no pudieron desintegrarse en la molienda en esta fase se desmenucen.

Pero en la práctica sigue corroboró que siguen existiendo partículas no desmenuzadas después del reposo de la masa, lo cual es eliminado cada vez que el artesano lo encuentre.

Esta masa una vez reposado se sigue mezclando (como si fuera una mezcla de cemento con hormigón de manera manual mínimo tres veces hasta que ellos consideren necesario).

#### **4.2.5. El moldeado**

En las 4 fábricas ladrilleras en estudio una vez que ya está la masa o pasta lo suficientemente consistente se procede a moldear los ladrillos, previamente las gaveras o los moldes son

internamente pasados en su totalidad por arena fina y otros con agua que actúa como lubricante para la rápida salida del ladrillo crudo de los moldes.

Seguidamente se extrae una porción de masa y se avienta hacia el molde con una cierta fuerza y como dicen los artesanos debe llegar la masa al mismo tiempo a todos los confines de la gavera para que el moldeado sea bueno caso contrario lo repiten, luego se enrasa con una madera para dejarlo nivelado o enrasado con la gavera.

Seguidamente esto se lleva hacia un tendal que debe estar limpio y cubierto con arena fina para que la pasta no se pegue, el tendal es aproximadamente plano y otros existen inclinados.

#### **4.2.6. El secado**

El proceso de secado en las 4 fábricas ladrilleras se realiza de la siguiente manera:

El primer día el ladrillo no está expuesto al sol directamente (ya que genera fisuras), para contrarrestar esto lo tapan con plásticos.

A partir del segundo día ya puede estar directamente expuesto al sol y en el tercer día se cambia de posición del secado se lo pone de canto a los ladrillos para un secado homogéneo y rápido.

El tiempo de secado es variable pero mínimo lo consideran tres días en días soleados, en días que no haya presencia del astro rey es más de tres días a criterio del artesano.

#### **4.2.7. El quemado**

La cocción de las unidades de albañilería en las cuatro fábricas ladrilleras se realiza en hornos netamente artesanales, y se realiza tres días y tres noches para lo cual se utiliza leña y carbón.

En conclusión, el procedimiento productivo de los ladrillos artesanales carece de una dirección técnica ya que no hay un control de calidad al momento de la extracción, molienda o trituración,

etc. Con la diferencia de la fábrica ladrillera K1 que en el tercio superior pone ladrillos panderetas y así sus unidades son mejores en cuanto a calidad que el resto. Y los ladrillos artesanales se colocan el en tercio inferior y tercio medio del horno

### **4.3. Resultados de los Ensayos Realizados a la Unidad de Albañilería**

#### **4.3.1. Variación dimensional**

Este ensayo se realizó en el laboratorio de tecnología de concreto de la UNSCH de la escuela de ingeniería civil.

En el siguiente cuadro presentamos los registros realizados y el promedio de cada dimensión para las 4 fábricas ladrilleras en estudio.

Para todos los ensayos que se realizará los especímenes todas estarán en la condición seca, tal como indica la normativa del Perú.

Cuadro 4.5: Resultados de la medición de ladrillos de la fábrica K1

variación dimensional	largo (mm)				ancho (mm)				altura (mm)			
espécimen	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
K1	226.00	225.00	224.00	226.00	113.20	115.00	114.50	114.00	81.14	80.40	80.40	79.40
K2	224.00	225.00	224.00	224.00	115.28	116.40	115.00	114.80	79.20	79.20	79.60	79.58
K3	226.00	227.00	227.00	228.00	116.32	116.62	116.00	115.60	81.76	80.82	80.32	79.50
K4	227.00	227.00	227.00	226.00	111.20	112.64	111.60	112.52	79.00	82.70	80.20	81.30
K5	228.00	228.00	228.00	227.00	115.56	116.20	117.16	115.28	77.80	79.30	79.30	79.92
K6	224.00	223.00	225.00	223.00	113.00	112.30	113.20	112.80	78.30	79.30	80.58	79.82
K7	226.00	226.00	225.00	225.00	115.36	116.24	116.28	115.46	79.50	78.94	78.30	78.92
K8	227.00	221.00	222.00	224.00	112.00	112.82	112.90	112.82	78.48	78.30	79.48	77.64
K9	226.00	226.00	227.00	226.00	112.82	112.70	113.30	111.84	84.80	82.28	82.90	82.70
K10	229.00	227.00	228.00	228.00	117.40	118.40	118.30	115.30	77.80	78.50	78.78	79.00

Cuadro 4.6: Promedios de la medición de ladrillos de la fábrica K1

ESPECIMEN	K1-1	K1-2	K1-3	K1-4	K1-5	K1-6	K1-7	K1-8	K1-9	K1-10
Longitud promedio (Lp) (mm)	225.25	224.25	227.00	226.75	227.75	223.75	225.50	223.50	226.25	228.00
Ancho promedio (Ap) (mm)	114.18	115.37	116.14	111.99	116.05	112.83	115.84	112.64	112.67	117.35
Altura promedio (Hp) (mm)	80.34	79.40	80.60	80.80	79.08	79.50	78.92	78.48	83.17	78.52

Del cuadro 4.6 se puede observar la variabilidad en las medidas promedio realizadas, propio de las ladrilleras artesanales.

Cuadro 4.7: *Datos estadísticos y resultados de la ladrillera K1*

	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTURA</b>
<b>Medida promedio (mm)</b>	225.80	114.50	79.88
<b>Medida del fabricante (mm)</b>	230.00	119.00	85.00
<b>Desviación estándar :</b>	1.62	1.88	1.42
<b>Variación dimensional (%)</b>	1.83	3.78	6.02
<b>Coefficiente de varianza (%)</b>	0.72	1.64	1.78

Del cuadro 4.7 observando podemos deducir que la variación dimensional para la ladrillera K1 son 1.83%, 3.78% y 6.02% para el largo, ancho y altura respectivamente, respecto a las medidas indicadas por el fabricante al momento de la compra o al momento de realizar las medidas de las gaveras.

Cuadro 4.8: *Resultados de la medición de ladrillos de la fábrica K2*

<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL</b>	<b>LARGO</b>				<b>ANCHO</b>				<b>ALTURA</b>			
	<b>ESPECIMEN</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>
<b>K2 - 1</b>	226.00	223.00	222.00	220.00	112.00	112.00	112.70	111.60	79.00	75.80	77.80	79.70
<b>K2 - 2</b>	222.00	219.00	220.00	219.00	110.90	112.60	110.30	112.50	79.80	77.60	78.60	78.40
<b>K2 - 3</b>	219.00	220.00	217.00	219.00	110.80	109.40	110.00	110.70	76.80	81.90	78.90	80.00
<b>K2 - 4</b>	222.00	224.00	221.00	224.00	112.50	114.00	111.90	112.50	79.60	78.50	79.20	78.80
<b>K2 - 5</b>	222.00	223.00	221.00	224.00	112.30	113.70	111.90	112.50	77.80	79.30	79.30	79.92
<b>K2 - 6</b>	221.00	220.00	220.00	220.00	112.60	113.30	112.00	112.10	77.30	78.10	78.00	78.60
<b>K2 - 7</b>	215.00	218.00	219.00	218.00	110.50	112.00	113.40	110.00	75.60	81.00	80.40	79.00
<b>K2 - 8</b>	220.00	219.00	219.00	218.00	109.30	111.00	110.50	109.00	78.40	78.12	78.50	78.90
<b>K2 - 9</b>	222.00	226.00	225.00	225.00	111.40	112.50	111.20	110.80	77.00	78.70	79.10	77.80
<b>K2 - 10</b>	219.00	220.00	220.00	219.00	111.30	112.10	111.30	111.20	77.00	81.20	80.00	79.00

En el cuadro 4.8 se puede observar las medidas realizadas a los 10 especímenes de la fábrica ladrillera K2.

Cuadro 4.9: *Promedios de la medición de ladrillos de la fábrica K2*

ESPECIMEN	K2-1	K2-2	K2-3	K2-4	K2-5	K2-6	K2-7	K2-8	K2-9	K2-10
<b>Longitud promedio (Lp) (mm)</b>	222.75	220.00	218.75	222.75	222.50	220.25	217.50	219.00	224.50	219.50
<b>Ancho promedio (Ap) (mm)</b>	112.08	111.58	110.23	112.73	112.60	112.50	111.48	109.95	111.48	111.48
<b>Altura promedio (Hp) (mm)</b>	78.08	78.60	79.40	79.03	79.08	78.00	79.00	78.48	78.15	79.30

Cuadro 4.10: *Datos estadísticos y resultados de la ladrillera K2*

	LARGO	ANCHO	ALTURA
<b>Medida promedio (mm)</b>	220.75	111.61	78.71
<b>Medida del fabricante (mm)</b>	230.00	119.00	85.00
<b>Desviación estándar :</b>	2.24	0.94	0.52
<b>Variación dimensional (%)</b>	4.02	6.21	7.40
<b>Coefficiente de varianza (%)</b>	1.01	0.84	0.66

Como se observa en el cuadro 4.10 ningún ladrillo cumple con lo que dice el fabricante o con las medidas de las gaveras realizadas, este hecho, sabemos que depende de la materia prima y de las condiciones del secado y quemado es donde que la unidad de albañilería se contrae, en esta fábrica las variaciones dimensionales son 4.02%, 6.21% y 7.40% para el largo, ancho y altura respectivamente.

Cuadro 4.11: Resultados de la medición de ladrillos de la fábrica P1

VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO				ANCHO				ALTURA			
ESPECIMEN	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
P1 - 1	224.00	223.00	219.00	220.00	112.52	113.40	111.98	111.40	80.32	80.14	80.94	80.42
P1 - 2	221.00	222.00	222.00	223.00	111.82	112.60	112.54	111.98	80.00	79.98	79.10	79.22
P1 - 3	221.00	222.00	224.00	222.00	111.96	112.00	111.98	112.28	81.00	78.90	78.10	80.80
P1 - 4	223.00	223.00	222.00	223.00	111.90	112.70	112.18	112.34	78.92	81.52	79.30	79.64
P1 - 5	221.00	223.00	224.00	224.00	113.52	114.50	113.00	112.70	76.80	80.70	78.90	78.50
P1 - 6	222.00	221.00	221.00	221.00	112.10	113.00	111.40	112.10	80.40	81.60	81.30	80.90
P1 - 7	224.00	222.00	224.00	223.00	111.20	112.00	112.40	111.20	80.60	81.70	80.50	77.70
P1 - 8	222.00	221.00	220.00	221.00	112.50	111.10	112.70	111.80	80.00	79.52	79.60	80.50
P1 - 9	222.00	223.00	223.00	223.00	111.50	112.70	113.40	113.10	79.40	80.60	79.10	80.00
P1 - 10	222.00	225.00	227.00	226.00	113.90	115.00	114.00	114.52	81.60	76.60	79.00	80.60

En el cuadro 4.11 se puede observar las medidas realizadas a los 10 especímenes de la fábrica ladrillera P1.

Cuadro 4.12: Promedios de la medición de ladrillos de la fábrica P1

ESPECIMEN	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	P1-6	P1-7	P1-8	P1-9	P1-10
Longitud promedio (Lp) (mm)	221.50	222.00	222.25	222.75	223.00	221.25	223.25	221.00	222.75	225.00
Ancho promedio (Ap) (mm)	112.33	112.24	112.06	112.28	113.43	112.15	111.70	112.03	112.68	114.36
Altura promedio (Hp) (mm)	80.46	79.58	79.70	79.85	78.73	81.05	80.13	79.91	79.78	79.45



Cuadro 4.13: *Datos estadísticos y resultados de la ladrillera P1*

	<b>LARGO</b>	<b>ANCHO</b>	<b>ALTURA</b>
<b>Medida promedio (mm)</b>	222.48	112.52	79.86
<b>Medida del fabricante (mm)</b>	238.00	119.00	90.00
<b>Desviación estándar :</b>	1.17	0.79	0.62
<b>Variación dimensional (%)</b>	6.52	5.44	11.27
<b>Coefficiente de varianza (%)</b>	0.53	0.71	0.77

Como se observa en el cuadro 4.13 en esta fábrica ladrillera P1 las variaciones dimensionales son 6.52%, 5.44% y 11.27% para el largo, ancho y altura respectivamente.

Cuadro 4.14: *Resultados de la medición de ladrillos de la fábrica P2*

<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL</b>	<b>LARGO</b>				<b>ANCHO</b>				<b>ALTURA</b>			
	<b>ESPECIMEN</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>
<b>P2 - 1</b>	219.00	220.00	218.00	218.00	112.00	111.80	111.94	111.10	78.80	76.80	76.80	77.00
<b>P2 - 2</b>	220.00	220.00	220.00	219.00	114.30	112.50	114.30	112.60	77.00	79.80	79.40	79.00
<b>P2 - 3</b>	219.00	219.00	218.00	217.00	116.10	113.10	114.00	117.40	80.00	77.20	79.10	78.40
<b>P2 - 4</b>	223.00	220.00	218.00	220.00	112.30	112.20	112.10	113.00	81.30	78.10	80.30	79.20
<b>P2 - 5</b>	220.00	221.00	219.00	222.00	113.20	113.00	114.30	111.50	81.10	82.10	80.10	80.10
<b>P2 - 6</b>	222.00	222.00	224.00	224.00	113.36	113.50	113.30	113.10	79.20	81.40	80.00	79.30
<b>P2 - 7</b>	222.00	222.00	222.00	221.00	112.60	113.10	111.60	111.50	79.80	82.40	81.80	81.80
<b>P2 - 8</b>	222.00	220.00	221.00	221.00	111.90	111.40	111.54	112.90	81.20	79.20	80.30	80.20
<b>P2 - 9</b>	223.00	220.00	222.00	224.00	113.40	111.60	112.80	112.70	81.40	79.10	79.60	79.80
<b>P2 - 10</b>	221.00	220.00	222.00	222.00	112.10	114.10	113.10	114.80	80.10	79.80	79.70	79.60

En el cuadro 4.14 se puede observar las medidas realizadas a los 10 especímenes de la fábrica ladrillera P2.

Cuadro 4.15: *Promedios de la medición de ladrillos de la fábrica P2*

ESPECIMEN	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	P2-7	P2-8	P2-9	P2-10
<b>Longitud promedio (Lp) (mm)</b>	218.75	219.75	218.25	220.25	220.50	223.00	221.75	221.00	222.25	221.25
<b>Ancho promedio (Ap) (mm)</b>	111.71	113.43	115.15	112.40	113.00	113.32	112.20	111.94	112.63	113.53
<b>Altura promedio (Hp) (mm)</b>	77.35	78.80	78.68	79.73	80.85	79.98	81.45	80.23	79.98	79.80

Cuadro 4.16: *Datos estadísticos y resultados de la ladrillera P2*

	LARGO	ANCHO	ALTURA
<b>Medida promedio (mm)</b>	220.68	112.93	79.68
<b>Medida del fabricante (mm)</b>	230.00	118.00	85.00
<b>Desviación estándar :</b>	1.50	1.00	1.16
<b>Variación dimensional (%)</b>	4.05	4.30	6.26
<b>Coefficiente de varianza (%)</b>	0.68	0.89	1.46

Como se observa en el cuadro 4.16 en esta fábrica ladrillera P2 las variaciones dimensionales son 4.05%, 4.30% y 6.26% para el largo, ancho y altura respectivamente.

Mostramos en la siguiente tabla una consolidación de los resultados de la variación dimensional y se compara con la norma e.070 de albañilería 2006.

Cuadro 4.17: *Clasificación según norma de acuerdo a la variación dimensional*

<b>Fabrica ladrillera</b>	<b>L (mm)</b>	<b>L (%)</b>	<b>a(mm)</b>	<b>a (%)</b>	<b>h(mm)</b>	<b>h (%)</b>	<b>Clasificación de norma</b>
William Antialón (K1)	225.80	1.83	114.50	3.78	79.88	6.02	TIPO II
Hector Lobatón Barboza (K2)	220.75	1.89	111.61	2.95	78.71	7.40	TIPO I
Rubén Tinco (P1)	222.48	6.52	112.52	5.44	79.86	11.27	NO CLASIFICA
Delia Salcedo (P2)	220.68	4.05	112.93	4.30	79.68	6.26	NO CLASIFICA

En el cuadro 4.17 se observa que las ladrilleras P1 y P2 no clasifican debido a que la variación dimensional en altura en el caso P1 es 11.27% ya no pertenece ni al tipo I y también en la variación dimensional de longitud 6.52% no pertenece ni al tipo I y en P2 la variación dimensional 4.05% no pertenece ni al tipo I.

Se observa también que la ladrillera K1 tiene mayores dimensiones en comparación que el resto de ladrilleras.

En el cuadro 4.17 se realizó la clasificación utilizando el criterio más desfavorable, por ejemplo en la ladrillera K1 de acuerdo a la longitud promedio y su variación dimensional correspondiente 1.83% clasifica como tipo IV, de acuerdo al ancho promedio y su variación dimensional respectiva 3.78% clasifica como tipo III, de acuerdo a la altura promedio y su variación dimensional respectiva 6.02% clasifica como tipo II, por lo que tomando el criterio más desfavorable queda como tipo II.

Según la norma E.070 2006 nos indica que el espesor de la juntas horizontal y vertical serán como mínimo 10mm (1cm) y como máximo 15mm (1.5cm) o dos veces la tolerancia dimensional (desviación estándar) en la altura de la unidad de albañilería más 4mm, lo que sea mayor.

(San Bartolomé, 1998) Nos refiere que la prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de albañilería. Y debe hacerse saber que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; así mismo disminuye la resistencia a corte de la albañilería.

Cuadro 4.18: *Espesores de la junta horizontal y vertical de acuerdo a la desviación estándar*

<b>Fabrica ladrillera</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Junta calculada = 4mm + 2* (mm)</b>
<b>William Antialón (K1)</b>	1.42	6.84
<b>Hector Lobatón Barboza (K2)</b>	0.52	5.04
<b>Rubén Tinco (P1)</b>	0.62	5.23
<b>Delia Salcedo (P2)</b>	1.16	6.33

De acuerdo al cuadro 4.18 el que requiere menor espesor de junta son los ladrillos de K2 con 5.04mm, y el mayor son los ladrillos de K1 con 6.84mm, pudiendo usar estas juntas con estos ladrillos.

### 4.3.2. Alabeo

En las tablas siguientes se muestran los resultados obtenidos del alabeo practicado a las 4 fábricas ladrilleras nombradas como K1, K2, P1 Y P2.

Cuadro 4.19: *Resultados de la medición del alabeo a las muestras K1*

UNIDAD	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
K1 - 1	4	
K1 - 2	3	
K1 - 3		2
K1 - 4	3	
K1 - 5	1	
K1 - 6		4
K1 - 7		3
K1 - 8	4	
K1 - 9	2	
K1 - 10	3	

Cuadro 4.20: *Resultados de la medición del alabeo a las muestras K2*

UNIDAD	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
K2 - 1	4	
K2 - 2	3	
K2 - 3	3	
K2 - 4		2
K2 - 5	2	
K2 - 6		1
K2 - 7	3	
K2 - 8	4	
K2 - 9		2
K2 - 10	2	

Cuadro 4.21: *Resultados de la medición del alabeo a las muestras P1*

UNIDAD	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
P1 - 1		2
P1 - 2		1
P1 - 3		4
P1 - 4		3
P1 - 5		2
P1 - 6		3
P1 - 7	3	
P1 - 8		1
P1 - 9	4	
P1 - 10	1	

Cuadro 4.22: *Resultados de la medición del alabeo a las muestras P2*

UNIDAD	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
P2 - 1	4	
P2 - 2		3
P2 - 3		2
P2 - 4		1
P2 - 5		3
P2 - 6		3
P2 - 7		4
P2 - 8		2
P2 - 9		5
P2 - 10	1	

Cuadro 4.23: *Clasificación según norma de acuerdo al alabeo*

Fabrica ladrillera	Alabeo máximo (mm)	Clasificación según norma
William Antialón (K1)	4.00	TIPO IV
Hector Lobatón Barboza (K2)	4.00	TIPO IV
Rubén Tinco (P1)	4.00	TIPO IV
Delia Salcedo (P2)	5.00	TIPO III

En el cuadro 4.23 se puede observar que el alabeo es moderado como se puede ver llegan a clasificar hasta clase III y clase IV.

Controlar el alabeo del ladrillo es muy importante ya que conduce a un mayor espesor de la junta, asimismo puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).

### 4.3.3. Absorción

Tenemos la absorción por espécimen:

Cuadro 4.24: *Absorción de los especímenes de la muestra K1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	ABSORCIÓN (%)
K1 - 1	1707.00	1968.50	15.32
K1 - 2	1648.50	1911.00	15.92
K1 - 3	1575.50	1849.50	17.39
K1 - 4	1646.00	1920.50	16.68
K1 - 5	1693.00	1954.00	15.42

En el cuadro 4.24 observamos que estos ladrillos tienen una absorción moderada, siendo su máximo valor 17.39% y es menor que el límite permitido por la norma que es 22%.

Cuadro 4.25: *Absorción de los especímenes de la muestra K2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	ABSORCIÓN (%)
K2 - 1	1410.00	1718.50	21.88
K2 - 2	1447.50	1766.50	22.04
K2 - 3	1517.00	1850.50	21.98
K2 - 4	1472.00	1804.00	22.55
K2 - 5	1386.00	1698.00	22.51

En el cuadro 4.25 observamos que la absorción de los ladrillos es muy alta en la mayoría de los casos sobrepasando los límites permitidos en la E.070 de albañilería 2006 y el resto muy cercana al límite permitido.

Cuadro 4.26: *Absorción de los especímenes de la muestra P1*

<b>UNIDAD</b>	<b>PESO SECO (g)</b>	<b>PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>
<b>P1 - 1</b>	1568.00	1888.00	20.41
<b>P1 - 2</b>	1460.00	1775.50	21.61
<b>P1 - 3</b>	1480.50	1828.00	23.47
<b>P1 - 4</b>	1435.50	1763.50	22.85
<b>P1 - 5</b>	1405.00	1726.50	22.88

En el cuadro 4.26 se observa que la absorción de las unidades ensayadas es alta, sobrepasándose el límite permitido por la norma y algunas muy cercanas a la norma.

Cuadro 4.27: *Absorción de los especímenes de la muestra P2*

<b>UNIDAD</b>	<b>PESO SECO (g)</b>	<b>PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>
<b>P2 - 1</b>	1507.00	1821.50	20.87
<b>P2 - 2</b>	1530.50	1842.50	20.39
<b>P2 - 3</b>	1449.50	1736.50	19.80
<b>P2 - 4</b>	1508.50	1824.00	20.91
<b>P2 - 5</b>	1476.50	1774.00	20.15

En el cuadro 4.27 se observa que la absorción de las unidades pertenecientes a la P2 es alta, pero no sobrepasan los límites permitidos por la norma, pero cercanas al límite permitido por la norma e.070 albañilería 2006.



Cuadro 4.28: *Promedio de las absorciones de las 4 muestras*

<b>MUESTRA</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>
<b>K1</b>	16.15
<b>K2</b>	22.19
<b>P1</b>	22.24
<b>P2</b>	20.42

La absorción es muy importante porque allí podemos intuir que ladrillo o fabrica tiene en sus ladrillos un mayor porcentaje de vacíos.

Según la E.070 albañilería – 2006 nos indica que la absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%.

Observando los cuadros 4.24, 4.25, 4.26 y 4.27 notamos cierta homogeneidad en los resultados obtenidos de absorciones en las muestras.

En el cuadro 4.28 observamos que la K1 y P2 cumplen con las exigencias de la norma E.070 albañilería en cuanto a la absorción y la K2 y P1 no cumplen con la exigencia de la norma peruana.

Teniendo en cuenta que son ladrillos artesanales es común ver estos resultados altos en la absorción debido a que en el proceso de moldeo la mezcla no ha sido prensada utilizando medios mecánicos, lo que origina una masa con mayor porosidad y con un rango de variación amplio, que depende del grado de compactación manual que se le dé a la mezcla, podría decirse que la capacidad de absorción se relaciona con la propiedad de la porosidad de las unidades de arcilla (Barranzuela, 2014)

La absorción es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería (Aguirre, 2004).

#### 4.3.4. Absorción máxima

Tenemos las absorciones máximas de las 4 fábricas ladrilleras.

Cuadro 4.29: *Absorciones máximas de los especímenes de la muestra K1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	ABSORCIÓN (%)
K1 - 1	1707.00	2045.00	19.80
K1 - 2	1648.50	1970.00	19.50
K1 - 3	1575.50	1907.00	21.04
K1 - 4	1646.00	1997.00	21.32
K1 - 5	1693.00	2035.00	20.20

Cuadro 4.30: *Absorciones máximas de los especímenes de la muestra K2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	ABSORCIÓN (%)
K2 - 1	1410.00	1775.00	25.89
K2 - 2	1447.50	1825.50	26.11
K2 - 3	1517.00	1908.50	25.81
K2 - 4	1472.00	1863.50	26.60
K2 - 5	1386.00	1758.50	26.88

Cuadro 4.31: *Absorciones máximas de los especímenes de la muestra P1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	ABSORCIÓN (%)
P1 - 1	1568.00	1950.00	24.36
P1 - 2	1460.00	1826.50	25.10
P1 - 3	1480.50	1886.00	27.39

<b>P1 - 4</b>	1435.50	1822.50	26.96
<b>P1 - 5</b>	1405.00	1783.00	26.90

Cuadro 4.32: *Absorciones máximas de los especímenes de la muestra P2*

<b>UNIDAD</b>	<b>PESO SECO (g)</b>	<b>PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>
<b>P2 - 1</b>	1507.00	1865.50	23.79
<b>P2 - 2</b>	1530.50	1893.50	23.72
<b>P2 - 3</b>	1449.50	1787.50	23.32
<b>P2 - 4</b>	1508.50	1863.00	23.50
<b>P2 - 5</b>	1476.50	1825.00	23.60

Cuadro 4.33: *Promedio de las absorciones máximas de las 4 muestras*

<b>MUESTRA</b>	<b>ABSORCIÓN (%)</b>
<b>K1</b>	20.37
<b>K2</b>	26.26
<b>P1</b>	26.14
<b>P2</b>	23.59

La absorción máxima, es la medida de la cantidad de agua que pueda contener una unidad saturada. (Aguirre,2004).

Observando las absorciones máximas, todas son superiores a la absorción, observando el cuadro 4.33 vemos que la menor absorción máxima es la de K1 y la mayor es de K2.

Estos valores altos de la absorción máxima indican que los ladrillos se la zona de estudio (K2, P1 y P2) deben ser utilizados con una protección (tarrajeo) más aún si van a estar en permanente contacto con agua o tierra (Alfaro, 2007).

#### 4.3.5. Coeficiente de saturación

Tenemos el coeficiente de saturación de las 4 muestras:

Cuadro 4.34: *Coeficiente de saturación de los especímenes de la muestra K1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	COEFICIENTE DE SATURACION (%)
K1 - 1	1707.00	1968.50	2045.00	0.77
K1 - 2	1648.50	1911.00	1970.00	0.82
K1 - 3	1575.50	1849.50	1907.00	0.83
K1 - 4	1646.00	1920.50	1997.00	0.78
K1 - 5	1693.00	1954.00	2035.00	0.76

En el cuadro 4.34 observamos que el coeficiente de saturación varía de 0.76% a 0.83% estando dentro del límite permitido, donde San Bartolomé (1998) indica que las unidades de albañilería con coeficiente de saturación mayores a 0.85 son demasiado absorbentes.

Cuadro 4.35: *Coeficiente de saturación de los especímenes de la muestra K2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	COEFICIENTE DE SATURACION (%)
K2 - 1	1410.00	1718.50	1775.00	0.85
K2 - 2	1447.50	1766.50	1825.50	0.84
K2 - 3	1517.00	1850.50	1908.50	0.85
K2 - 4	1472.00	1804.00	1863.50	0.85
K2 - 5	1386.00	1698.00	1758.50	0.84

En el cuadro 4.35 los resultados correspondientes a la K2, están en el límite o muy cercanos por lo que tienen un coeficiente de saturación altos.

Cuadro 4.36: *Coefficiente de saturación de los especímenes de la muestra P1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	COEFICIENTE DE SATURACION (%)
P1 - 1	1568.00	1888.00	1950.00	0.84
P1 - 2	1460.00	1775.50	1826.50	0.86
P1 - 3	1480.50	1828.00	1886.00	0.86
P1 - 4	1435.50	1763.50	1822.50	0.85
P1 - 5	1405.00	1726.50	1783.00	0.85

Cuadro 4.37: *Absorciones máximas de los especímenes de la muestra P2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SATURADO EN AGUA FRIA (g)	PESO SATURADO EN AGUA CALIENTE (g)	COEFICIENTE DE SATURACION (%)
P2 - 1	1507.00	1821.50	1865.50	0.88
P2 - 2	1530.50	1842.50	1893.50	0.86
P2 - 3	1449.50	1736.50	1787.50	0.85
P2 - 4	1508.50	1824.00	1863.00	0.89
P2 - 5	1476.50	1774.00	1825.00	0.85

Cuadro 4.38: *Promedio de coeficiente de saturación de las 4 muestras*

MUESTRA	COEFICIENTE DE SATURACIÓN (%)
K1	0.79
K2	0.85
P1	0.85
P2	0.87

(San Bartolomé, 1998) Señala que el coeficiente de saturación es una medida de la durabilidad de la unidad y las unidades de albañilería con coeficientes de saturación mayores que 0.85, son demasiado absorbentes (muy porosas) y por lo tanto poco durables.

Observando el cuadro 4.38 vemos que la K1 es la que cumple con la condición dada por San Bartolomé, 1998, y K2 y P1 están en el límite, pero cumpliendo, y la P2 no cumple con la condición tiene 0.87% de coeficiente de saturación, por lo que produce ladrillos muy absorbentes.

El coeficiente de saturación es una medida de la facilidad con que una unidad puede saturarse con agua (Aguirre, 2004).

El coeficiente de saturación debe de tener un valor de 0.88% máximo para tener una adecuada resistencia en climas con intemperismo moderado y absorción máxima de 22% (Gallegos y Casabone, 2005).

Cabe indicar que de acuerdo a Gallegos y Casabone, estamos dentro de lo permitido y que por lo tanto las ladrilleras tienen una resistencia adecuada a climas con intemperismo moderado.

#### 4.3.6. Succión (periodo inicial de absorción)

Tenemos la succión de las 4 muestras:

Cuadro 4.39: *Succiones de los especímenes de la muestra K1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUCCIONADO (g)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	SUCCIÓN (gr/200-cm <sup>2</sup> -min)
K1 - 1	3327.00	3382.50	115.00	222.00	255.30	43.48
K1 - 2	3297.50	3351.50	114.50	223.00	255.34	42.30
K1 - 3	3246.00	3315.50	113.00	222.50	251.43	55.28
K1 - 4	3361.50	3466.00	113.50	226.50	257.08	81.30
K1 - 5	3460.00	3534.00	116.00	224.00	259.84	56.96

Según el cuadro 4.39 vemos que los valores de succión son dispersos y además los ladrillos de K1 necesitan un tratamiento previo antes del asentado, para no generar uniones pobres entre mortero y ladrillo.

Cuadro 4.40: *Succiones de los especímenes de la muestra K2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUCCIONADO (g)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	SUCCIÓN (gr/200-cm <sup>2</sup> -min)
K2 - 1	2899.00	2977.00	112.00	223.00	249.76	62.46
K2 - 2	2813.00	2908.50	111.50	219.50	244.74	78.04
K2 - 3	2794.50	2884.50	110.50	221.00	244.21	73.71
K2 - 4	2765.50	2850.50	111.50	218.00	243.07	69.94
K2 - 5	2890.50	2976.00	113.00	220.00	248.60	68.79

Cuadro 4.41: *Succiones de los especímenes de la muestra P1*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUCCIONADO (g)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	SUCCIÓN (gr/200-cm <sup>2</sup> -min)
P1 - 1	2874.00	2978.00	112.50	221.00	248.63	83.66
P1 - 2	3088.00	3200.00	111.50	219.00	244.19	91.73
P1 - 3	3014.00	3125.00	112.00	224.00	250.88	88.49
P1 - 4	2982.00	3079.50	115.00	222.00	255.30	76.38
P1 - 5	3163.50	3255.50	114.50	221.00	253.05	72.71

Cuadro 4.42: *Succiones de los especímenes de la muestra P2*

UNIDAD	PESO SECO (g)	PESO SUCCIONADO (g)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	SUCCIÓN (gr/200-cm <sup>2</sup> -min)
P2 - 1	3054.50	3109.50	113.00	219.00	247.47	44.45
P2 - 2	3031.50	3105.50	112.50	218.00	245.25	60.35
P2 - 3	3056.50	3134.50	115.00	222.00	255.30	61.10
P2 - 4	3062.50	3127.00	111.50	220.00	245.30	52.59
P2 - 5	3078.00	3137.50	114.00	223.00	254.22	46.81

Cuadro 4.43: *Promedio de la succión de las 4 muestras*

MUESTRA	SUCCIÓN (gr/200-cm <sup>2</sup> -min)
K1	55.86
K2	70.59
P1	82.60
P2	53.06

La succión es la propiedad que nos va a permitir uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo. Unidades de albañilería que presenten capacidad de succión mayores a 20gr/200cm<sup>2</sup>/minuto necesitan saturarse antes del asentado (Alfaro, 2007).

San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) recomienda y menciona que la succión de las unidades antes de asentarlas debe estar comprendida entre 10 y 20 gr/200 – cm<sup>2</sup> -minuto, de lo contrario succionarán rápidamente el agua del mortero, endureciéndolo. En su estado natural los ladrillos artesanales tienen 80gr/(200cm<sup>2</sup>-min), por lo que requieren un tratamiento previo al asentado.

De acuerdo al cuadro 4.43 vemos que la succión más baja la tiene P2 con 53.06gr/200cm<sup>2</sup>/minuto y la más alta el P1 con 82.60gr/200cm<sup>2</sup>/minuto, pero en general todas las ladrilleras necesitan saturarse o realizar un tratamiento previo para llegar a lo indicado 10 y 20 gr/200 – cm<sup>2</sup> -minuto por San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011).

#### 4.3.7. Eflorescencia

Tenemos la eflorescencia de las 4 muestras:

Cuadro 4.44: *Eflorescencia de los especímenes de la muestra K1*

MUESTRA	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	DESCRIPCIÓN
K1 - 1	No eflorescente	K1 - 6	Ligeramente eflorescente
K1 - 2	Ligeramente eflorescente	K1 - 7	Ligeramente eflorescente
K1 - 3	Ligeramente eflorescente	K1 - 8	Ligeramente eflorescente
K1 - 4	Ligeramente eflorescente	K1 - 9	Ligeramente eflorescente
K1 - 5	No eflorescente	K1 - 10	Ligeramente eflorescente



Cuadro 4.45: *Eflorescencia de los especímenes de la muestra K2*

<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>K2 - 1</b>	Ligeramente eflorescente	<b>K2 - 6</b>	Ligeramente eflorescente
<b>K2 - 2</b>	Ligeramente eflorescente	<b>K2 - 7</b>	Ligeramente eflorescente
<b>K2 - 3</b>	No eflorescente	<b>K2 - 8</b>	Ligeramente eflorescente
<b>K2 - 4</b>	Ligeramente eflorescente	<b>K2 - 9</b>	No eflorescente
<b>K2 - 5</b>	Ligeramente eflorescente	<b>K2 - 10</b>	Ligeramente eflorescente

Cuadro 4.46: *Eflorescencia de los especímenes de la muestra P1*

<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>P1 - 1</b>	Ligeramente eflorescente	<b>P1 - 6</b>	No eflorescente
<b>P1 - 2</b>	Ligeramente eflorescente	<b>P1 - 7</b>	Ligeramente eflorescente
<b>P1 - 3</b>	No eflorescente	<b>P1 - 8</b>	Ligeramente eflorescente
<b>P1 - 4</b>	Ligeramente eflorescente	<b>P1 - 9</b>	Ligeramente eflorescente
<b>P1 - 5</b>	Ligeramente eflorescente	<b>P1 - 10</b>	Ligeramente eflorescente

Cuadro 4.47: *Eflorescencia de los especímenes de la muestra P2*

<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>P2 - 1</b>	No eflorescente	<b>P2 - 6</b>	Ligeramente eflorescente
<b>P2 - 2</b>	ligeramente eflorescente	<b>P2 - 7</b>	ligeramente eflorescente
<b>P2 - 3</b>	Ligeramente eflorescente	<b>P2 - 8</b>	Ligeramente eflorescente
<b>P2 - 4</b>	No eflorescente	<b>P2 - 9</b>	No eflorescente
<b>P2 - 5</b>	ligeramente eflorescente	<b>P2 - 10</b>	ligeramente eflorescente

San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) Menciona que la eflorescencia se debe a la presencia de sales (básicamente sulfatos) en la misma unidad o en la arena del mortero, que atacan químicamente a la unidad, afectando su durabilidad, su adherencia con el mortero y destruyendo su superficie. Se produce cuando las sales se derriten al entrar en contacto con agua y afloran por los poros de la unidad o del mortero hacia la superficie.

Cuando la eflorescencia es ligera, su efecto es sobre la apariencia de la albañilería, mas no en su durabilidad ni en su resistencia. Por el contrario, si la eflorescencia es severa las sales

solubles que cristalizan en la superficie del ladrillo comienzan a desintegrarlo llevando a pérdidas en su resistencia y durabilidad (Barranzuela, 2014).

Si la unidad de albañilería forma parte de un muro y no llega a entrar en contacto con el agua, las sales contenidas en la unidad no tienen efecto en la resistencia a la compresión ni en la durabilidad. Sin embargo, si el muro se humedece, la formación de las sales puede producir fisuramiento y rompimiento de la unidad, con la consecuente pérdida de masa o la pérdida de la integridad por agrietamiento lo que afecta a la resistencia de compresión (Barranzuela, 2014).

La muestra K1 según lo observado es ligeramente eflorecida, K2 ligeramente eflorecida, P1 ligeramente eflorecida y P2 se observan especímenes no eflorecidas y ligeramente eflorecidas, por lo que se concluye la eflorescencia en las ladrilleras de estudio solo afectaran en la apariencia de la albañilería.

#### 4.3.8. Resistencia a la compresión

se realizaron los ensayos en el laboratorio de tecnología de concreto de la UNSCH de la escuela de ingeniería civil.

Según la norma E.070 de la albañilería la resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería ( $f^*b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar ( ) al valor promedio de la muestra ( $fbp$ )

Cuadro 4.48: Resistencia a la compresión ( $fb$ ) de los especímenes de las 4 muestras

<b>MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>K1 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	77.04	75.81	75.00	82.34	63.18
<b>K2 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	47.49	57.68	54.82	46.26	52.38
<b>P1 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	51.36	45.04	42.90	54.72	41.17
<b>P2 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	59.71	69.80	59.71	57.68	41.17

En el cuadro 4.48 observamos la gran variabilidad en los resultados de las muestras en la fábrica K1 desde 63.18 kg/cm<sup>2</sup> a 82.04 kg/cm<sup>2</sup>, en K2 varía desde 46.26 kg/cm<sup>2</sup> a 57.68 kg/cm<sup>2</sup>, en P1 varía desde 41.17kg/cm<sup>2</sup> a 54.72 kg/cm<sup>2</sup> y en P2 varía desde 41.17 kg/cm<sup>2</sup> a 69.80 kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 4.49: Resistencia promedio, desviación estándar y resistencia característica por muestra

MUESTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO POR MUESTRAS $f_{bp}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	DESVIACION ESTANDAR	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA ( $f'_b = f_{bp} - $ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
K1	74.67	7.03	67.64
K2	51.73	4.83	46.90
P1	47.04	5.77	41.27
P2	57.61	10.34	47.27

Presentamos la siguiente tabla donde se comparó con la norma E.070 albañilería-2006 y clasificamos a las muestras de las fábricas ladrilleras.

Cuadro 4.50: Clasificación de acuerdo a la resistencia característica de las 4 muestras

MUESTRAS	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO ( $f'_b$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMA
K1	67.64	TIPO I
K2	46.90	NO CLASIFICA
P1	41.27	NO CLASIFICA
P2	47.27	NO CLASIFICA

En el cuadro 4.50 observamos que la ladrillera K1 clasifica como ladrillo TIPO I, faltándole muy poco para clasificar como tipo II, el resto de las ladrilleras no clasifican ni como tipo I, estando muy cerca de clasificar como tipo I la K2 y P2.

El tipo I tiene resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas (ITINTEC 331.017, 1978).

Debe hacerse notar que la resistencia a la compresión ( $f_b$ ) expresa solo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones (por ejemplo, a mayor resistencia mayor durabilidad) (San Bartolomé, 1994).

#### 4.4. Descripción de Resultados de la Albañilería

En cuanto a la albañilería se realizaron ensayos de pilas de 14 y 28 días en el laboratorio de tecnología de concreto de la UNSCH de la escuela de ingeniería civil, sólo se realizaron pilas de albañilería, no pudimos realizar muretes de albañilería por la razón de que la máquina universal de la UNSCH es pequeña para realizarlo y el demasiado costo que nos ocasionaría llevarlo a la ciudad de Lima.

Según la E.070 – 2006, las pilas podrán ensayarse a los 28 días, también pueden ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días; en este caso (menor a 28 días) la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la tabla siguiente:

Cuadro 4.51: *Incremento de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad*

EDAD		14 días	21 días
<b>Pilas</b>	ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.10	1.00
	ladrillos de arcilla	1.15	1.05
<b>Muretes</b>	Bloques de concreto	1.25	1.05

Fuente: E.070 albañilería – 2006

Usaremos el cuadro 4.51 ya que ensayaremos a los 14 días.

Cuadro 4.52

*Resistencia a la compresión de las pilas de albañilería a la edad de 14 días y Dosificación 1: 5 con sus arenas de asentar respectivos de cada ciudad.*

	1	2	3	4	5
<b>K1 (kg/cm2)</b>	36.38	35.46	45.65	68.88	44.33
<b>K2 (kg/cm2)</b>	42.19	39.74	27.21	36.48	37.50
<b>P1 (kg/cm2)</b>	24.15	26.70	31.79	29.35	33.12
<b>P2 (kg/cm2)</b>	42.08	51.77	55.94	42.90	44.33

En el cuadro 4.52 observamos la resistencia a compresión axial de las pilas a los 14 días de edad y vemos la variabilidad en sus resultados.

Cuadro 4.53

*Resistencia a la compresión de las pilas de albañilería multiplicada por el factor de corrección debida a la edad de 14 días.*

	1	2	3	4	5
<b>K1 (kg/cm2)</b>	46.29	56.95	61.53	47.19	48.76
<b>K2 (kg/cm2)</b>	46.41	43.71	29.93	40.13	41.25
<b>P1 (kg/cm2)</b>	26.57	29.37	34.97	32.29	36.43
<b>P2 (kg/cm2)</b>	40.02	39.01	50.22	75.77	48.76

Cuadro 4.54

*Resistencia a la compresión de las pilas de albañilería a la edad de 28 días y dosificación 1: 5 con sus arenas de asentar respectivos de cada ciudad.*

	1	2	3	4	5
<b>K1 (kg/cm2)</b>	49.22	52.68	50.44	49.83	48.40
<b>K2 (kg/cm2)</b>	37.30	50.75	45.04	43.31	44.02
<b>P1 (kg/cm2)</b>	32.40	27.21	34.14	35.87	33.22
<b>P2 (kg/cm2)</b>	43.61	28.53	33.73	44.02	44.63

Según la E.070 – 2006, el valor  $f'm$  (resistencia a la compresión axial característica) debe obtenerse contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma según la tabla.

Cuadro 4.55: *Factores de corrección debido a la esbeltez de las pilas*

<b>ESBELTEZ</b>	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
<b>FACTOR</b>	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Según la E.070 – 2006, la resistencia característica  $f'_m$  en pilas se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar:

tenemos para la edad de 14 días:

Cuadro 4.56: *Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra K1*

<b>Pila</b>	<b>fm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esbeltez=altura/espesor</b>	<b>coeficiente de corrección</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>K1-1</b>	46.29	2.432	0.790	36.57
<b>K1-2</b>	56.95	2.429	0.790	44.99
<b>K1-3</b>	61.53	2.414	0.788	48.49
<b>K1-4</b>	47.19	2.325	0.776	36.62
<b>K1-5</b>	48.76	2.381	0.783	38.18
			<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	40.97
			<b>desviación estándar</b>	5.45
			<b>Resistencia característica (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	35.52

De acuerdo al cuadro 4.56 tenemos la resistencia característica a la compresión axial de la pila de albañilería de 35.52 kg/cm<sup>2</sup>, esto obtenido luego de aplicarle el factor de corrección por la esbeltez de la pila.

Cuadro 4.57: *Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra K2*

<b>Pila</b>	<b>fm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Esbeltez=altura/espesor</b>	<b>coeficiente de corrección</b>	<b>f'm (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>K2-1</b>	46.41	2.302	0.772	35.83
<b>K2-2</b>	43.71	2.362	0.781	34.14
<b>K2-3</b>	29.93	2.396	0.785	23.50
<b>K2-4</b>	40.13	2.470	0.796	31.94
<b>K2-5</b>	41.25	2.357	0.780	32.18
			<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	31.52
			<b>desviación estándar</b>	4.75
			<b>Resistencia característica (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	26.76

Cuadro 4.58: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra P1

Pila	f'm (kg/cm2)	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f'm (kg/cm2)
P1-1	26.57	2.464	0.795	21.12
P1-2	29.37	2.403	0.786	23.08
P1-3	34.97	2.446	0.792	27.70
P1-4	32.29	2.383	0.784	25.31
P1-5	36.43	2.441	0.792	28.85
			<b>Promedio (kg/cm2)</b>	25.21
			<b>desviación estándar</b>	3.19
			<b>Resistencia característica (kg/cm2)</b>	22.02

Cuadro 4.59: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra P2

Pila	f'm (kg/cm2)	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f'm (kg/cm2)
P2-1	40.02	2.350	0.779	31.17
P2-2	39.01	2.360	0.780	30.42
P2-3	50.22	2.384	0.784	39.37
P2-4	75.77	2.335	0.777	58.87
P2-5	48.76	2.373	0.782	38.13
			<b>Promedio (kg/cm2)</b>	39.59
			<b>desviación estándar</b>	11.50
			<b>Resistencia característica (kg/cm2)</b>	28.10

Tenemos el cuadro que nos muestra la resistencia característica a compresión axial de las pilas promedio de las 4 fábricas ladrilleras.

Cuadro 4.60: Resistencia característica de las pilas de albañilería para la edad de 14 días

MUESTRA	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA PROMEDIO (kg/cm2)
K1	35.52
K2	26.76
P1	22.02
P2	28.10

Observando los resultados vemos que P2, K2 Y P1 no califican al de un ladrillo artesanal, pero sí la muestra K1 califica como ladrillos artesanales ya que tiene 35.52kg/cm<sup>2</sup> para este ensayo de pilas a los 14 días.

Tenemos para 28 días:

Cuadro 4.61: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra K1a los 28 días

Pila	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
K1-1	49.22	2.379	0.783	38.54
K1-2	52.68	2.330	0.776	40.88
K1-3	50.44	2.394	0.785	39.60
K1-4	49.83	2.361	0.781	38.92
K1-5	48.40	2.383	0.784	37.95
			<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	39.18
			<b>desviación estándar</b>	1.13
			<b>Resistencia característica (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	38.05

Cuadro 4.62: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra K2 a los 28 días

Pila	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )
K2-1	37.30	2.330	0.776	28.94
K2-2	50.75	2.383	0.784	39.79
K2-3	45.04	2.409	0.787	35.45
K2-4	43.31	2.380	0.783	33.91
K2-5	44.02	2.383	0.784	34.51
			<b>Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	34.52
			<b>desviación estándar</b>	3.88
			<b>Resistencia característica (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	30.65



Cuadro 4.63: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra P1 a los 28 días

Pila	f´m (kg/cm2)	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f´m (kg/cm2)
P1-1	32.40	2.477	0.797	25.82
P1-2	27.21	2.419	0.789	21.47
P1-3	34.14	2.468	0.796	27.18
P1-4	35.87	2.428	0.790	28.34
P1-5	33.22	2.371	0.782	25.98
<b>Promedio (kg/cm2)</b>				25.76
<b>desviación estándar</b>				2.60
<b>Resistencia característica (kg/cm2)</b>				23.15

Cuadro 4.64: Resistencia característica de la pila de albañilería de la muestra P2 a los 28 días

Pila	f´m (kg/cm2)	Esbeltez=altura/espesor	coeficiente de corrección	f´m (kg/cm2)
P2-1	43.61	2.474	0.796	34.71
P2-2	28.53	2.436	0.791	22.57
P2-3	33.73	2.405	0.787	26.55
P2-4	44.02	2.458	0.794	34.95
P2-5	44.63	2.401	0.786	35.08
<b>Promedio (kg/cm2)</b>				30.77
<b>desviación estándar</b>				5.85
<b>Resistencia característica (kg/cm2)</b>				24.92

Cuadro 4.65: Resistencia característica de las pilas de albañilería para la edad de 28 días

MUESTRA	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA PROMEDIO (kg/cm2)
K1	38.05
K2	30.65
P1	23.15
P2	24.92

Observando los resultados vemos que K2, P1 Y P2 no califican al de un ladrillo artesanal, pero sí la muestra K1 califica como ladrillos artesanales ya que tiene 38.05kg/cm2 para este ensayo de pilas a los 28 días.



*Figura 4.1:* Muestra la forma de falla de las pilas de albañilería K2. *Fuente propia.*

De acuerdo a la figura 4.1 el tipo de falla predominante es el agrietamiento o fisuramiento vertical, seguido de un descascaramiento no predominante y terminando en un aplastamiento en la parte superior. Esta grieta vertical que atravesó los ladrillos y el mortero indica que las unidades de albañilería tienen una mayor resistencia que el mortero, si fuera el caso inverso las fallas se hubieran presentado en las unidades de albañilería por aplastamiento.



*Figura 4.2:* Muestra la forma de falla de las pilas de albañilería K1. *Fuente propia.*

El comportamiento y el tipo de falla de las pilas ante cargas axiales están influenciadas por la interacción que desarrolla entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez, entonces al ser sometidos al mismo esfuerzo normal y al estar integrado los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringe las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciéndoles esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a las grietas verticales (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).



*Figura 4.3:* Muestra la forma de falla de las pilas de albañilería P2. *Fuente propia.*

La falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidades y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral, causada por la compresión aplicada. En cambio, las fallas por trituración de la unidad son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla por lo general se presenta cuando se utilizan unidades huecas. Por

lo general las fallas en las pilas aparecen de forma brusca, dado que se trata de materiales frágiles no reforzados. (San Bartolomé, Quiun y Silva, 2011).



*Figura 4.4:* Muestra la forma de falla de las pilas de albañilería P1. *Fuente propia.*

En conclusión, estas unidades tienen una falla ideal, ya que su falla es de agrietamiento vertical, lo que indica además que el ladrillo es más resistente que el mortero utilizado.

## CAPITULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

##### 5.1.1. Materia prima

1. La materia prima de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos por tamizado y sedimentación se puede afirmar que están dentro del rango propuesto por Robusté (1969) y se puede considerar como una buena materia prima.

2. En el análisis granulométrico por tamizado se observa que existe grava en las muestras de K1, K2 Y P1, por lo que es muy necesario el zarandeo o tamizado de la materia prima antes de utilizarlas ya que la presencia de estas reduce la calidad del producto final del ladrillo.
3. La materia prima con las que se cuenta en K1, K2 y P2 son arcillas inorgánicas CL y en P1 se tiene un tipo de suelo CL-ML un suelo un suelo arcilloso limoso inorgánico todo esto de acuerdo a la clasificación SUCS.

### **5.1.2. Unidad de Albañilería**

1. De acuerdo al ensayo de variación dimensional la muestra K1 clasifica como tipo II y la K2 como tipo I y la P1 y P2 no clasifican.
2. En cuanto al alabeo las 4 muestras tienen características muy aceptables ya que la K1, K2 y P1 clasifican como tipo IV y la P2 clasifican como tipo III.
3. En cuanto a la absorción la norma E.070 de albañilería nos indica que no debe ser mayor a 22% (o sea máximo 22%), la muestra K1 tiene un promedio de 16.15% y la P2 que tiene 20.42% están dentro del rango propuesto por la norma E.070, la K2 y P1 tienen 22.19 y 22.24% que sobrepasan muy ligeramente lo indicado por la norma.
4. En cuanto a la resistencia característica de compresión tenemos que la muestra K1 clasifica como tipo I, y está muy cerca de clasificar como tipo II, mientras que la K2, P2 y P1 no logran clasificar ni como tipo I, siendo la de menor calidad la P1, esto se debería debido a que usa suelo orgánico en su materia prima.
5. En cuanto al coeficiente de saturación, San Bartolomé (1998) indica que los ladrillos con un coeficiente de saturación mayor a 0.85 son demasiado absorbentes (muy porosas) y poco durables, la muestra K1 tiene como promedio 0.79 lo que indica que es un ladrillo muy poco poroso y durable, la K2 y P2 tienen 0.85 están dentro del rango descrito por San Bartolomé

por lo que son aceptables también, la P1 tiene 0.87 de coeficiente de saturación por lo que se puede definir que es un ladrillo demasiado absorbente y poco durable.

6. En cuanto a la succión San Bartolomé, Quiun y Silva, (2011) recomienda que las unidades tengan de 10 a 20g/200-cm<sup>2</sup>, pero ninguna de las muestras cumple con esto, esto indica que las unidades de albañilería deben de recibir un tratamiento con agua antes de asentarlos, para no quitar la humedad del mortero.

### **5.1.3. Proceso productivo**

1. En cuanto al proceso productivo como todo es artesanal, en la extracción lo que se observó es que no hay un control riguroso de eliminación de materia orgánica, gravas, etc. Solo se elimina cuando se le encuentra y siempre quedan restos de materia orgánica y grava.
2. En cuanto a la molienda como todo es artesanal no se tritura bien las partículas de la materia prima, porque todo es manual, observándose partículas no molidas aún después del fermentado o reposo.
3. En el amasado, cada artesano pone a su criterio la cantidad de agua que considere necesaria y no necesariamente agua potable, lo realizan con agua de charcos, etc. Se observó que no existe control alguno por lo que constantemente se observan masas muy aguadas que repercutirán en la calidad al dejar muchos vacíos en el momento del secado y cocción y el amasado cada artesano considera que ya es suficiente el amasado, sin control alguno por lo que se observaron la existencia de pequeños terrones después del reposo de la masa.
4. En el moldeado cada artesano aplica una fuerza al momento de aventar la masa plástica a las gaveras y de esto depende la densidad, succión, etc. De las unidades de albañilería, como se sabe esto es muy fundamental para la calidad del ladrillo ya que de esto depende el porcentaje de vacíos que tendrá el ladrillo y tampoco no hay un control en esta fase.

5. Con referencia al secado no existe un control en las 4 fábricas ladrilleras ellos de acuerdo a su experiencia ya dicen que ya está seca los ladrillos y de acuerdo a la prisa de calcinar los ladrillos ya lo cargan al horno, según en el marco teórico mencionado esta etapa es muy útil para una buena calidad del ladrillo ya que puede reventar en el horno si no está secada apropiadamente o haber perdido ese 13% de humedad.
6. En el quemado también no existe un control cada fabricante lo encajona sus ladrillos a criterio personal dejando ranuras o espacios variables entre ladrillos, y también echan carbón encima de capas de ladrillos cada 2 capas otros cada tres capas indistintamente de las dimensiones del horno, todo a criterio personal, también no existe un control de la temperatura a que llega el horno en ninguna de ellas y lo queman por un espacio de 3 días y 3 noches aprox.

#### **5.1.4. Albañilería**

1. Las pilas realizadas para las 4 muestras, nos muestran que sólo la K1 cumple con la norma E.070 de albañilería, el resto no cumple.

#### **5.2. Recomendaciones**

1. Determinar el análisis químico de la materia prima con que se elaboran los ladrillos King Kong artesanales de las ciudades de Kimbiri y Pichari.
2. Se recomienda a los artesanos en general de los distritos de Kimbiri y Pichari, a tener mayor cuidado en las fases del proceso productivo, ya que esta tiene una vital incidencia en la calidad del ladrillo producido.

3. Se recomienda a las autoridades de dichas ciudades que den una charla a los fabricantes artesanales de ladrillos, para que tengan una buena práctica de fabricar ladrillos y así no cometer errores grosos de estar usando tierra orgánica en la materia prima.

### **5.3. Trabajos futuros**

1. Obtener la resistencia característica ( $v'm$ ) de la albañilería a la corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal, debido a que no se pudo realizar porque no se cuenta en la UNSCH con una maquina universal adecuada para realizar tal ensayo.

2. Realizar un estudio sobre las dosificaciones de la materia prima (arena, limo y arcilla) para así obtener un ladrillo con resistencia óptima en cuanto a materia prima.

3. Realizar un estudio sobre el número de huecos óptimo que debe tener un ladrillo artesanal, para una mejor cocción y así mejorar la calidad del ladrillo, ya que lo que realicé ladrillos de 6 y 8 huecos no resultaron conforme a lo planificado.

4. Realizar un estudio del horno artesanal utilizado en las ladrilleras estudiadas para definir el rango de alturas óptimas para el quemado de ladrillos y así cumplir con los tipos de ladrillos según el reglamento nacional de edificaciones, ya que en la parte inferior se queman mucho más y en la parte superior es evidente la falta de quemado.

5. Realizar un estudio para determinar la humedad óptima de la masa plástica para la fabricación de las unidades de la albañilería.



## Referencias Bibliográficas

Abanto Castillo, F (2007). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. 2da. Ed. Lima: Editorial San Marcos.

Alfaro Asto, L.A. (2007). *Evaluación de la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en Ayacucho*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

Aguirre Gaspar, D. R. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín*. (Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú.

Arquínigo Trujillo, W. N. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida en Huánuco*. (Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Barranzuela Lescano, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura, Perú.

Gallegos, H y Casabone, C. (2005). *Albañilería Estructural*. 3ra. Ed. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

INDECOPI (2005). *Norma Técnica peruana: 399.613*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú.

INDECOPI (2003). *Norma Técnica peruana: 331.017*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú.

INDECOPI (2003). *Norma Técnica peruana: 399.605*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú.

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (2010). *Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales*. Lima, Perú.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2006). *Albañilería E.070*. ICG-Perú. Lima. Perú.

Robusté E. (1969). *Técnica y práctica de la industria ladrillera (5°)*. Barcelona: CEAC.

Rhodes D. (1989). *Arcilla y vidriado para el ceramista: CEAC*.

San Bartolomé Ramos, A., Quiun Wong, D. y Silva Berrios, W. (2011). *Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería*. 1ra. Ed. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

## Anexo: Resultados del ensayo de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
**LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR**  
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315938 966942996  
Ayacucho – Perú

“Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad”

Región : Cusco HR. 0042  
Provincia : La Convención  
Distrito : Kimbiri - Pichari  
Comunidad : Kimbiri - Pichari  
Proyecto : TESIS: "Evaluación de la CALIDAD DEL LADRILLO Fabricados en las Ciudades de Kimbiri y Pichari 2017"  
Solicitante : Bach. Ing. Civil Líder Percy Torres Celadita

### ANALISIS FISICO DE SUELOS

Muestra	Análisis Granulométrico		
	%Arena	%Limo	%Arcilla
K1	54.3	24.1	21.6
K2	54.3	18.1	27.6
P1	50.3	24.1	25.6
P2	50.3	26.1	23.6

Ayacucho, 24 de Abril del 2019

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELO  
PLANTA, AGUA Y FERTILIZANTES  
RESISTENCIA S  
*Juan B. Girón Molina*  
Juan B. Girón Molina  
C.I.P. 77120

(\*) Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenoso; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

## **ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS**

**INFORME N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECON-  
065-18**

### **PROYECTO**

**: "TESIS "EVALUACIÓN DE LA  
CALIDAD DEL LADRILLO Y  
ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS  
CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI,  
2017"**

### **SOLICITANTE**

**BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA**

### **Fecha**

**FEBRERO DEL 2018**

**INGEOTECON**

  
**JOSEF JANAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. INGS. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO





**LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS  
(PASANTE LA MALLA N° 40)**

Proyecto : "TESIS 'EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"

Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECC

Exploración : M-1 (KIMBIRI)      Región/Provincia : CUSCO/LA CONVENCION

Estrato / Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : KIMBIRI

Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : KIMBIRI

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS  
(MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	41	58
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	26.682	26.720
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	27.748	27.773
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.314	22.136
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.91	0.95
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	5.43	5.64
6	HUMEDAD	%	16.82%	16.80%

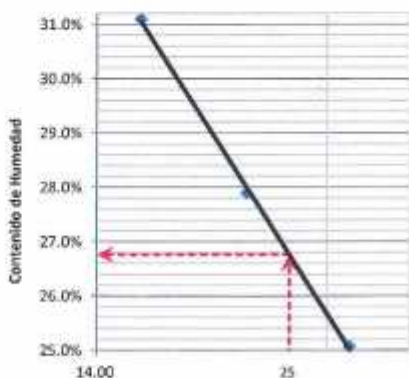
**LIMITE PLASTICO** % **16.8%**

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS  
(MTC E 110)**

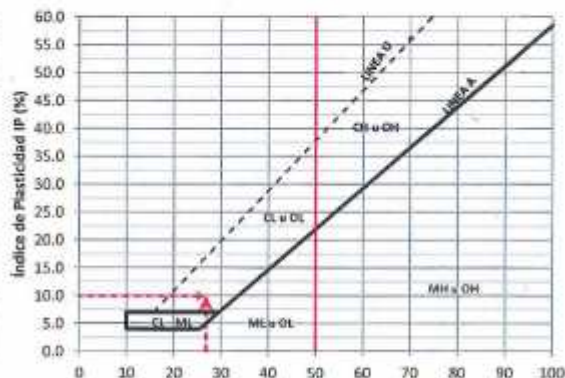
	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			289	300	140	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	39.167	37.267	35.645	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	36.049	34.288	32.668	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.611	23.518	22.407	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.118	2.889	3.187	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	12.438	10.749	10.251	
6	HUMEDAD	%	25.07%	27.90%	31.00%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	30	22	18	

**LIMITE LIQUIDO** % **26.8%**

**INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 10.0%**



**CURVA DE FLUIDEZ**



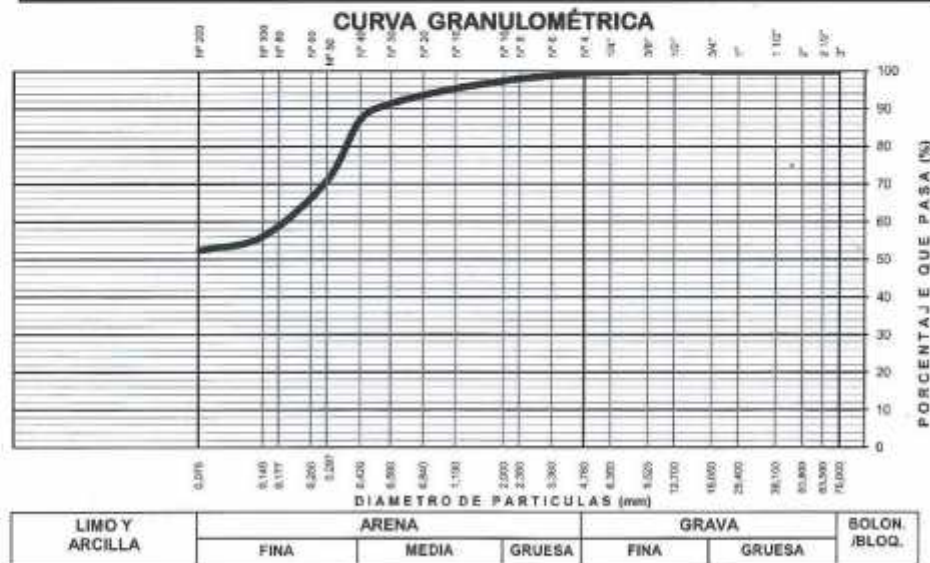
**CARTA DE PLASTICIDAD**

**INGEOTECON**  
*(Logo)*  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 172487  
JEFE DE LABORATORIO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : "TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"  
 Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código Interno : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003  
 Exploración : M-1 (KIMBIRI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCIÓN  
 Estrato/Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : KIMBIRI  
 Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : KIMBIRI

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						ENSAYOS ESTÁNDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR	
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	2100.2
2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	1000.3
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	1099.9
1"	25.400	-	-	-	100.00	Humedad (%)	16.67
3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava	0.8
1/2"	12.700	-	-	-	100.00	% Grava gruesa	0.0
3/8"	9.500	0.80	0.04	0.04	99.99	% Grava fina	0.6
1/4"	6.350	5.90	0.28	0.32	99.68	% Arena	47.0
N° 4	4.750	6.50	0.31	0.63	99.37	% Arena gruesa	2.0
N° 8	2.360	30.05	1.43	2.06	97.94	% Arena medía	10.4
N° 10	2.000	12.60	0.60	2.66	97.34	% Arena fina	34.6
N° 16	1.190	49.30	2.35	5.01	94.99	% de Finos	52.4
N° 30	0.600	76.00	3.71	8.72	91.28	$D_{10} = D_{(10\%)} =$	0.0143
N° 40	0.425	91.00	4.33	13.05	86.95	$D_{25} =$	0.0430
N° 50	0.297	338.10	16.10	29.15	70.85	$D_{50} =$	0.1883
N° 100	0.149	310.20	14.77	43.92	56.08	$C_u =$	--
N° 200	0.075	77.60	3.70	47.63	52.37	$C_c =$	--
Fondo				47.63			
Lavado		1,099.9	52.37	100.00			
<b>TOTAL</b>		<b>2100.2</b>	<b>100.0</b>				
<b>ARCILLA LIGERA ARENOSA</b>						CLASIFICACION AASHTO <b>A-4 (2)</b> Clasificación SUCS <b>CL</b>	



**INGEOTECON**  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 RUC: 200158401176403  
 JEFE DEL LABORATORIO

## DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO

**Proyecto:** : TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"  
**Solicitante:** : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      **Código interno:** : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECON  
**Exploración:** : M-1 (KIMBIRI)      **Región/Provinc.:** :CUSCO/LA CONVENCIÓN  
**Estrato/Nivel:** : MUESTRA PROPORCIONADO      **Distrito:** : KIMBIRI  
**Fecha:** : FEBRERO DEL 2018      **Lugar:** : KIMBIRI

**DEFINICIONES:** Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

### DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SUELO A PROTEGER	
% Grava	0.6
% Grava gruesa	0.0
% Grava fina	0.6
% Arena	47.0
% Arena gruesa	2.0
% Arena media	10.4
% Arena fina	34.6
% de Finos	52.4
$D_{10} = D_{(10\%)} =$	0.0143
$D_{30} = D_{(30\%)} =$	0.0430
$D_{60} = D_{(60\%)} =$	0.1883
$C_u =$	13.1
$C_c =$	0.7
$D_{10} = D_{(10\%)} =$	0.0215
$D_{30} = D_{(30\%)} =$	0.0716
$D_{60} = D_{(60\%)} =$	0.4055

Clasificación SUCS **CL**

**ARCILLA LIGERA ARENOSA**

### MATERIAL DE FILTRO

Según Terzaghi y Peck 1967

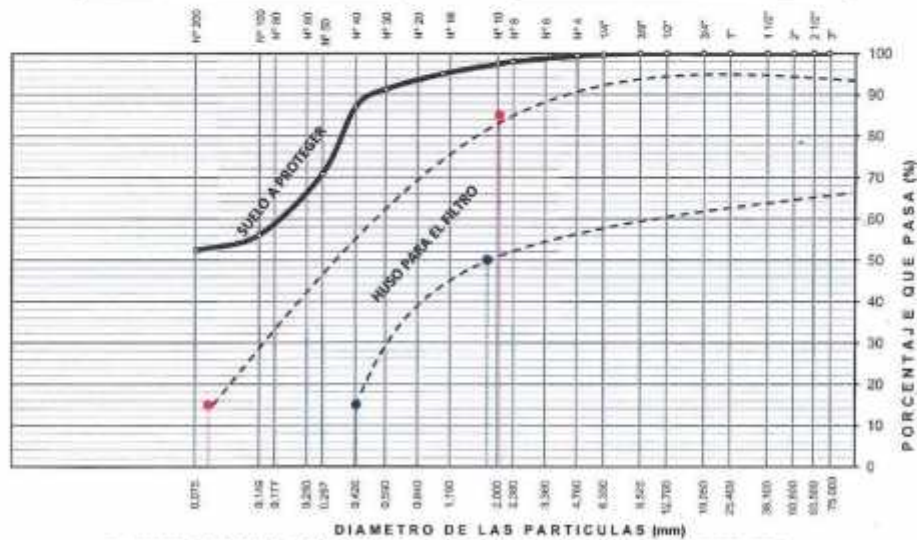
$D_{15(p)} \leq 5 D_{85(s)} =$	2.06	mm
$D_{15(p)} \geq 4 D_{85(s)} =$	0.69	mm

Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971

$D_{10(p)} \leq 25 D_{90(s)} =$	1.78	mm
$D_{15(p)} \leq 20 D_{85(s)} =$	0.43	mm

Clasificación AASHTO

**A-4 (2)**



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y HUSO DEL FILTRO**



**LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS  
(PASANTE LA MALLA N° 40)**

Proyecto : TESIS 'EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017'

Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECC

Exposición : M-2 (KIMBIRI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCION

Estrato / Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : KIMBIRI

Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : KIMBIRI

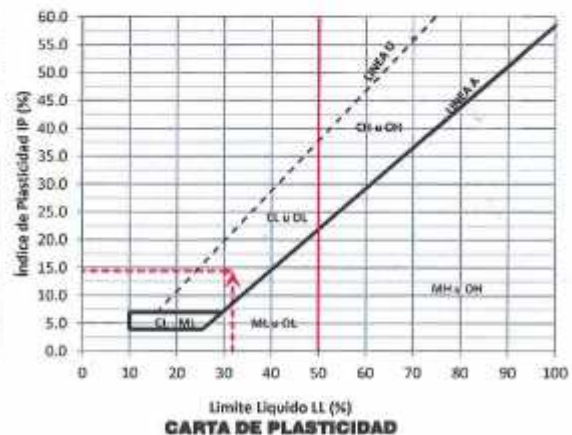
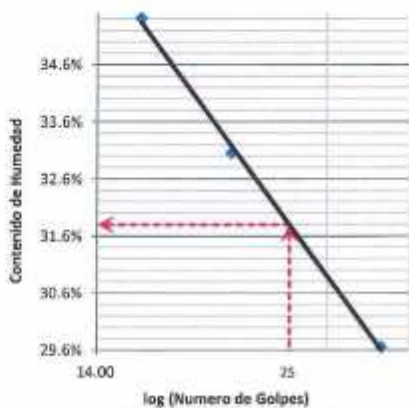
**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS  
(MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	285	118		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	29.976	29.270		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	29.967	27.526		
3	PESO RECIPIENTE	gr	29.170	23.225		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.01	0.74		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	5.80	4.30		
6	HUMEDAD	%	17.41%	17.30%		
<b>LIMITE PLASTICO</b>		<b>%</b>	<b>17.4%</b>			

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS  
(MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			304	294	308	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	34.918	35.970	37.027	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	32.318	32.875	33.408	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.541	23.511	23.495	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.602	3.095	3.539	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	8.775	9.384	9.998	
6	HUMEDAD	%	29.66%	33.05%	35.41%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	33	21	16	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>31.8%</b>			

**INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 14.4%**



INGEOTECON  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 129807  
 JEFE DE LABORATORIO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : "TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"  
 Solicitante : BACH, LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código interno : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003  
 Exploración : M-2 (KIMBIRI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCIÓN  
 Estrato/Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : KIMBIRI  
 Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : KIMBIRI

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr)		% RETEN		% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
		RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	ENSAYOS ESTÁNDAR			
3"	75.000	-	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR	
2 1/2"	63.500	-	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	1784.0
2"	50.800	-	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	531.5
1 1/2"	38.100	-	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	1252.4
1"	25.400	-	-	-	-	100.00	Humedad (%)	21.07
3/4"	19.000	-	-	-	-	100.00	% Grava	0.8
1/2"	12.700	-	-	-	-	100.00	% Grava gruesa	0.0
3/8"	9.500	0.60	0.04	0.04	99.96	99.96	% Grava fina	0.8
1/4"	6.350	7.10	0.40	0.44	99.56	99.56	% Arena	29.9
N° 4	4.750	6.10	0.34	0.78	99.22	99.22	% Arena gruesa	0.7
N° 6	2.360	9.45	0.53	1.31	98.69	98.69	% Arena media	2.5
N° 10	2.000	3.20	0.58	1.49	98.51	98.51	% Arena fina	25.8
N° 16	1.100	10.70	0.60	2.09	97.91	97.91	% de Finos	70.2
N° 30	0.590	17.30	0.97	3.06	96.94	96.94	$D_{10} = D_{(96.94)} =$	0.0107
N° 40	0.425	15.60	0.93	3.99	96.01	96.01	$D_{30} = D_{(96.01)} =$	0.0320
N° 50	0.297	39.20	2.20	5.19	93.81	93.81	$D_{50} = D_{(93.81)} =$	0.0641
N° 100	0.149	298.30	16.72	22.91	77.09	77.09	$C_u =$	--
N° 200	0.075	122.80	6.88	29.80	70.20	70.20	$C_c =$	--
Fondo				29.80			CLASIFICACION	
Lavado		1252.4	70.20	100.00			AASHTO	A-6 (8)
TOTAL		1784.0	100.0				Clasificación SUCS	CL

ARCILLA LIGERA CON ARENA

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	
	70.2	0.0	0.0	0.0	0.0	

**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

**DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO**

Proyecto : "TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"

Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código interno : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECON

Exploración : M-2 (KIMBIRI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCIÓN

Estrato/Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : KIMBIRI

Fecha : FEBRERO DEL 2019      Lugar : KIMBIRI

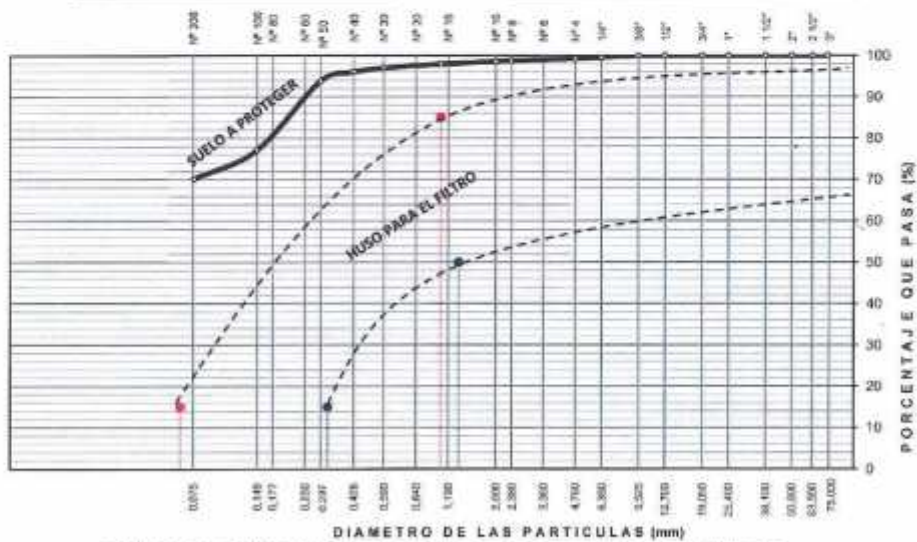
DEFINICIONES : Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro: la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
SUELO A PROTEGER	
% Grava	0.8
% Grava gruesa	0.0
% Grava fina	0.8
% Arena	29.0
% Arena gruesa	0.7
% Arena media	2.5
% Arena fina	25.8
% de Finos	70.2
$D_{15} = D_{(60)} =$	0.0107
$D_{30(60)} =$	0.0320
$D_{60(60)} =$	0.0641
$C_u =$	6.0
$C_c =$	1.5
$D_{1(60)} =$	0.0160
$D_{30(60)} =$	0.0534
$M_{d(60)} =$	0.2191
Clasificación SUCS	<b>CL</b>
<b>ARCILLA LIGERA CON ARENA</b>	

MATERIAL DE FILTRO	
Según Terzaghi y Peck 1967	
$D_{15(f)} \leq 5 D_{85(s)} =$	1.10 mm
$D_{10(f)} \geq 4 D_{10(s)} =$	0.06 mm
Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971	
$D_{10(f)} \leq 25 D_{10(s)} =$	1.34 mm
$D_{30(f)} \leq 20 D_{30(s)} =$	0.32 mm

Clasificación AASHTO

**A-6 (B)**



**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y HUSO DEL FILTRO**

**INGEOTECON**

*JOBERT JANAMPA AGUADO*  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO



**LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS  
(PASANTE LA MALLA N° 40)**

Proyecto : 'TESIS 'EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017'

Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECC

Exploración : M-3 (PICHARI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCIÓN

Estrato / Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : PICHARI

Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : PICHARI

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS  
(MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	801	46
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	29.648	29.542
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	26.509	26.144
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.161	21.409
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.12	1.40
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	5.37	5.74
6	HUMEDAD	%	20.84%	20.76%

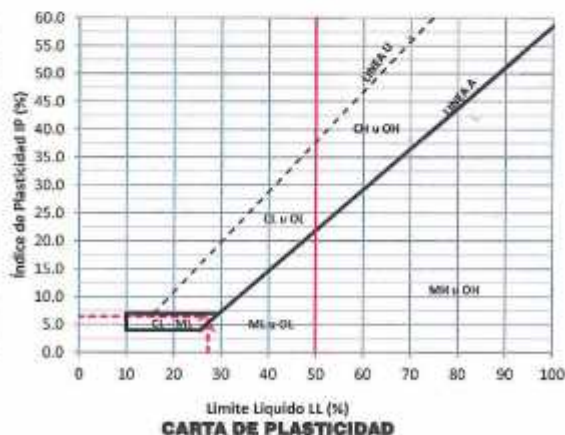
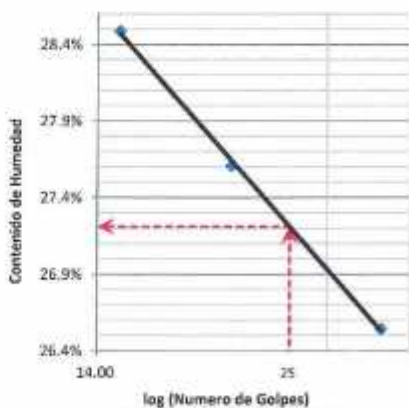
**LIMITE PLASTICO** % **20.8%**

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS  
(MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			287	299	97	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	44.101	42.013	41.370	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	39.730	38.169	37.602	
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.202	24.246	24.375	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	4.371	3.844	3.765	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	16.468	13.624	13.226	
6	HUMEDAD	%	26.54%	27.61%	28.49%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	83	21	15	

**LIMITE LIQUIDO** % **27.2%**

**INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 6.4%**



**INGEOTECON**

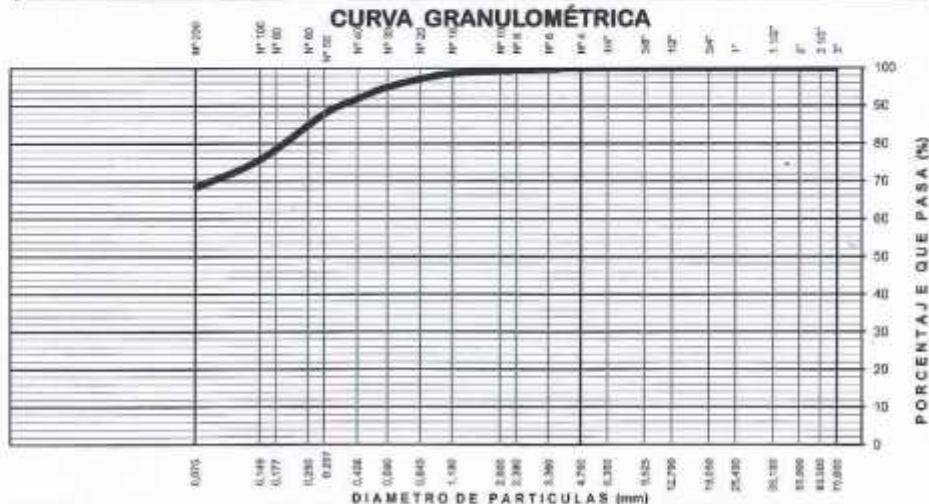
JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 176807  
JEFE DE LABORATORIO

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

**Proyecto** : "TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"  
**Solicitante** : BACH, LINDER PERCY TORRES CELADITA      **Código interno** : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003  
**Exploración** : M-3 (PICHARI)      **Región/Provinc.** : CUSCO/LA CONVENCIÓN  
**Estrato/Nivel** : MUESTRA PROPORCIONADO      **Distrito** : PICHARI  
**Fecha** : FEBRERO DEL 2018      **Lugar** : PICHARI

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETER PARCIAL	% RETER ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO	
						ENSAYOS ESTÁNDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR	
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	1119.9
2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	353.5
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	766.4
1"	25.400	-	-	-	100.00	Humedad (%)	26.77
3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava	0.1
1/2"	12.700	-	-	-	100.00	% Grava gruesa	0.0
3/8"	9.500	-	-	-	100.00	% Grava fina	0.1
1/4"	6.350	-	-	-	100.00	% Arena	31.5
N° 4	4.750	1.20	0.11	0.11	99.89	% Arena gruesa	0.7
N° 8	2.350	5.70	0.51	0.62	99.38	% Arena media	7.4
N° 10	2.000	2.20	0.20	0.81	99.19	% Arena fina	23.3
N° 16	1.100	9.65	0.86	1.67	98.33	% de Finos	68.4
N° 30	0.590	38.00	3.39	5.07	94.93	D <sub>10</sub> = D <sub>apare</sub> =	0.0110
N° 40	0.425	35.30	3.15	8.22	91.78	D <sub>30</sub> =	0.0329
N° 50	0.297	44.90	4.01	12.23	87.77	D <sub>50</sub> =	0.0668
N° 100	0.149	135.30	12.06	24.31	75.69	Cu =	-
N° 200	0.075	81.20	7.25	31.56	68.44	Cc =	-
Fondo		-	-	31.56			
Lavado		766.4	68.44	100.00			
<b>TOTAL</b>		<b>1119.9</b>	<b>100.0</b>				

**ARCILLA LIMO-ARENOSA**



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		COLOR /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 RREG.-COL. INIC. N° 173407  
 JEFE DE LABORATORIO

**DETERMINACION DE HUSO GRANULOMETRICO PARA FILTRO**

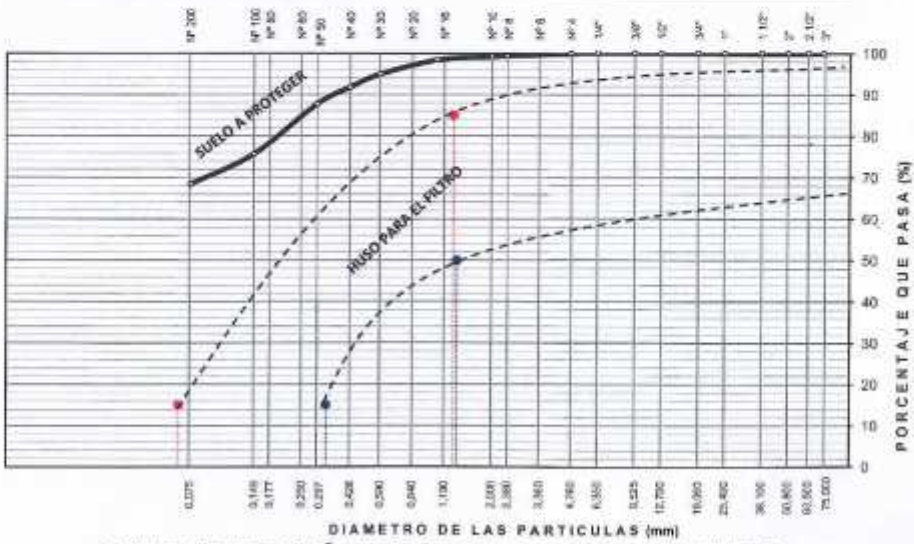
**Proyecto :** "TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"  
**Solicitante :** BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      **Código interno :** INF, N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTECON.  
**Exploración :** M-3 (PICHARI)      **Región/Provinc. :** CUSCO/LA CONVENCION  
**Estrato/Nivel :** MUESTRA PROPORCIONADO      **Distribo :** PICHARI  
**Fecha :** FEBRERO DEL 2018      **Lugar :** PICHARI

**DEFINICIONES :** Dos factores principales influyen al seleccionar el material de un filtro; la granulometría para el material del filtro debe ser tal que: a) El suelo a proteger no sea lavado por el filtro b) que no se genere una carga de presión hidrostática excesiva en el suelo con un coeficiente inferior de permeabilidad.

DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
<b>SUELO A PROTEGER</b>	
% Grava	0.1
% Grava gruesa	0.0
% Grava fina	0.1
<b>% Arena</b>	<b>31.5</b>
% Arena gruesa	0.7
% Arena media	7.4
% Arena fina	23.3
<b>% de Finos</b>	<b>68.4</b>
$D_{10} = D_{(q/10)}$	0.0110
$D_{30(q/30)}$	0.0329
$D_{60(q/60)}$	0.0558
$C_u =$	6.0
$C_c =$	1.5
$D_{10(vel)}$	0.0164
$D_{30(vel)}$	0.0548
$M_{50(vel)}$	0.2531
<b>Clasificación SUCS</b>	<b>CL-ML</b>
<b>ARCILLA LIMO-ARENOSA</b>	

MATERIAL DE FILTRO	
<b>Según Terzaghi y Peck 1967</b>	
$D_{15(f)} \leq 5 D_{85(s)}$	1.32 mm
$D_{15(f)} \geq 4 D_{85(s)}$	0.07 mm
<b>Adicionalmente Según el Departamento de Marina de los Estados Unidos 1971</b>	
$D_{20(f)} \leq 25 D_{85(s)}$	1.37 mm
$D_{15(f)} \leq 20 D_{15(s)}$	0.33 mm

Clasificación AASHTO  
**A-4 (3)**



**INGEOTECON**  
  
**JOSEF JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COG. UNIS. N° 1234567  
 JEFE DEL LABORATORIO



**LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS  
(PASANTE LA MALLA N° 40)**

Proyecto : "TESIS 'EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"

Solicitante : BACH. LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003/INGEOTEC

Exploración : M-4 (PICHARI)      Región/Provincia : CUSCO/LA CONVENCION

Estrato / Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : PICHARI

Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : PICHARI

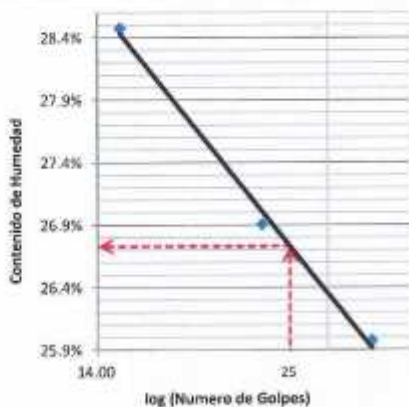
**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO DE LOS SUELOS  
(MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	58	53
1	PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	33.159	34.587
2	PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	31.991	33.125
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.915	22.450
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.23	1.46
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	8.02	10.67
6	HUMEDAD	%	15.32%	13.70%
<b>LIMITE PLASTICO</b>		<b>%</b>	<b>14.5%</b>	

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS  
(MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			143	29	63	
1	PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	35.219	37.488	36.433	
2	PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	32.500	34.604	33.272	
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.031	23.885	22.172	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.719	2.864	3.161	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	10.460	10.719	11.101	
6	HUMEDAD	%	25.97%	26.90%	28.48%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	32	23	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>26.7%</b>			

**INDICE PLASTICO (%) IP=LL-LP= 12.2%**



INGEOTECON  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. DISE. Nº 17407  
 JEFE DE LABORATORIO

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO  
(MTC E 107)**

Proyecto : \*TESIS "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL LADRILLO Y ALBAÑILERÍA FABRICADOS EN LAS CIUDADES DE KIMBIRI Y PICHARI, 2017"

Solicitante : BACH, LINDER PERCY TORRES CELADITA      Código interno : INF. N° 001-2018/TT-VC-Z-003

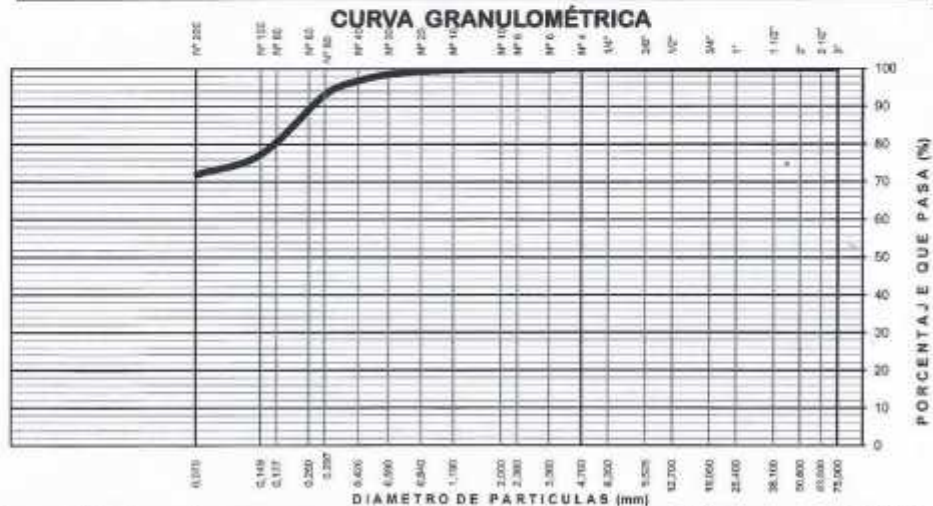
Exploración : M-4 (PICHARI)      Región/Provinc. : CUSCO/LA CONVENCIÓN

Estrato/Nivel : MUESTRA PROPORCIONADO      Distrito : PICHARI

Fecha : FEBRERO DEL 2018      Lugar : PICHARI

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETER PARCIAL	% RETER ACUMULADO	% QUE PASA	ENSAYOS ESTÁNDAR
					100.00	
3"	75.000	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr) 1611.9
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr) 451.4
2"	50.800	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr) 1180.5
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Humedad (%) 24.90
1"	25.400	-	-	-	100.00	% Grava 0.0
3/4"	19.000	-	-	-	100.00	% Grava gruesa 0.0
1/2"	12.700	-	-	-	100.00	% Grava fina 0.0
3/8"	9.500	-	-	-	100.00	% Arena 28.0
1/4"	6.350	-	-	-	99.97	% Arena gruesa 0.1
N° 4	4.750	0.50	0.03	0.03	99.88	% Arena media 3.2
N° 8	2.360	1.40	0.09	0.12	99.84	% Arena fina 24.7
N° 10	2.000	0.50	0.04	0.18	99.50	% de Finos 72.0
N° 16	1.100	4.00	0.25	0.40	98.41	D <sub>10</sub> = D <sub>10(%)</sub> * 0.0104
N° 30	0.590	19.05	1.18	1.59	96.68	D <sub>30(%)</sub> = 0.0313
N° 40	0.425	27.90	1.73	3.32	93.00	D <sub>40(%)</sub> = 0.0225
N° 50	0.297	59.40	3.69	7.00	77.17	Cu = -
N° 100	0.149	255.20	15.83	22.83	72.00	Cc = -
N° 200	0.075	83.30	5.17	28.00		
Fondo				28.00		
Lavado		1,180.5	72.00	100.00		
TOTAL		1611.9	100.0			

ARCILLA LIGERA CON ARENA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**  
  
**JOSER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. 0403 N° 174607  
 IEL DEL LABORATORIO







CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA

INGEOTECON

## ANEXO 2

## PANEL FOTOGRAFICO

INGEOTECON

JOSER DANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CAS. ING. N. 176407  
JEFE DE LABORATORIO

ENSAYOS DE LABORATORIO



MATERIAL ZARANDEADO



ENSAYOS DE LIMITES

**INGEOTECON**  
JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
IGTE DE LABORATORIO

ENSAYOS DE LABORATORIO



MATERIAL ZARANDEADO



ENSAYOS DE LIMITES

**INGEOTECON**  
INGENIERO CIVIL  
JOBER JANAMPA AGUADO  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO





ENSAYOS DE LABORATORIO



MATERIAL ZARANDÉADO



ENSAYOS DE LIMITES

**INGEOTECON**  
JOBER JARAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. INSA. N° 174817  
JEFE DE LABORATORIO