



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil”

MODALIDAD: Proyecto de Investigación

TÍTULO

“ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO
PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO
QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD
NECESARIAS.”

Autores:

**MARÍA JOSÉ MORENO LLANGO
MARÍA CRISTINA POLO FUNES**

Director:

ING. OSWALDO ROSERO

Riobamba – Ecuador

2011 - 2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS** presentado por: María José Moreno Llango, María Cristina Polo Funes y dirigida por: Ing. Oswaldo Rosero.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Paredes

Presidente del Tribunal

Firma

Ing. Oswaldo Rosero

Director de Tesis

Firma

Ing. Alexis Martínez

Miembro del Tribunal

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: María José Moreno Llango, María Cristina Polo Funes como autores y al Ing. Oswaldo Rosero en calidad de Director del Proyecto; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

María José Moreno Llango

María Cristina Polo Funes

Ing. Oswaldo Rosero

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mis Padres, por su amor, paciencia, sacrificio. A mis hermanas por su cariño en especial a Eliana por su apoyo y ternura.

LES AMO CON TODO MI CORAZÓN.

María José

DEDICATORIA:

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis padres y hermanas, que con su amor, sacrificio y paciencia me apoyaron incondicionalmente durante toda mi vida estudiantil.

Cristina

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios y a la Virgen María por haberme dado la sabiduría, fortaleza, y amor infinito. A la Universidad Nacional de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Civil y mis maestros en especial al Ing. Oscar Cevallos por apoyarme en el desarrollo de este trabajo de investigación.

María José

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a Dios y a la Virgen María Auxiliadora por haberme dado la vida y la sabiduría para poder culminar mis estudios.

A la Universidad Nacional De Chimborazo por haberme formado para llegar a ser una profesional.

Y al Ingeniero Oscar Cevallos quien nos orientó para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Cristina

ÍNDICE GENERAL

II. INTRODUCCIÓN	1
III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3. Mecánica de Suelos	6
3.1. Clasificación de Suelos	6
3.1.1. Sistema de clasificación de suelos basado en criterios de granulometría	6
3.1.2. Clasificación Sistema Unificado de Suelos SUCS	7
3.1.2.1. Suelos finos	8
3.1.2.1.1. Grupos de suelos finos	8
3.1.2.1.2. Límites de Atterberg	10
3.1.2.1.2.1. Límite Líquido	10
3.1.2.1.2.2. Límite Plástico	10
3.1.2.1.2.3. Índice Plástico	10
4. Arcilla	12
4.1. Definición	12
4.2. Tipos de arcilla	12
4.2.1. Según existan en la naturaleza	12
4.2.1.1. Arcillas primarias o residuales	12
4.2.1.2. Arcillas secundarias	12
4.2.2. Según la Plasticidad	13
4.2.2.1. Arcillas plásticas	13
4.2.2.2. Arcillas antiplásticas	13
4.2.3. Clases Usuales de Arcilla	13
4.2.3.1. Caolín o Arcilla de China	13
4.2.3.2. Arcillas Plásticas	13
4.2.3.3. Arcillas Refractarias	13
4.2.3.4. Arcilla Para Barro Cocido, Arcilla Para Cacharros o Arcilla De Alfarería	14
4.2.4. Según su Fusibilidad	14
4.2.4.1. Arcillas refractarias	14
4.2.4.2. Arcillas fusibles o arcillas de alfarería	14
4.3. Propiedades de las Arcillas	14
4.3.1. Tamaño de la partícula	15
4.3.2. Plasticidad	16

4.3.3. Merma	16
4.3.4. Refractariedad del Contenido de Humedad	16
4.3.5. Porosidad	16
4.3.6. Color	16
5. Ladrillo	17
5.1. Definición	17
5.2. Clasificación	17
5.3. Dimensiones	17
5.4. Elaboración del ladrillo	18
5.4.1. Proceso de fabricación	19
5.4.1.1. Extracción	19
5.4.1.2. Preparación mecánica	19
5.4.1.2.1. Ingredientes de la pasta cerámica	19
5.4.1.3. Moldeo	21
5.4.1.4. Secado	22
5.4.1.5. Cocción	22
5.5. Ladrillos Cerámicos Ensayos	23
5.5.1. Determinación de la Resistencia a la Compresión	23
5.5.2. Determinación de la Resistencia a la Flexión	24
5.5.3. Determinación de Absorción de humedad	25
5.6. Factores que afectan a la resistencia de los materiales cerámicos	25
6. Sulfatos	25
6.1. Sulfatos inorgánicos	26
6.2. Sulfatos orgánicos	26
IV. METODOLOGÍA	27
4.1. TIPO DE ESTUDIO	27
4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
4.2.1. Población	27
4.2.2. Muestra	28
4.2.2.1. Número de muestras	28
4.2.2.2. Número de fábricas a entrevistar.....	29
4.2.2.3. Número de profesionales a encuestar.....	29
4.2.3. Operacionalización de Variables	30
4.2.4. Procedimientos	31
4.2.4.1. Procedimiento y análisis	33

8.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	83
8.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL	84
8.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	84
8.8. Ensayo de Ladrillos a Compresión	88
8.9. Ensayo de Ladrillos a Flexión	94
8.10. Ensayo de Absorción de Humedad de Ladrillos	99
8.11. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PROPUESTA	104
IX. BIBLIOGRAFÍA	105
X. ANEXOS	107
10.1. Ensayo a Compresión de Ladrillos	107
10.2. Ensayo a Flexión de Ladrillos	108
10.3. Ensayo de Absorción de Humedad de Ladrillos	109
10.4. Entrevista a productores del ladrillo del cantón Chambo	111
10.5. Análisis de las Entrevistas realizadas a los productores de Ladrillos del cantón Chambo	114
10.6. Análisis químico del polvo de ladrillo utilizado para la elaboración de ladrillos	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de Ensayos de Laboratorio de Ladrillos	2
Tabla 2: Sistema de Clasificación de Suelos	6
Tabla 3: Dimensiones de Ladrillos Cerámicos en cm	18
Tabla 4: Requisitos de Resistencia Mecánica y Absorción de la Humedad que deben cumplir los Ladrillos Cerámicos.....	23
Tabla 5: Cuadro de Variables Dependientes.....	30
Tabla 6: Cuadro de Variables Independientes.....	31
Tabla 7: Factor de Mayoración k.....	34
Tabla 8: Granulometría de Muestra de Suelo de Guayllabamba	40
Tabla 9: Granulometría de Muestra de Suelo de Llacud	41
Tabla 10: Granulometría de Muestra de Suelo de Quintus	42
Tabla 11: Peso específico de la Muestra de Suelo de Guayllabamba	45
Tabla 12: Peso específico de la Muestra de Suelo de Llacud	46
Tabla 13: Peso específico de la Muestra de Suelo de Quintus	47
Tabla 14: Porcentaje de Absorción - Muestra de Suelo de Guayllabamba	49
Tabla 15: Porcentaje de Absorción - Muestra de Suelo de Llacud	50
Tabla 16: Porcentaje de Absorción - Muestra de Suelo de Quintus	51
Tabla 17: Contenido de Agua - Muestra de Suelo de Guayllabamba	58
Tabla 18: Contenido de Agua - Muestra de Suelo de Llacud	59
Tabla 19: Contenido de Agua - Muestra de Suelo de Quintus	60
Tabla 20: Límite Líquido - Muestra de Suelo de Guayllabamba	58
Tabla 21: Límite Líquido - Muestra de Suelo de Llacud	59
Tabla 22: Límite Líquido - Muestra de Suelo de Quintus	60
Tabla 23: Límite Plástico - Muestra de Suelo de Guayllabamba	63
Tabla 24: Límite Plástico - Muestra de Suelo de Llacud	64
Tabla 25: Límite Plástico - Muestra de Suelo de Quintus	65
Tabla 26: Datos para Criterios de Clasificación – Muestra de Suelo Guayllabamba.....	66
Tabla 27: Datos para Criterios de Clasificación – Muestra de Suelo Llacud.....	68
Tabla 28: Datos para Criterios de Clasificación – Muestra de Suelo Quintus.....	70
Tabla 29: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Guayllabamba	73
Tabla 30: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Llacud	74
Tabla 31: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Quintus	74

Tabla 32: Valores Característicos del Peso Específico	75
Tabla 33: Valores Característicos del Porcentaje de Absorción	76
Tabla 34: Valores Característicos del Contenido de Humedad	77
Tabla 35: Valores Característicos del Límite Líquido	77
Tabla 36: Valores Característicos del Límite Plástico	78
Tabla 37: Requisitos de Resistencia Mecánica y Absorción de la Humedad que deben cumplir los Ladrillos Cerámicos	83
Tabla 38: Dosificación Típica de los Ladrillos de Chambo	83
Tabla 39: Dosificación Utilizada para el Estudio	84
Tabla 40: Resistencia a la Compresión de Ladrillos – Muestra de Ladrillos de Guayllabamba	91
Tabla 41: Resistencia a la Compresión de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Quintus	92
Tabla 42: Resistencia a la Compresión de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Llucud	93
Tabla 43: Resistencia a la Flexión de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Guayllabamba ...	96
Tabla 44: Resistencia a la Flexión de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Quintus	97
Tabla 45: Resistencia a la Flexión de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Llucud	98
Tabla 46: Absorción de Humedad de Ladrillos–Muestra de Ladrillos de Guayllabamba...	101
Tabla 47: Absorción de Humedad de Ladrillos – Muestra de Ladrillos de Quintus	102
Tabla 48: Absorción de Humedad de Ladrillos – Muestra de Ladrillos de Llucud	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de Plasticidad para el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos SUCS.....	8
Figura 2: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487.....	11
Figura 3: Factor k vs. Número de Ensayos.....	35
Figura 4: Entrevista a Productores de Ladrillos de Chambo – De que Fuente Prefiere la Tierra	37
Figura 5: Fuentes de Tierra para Elaboración de Ladrillos	37
Figura 6: Instrumental para Granulometría	38
Figura 7: Procedimiento para Granulometría	39
Figura 8: Instrumental para Obtener el Peso Específico	43
Figura 9: Procedimiento para Obtener el Peso Específico	44
Figura 10: Instrumental para Obtener el Porcentaje de Absorción	48
Figura 11: Instrumental para Contenido de Agua	52
Figura 12: Instrumental para Determinar el Límite Líquido	56
Figura 13: Procedimiento para Determinar el Límite Líquido	57
Figura 14: Instrumental para Determinar el Límite Plástico	61
Figura 15: Procedimiento para Determinar el Límite Plástico	62
Figura 16: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487	66
Figura 17: Ubicación de la Muestra de Guayllabamba en el Ábaco de Casagrande	67
Figura 18: Ubicación de la Muestra de Llucud en el Ábaco de Casagrande	69
Figura 19: Ubicación de la Muestra de Quintus en el Ábaco de Casagrande	71
Figura 20: Curva Característica vs. Curvas de cada Ensayo Comunidad Guayllabamba	73
Figura 21: Curva Característica vs. Curvas de cada Ensayo Comunidad Llucud	74
Figura 22: Curva Característica vs. Curvas de cada Ensayo Comunidad Quintus	75
Figura 23: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Peso Específico de las Diferentes Comunidades	76
Figura 24: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Porcentaje de Absorción de las Diferentes Comunidades	76
Figura 25: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Contenido de Humedad de las Diferentes Comunidades	77
Figura 26: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Límite Líquido de las Diferentes Comunidades	78

Figura 27: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Límite Plástico de las Diferentes Comunidades	78
Figura 28: Proceso de Elaboración de Ladrillos	85
Figura 29: Ladrillos a Ensayar a Compresión	89
Figura 30: Ensayo a Compresión de Ladrillos	90
Figura 31: Máquina Usada en el Ensayo a Flexión de Ladrillos	94
Figura 32: Ensayo a Flexión de Ladrillos	95
Figura 33: Absorción de Humedad de Ladrillos	99
Figura 34: Registro de medidas de las Muestras a Ensayar	107
Figura 35: Ensayo de Ladrillos a Compresión.....	107
Figura 36: Visualización de resultados de la Prensa Hidráulica.....	107
Figura 37: Rotura de Ladrillo.....	108
Figura 38: Registro de medidas a las muestra a ensayarse.....	108
Figura 39: Ensayo de Ladrillos a Flexión.....	108
Figura 40: Visualización de resultados de la Prensa Hidráulica.....	109
Figura 41: Rotura de Ladrillo.....	109
Figura 42: Colocación de Agua en Muestras de Ladrillos	109
Figura 43: Registro de medidas y pesos de las muestras Húmedas de Ladrillos.....	110
Figura 44: Colocación de Muestras en el Horno.....	110
Figura 45: Registro de medidas y pesos de las muestras secas.....	110

SIGLAS Y ABREVIATURAS

UNACH: Universidad Nacional de Chimborazo.

Cont: Continúa

Mpa.: Mega Pascal.

%: Porcentaje.

mm.: Milímetro.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

G: Grava.

A: Arena.

W: Bien Graduado.

M: Limoso.

P: Mal Graduado.

C: Arcilloso.

O: Orgánico.

L: Límite Líquido menor a 50%.

H: Límite Líquido mayor a 50%.

Cu.: Coeficiente de Uniformidad.

Cc. : Coeficiente de Curvatura.

CL.: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa).

CH.: Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.

ML.: Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.

MH.: Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.

OL.: Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.

OH.: Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.

Pt.: Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

L_L.: Límite Líquido.

L_p.: Límite Plástico.

NP.: No plástico.

INEN.: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ASTM.: Sociedad Americana de Ensayo de Materiales.

µm.: Micrómetro.

°C.: Grado centígrado.

g.: Gramos.

I_p.: Índice de Plasticidad.

N_p.: No plástico.

l.: Largo de ladrillo.

a.: Ancho de ladrillo.

h.: Menor dimensión de un ladrillo.

kg.: Kilogramo.

cm.: Centímetro.

SiO₂.: Anhídrido silícico.

SO₄²⁻: Sulfato.

CaSO₄: Sulfato de Calcio.

H₂O: Agua.

BaSO₄: Sulfato de Bario.

Cl₂SO₂: Cloruro de Sulfurilo.

δ: Desviación Standard.

k: Factor de Mayoración.

SSS: Saturado Superficialmente Seco.

ml.: Mililitro.

m³: Metro Cúbico.

lb.: Libra.

lt.: Litro.

s.: Segundo.

G1.: Guayllabamba mezcla 1.

G2.: Guayllabamba mezcla 2.

G3.: Guayllabamba mezcla 3.

Q1.: Quintus mezcla 1.

Q2.: Quintus mezcla 2.

Q3.: Quintus mezcla 3.

L11.: Lluçud mezcla 1.

L12.: Lluçud mezcla 2.

L13.: Lluçud mezcla 3.

Ct.: Carga Máxima.

N.: Newton.

Pág.: Página.

I. RESUMEN

La propuesta de análisis y elaboración de un ladrillo de barro producido con los materiales del cantón Chambo que cumplan con las especificaciones de calidad necesarias, se fundamenta en la necesidad de obtener un ladrillo que cumpla con los requisitos mínimos establecidos, por lo cual se ha analizado varios factores que pueden afectar la calidad de este producto como son: culturales, técnicos y económicos.

Para obtener un ladrillo tipo C, se realiza la dosificación hasta lograr las resistencias mínimas para ladrillos fabricados a mano y que presentan imperfecciones en sus caras exteriores.

También se demuestra la confiabilidad de los resultados obtenidos, ya que al ejecutar los ensayos de compresión, flexión y absorción se alcanzó el incremento de las resistencias requeridas, logrando mejorar los ladrillos producidos actualmente con los que se podrá favorecer a los profesionales de la construcción y a sus beneficiarios.

I. SUMMARY

The proposed analysis and preparation of a clay brick produced Chambo canton materials that meet required quality specifications, is based on the need for a brick that meets the minimum requirements, so we have analyzed several factors can affect the quality of this product are: cultural, technical and economic.

For a brick type C, the dosage is performed until the required minimum strength bricks made by hand, showing breaks in the outer surface.

It also demonstrates the reliability of the results, and that running the compression tests, bending and absorption was achieved increased resistance required, thus improving the bricks currently produced which may favor the construction professionals and beneficiaries.

II. INTRODUCCIÓN

La importancia que ha adquirido el ladrillo a través de su historia lo ha colocado como un material indispensable en la industria de la construcción. El ladrillo posee muchas características idóneas que hacen que mucha gente lo prefiera para construir debido a su fácil modulación, a sus resistencias físicas y químicas que son determinadas por la materia prima y reforzadas por el proceso de cocción a altas temperaturas, además se caracteriza por poseer porcentajes de absorción de agua mínimos, alta resistencia a la compresión y a la flexión, así como al fuego.

En la actualidad en el cantón Chambo, realizan la producción de uno de los materiales de construcción más utilizados de la provincia, sin ningún tipo de estudio de cada uno de sus componentes (tierra, aserrín, agua); su producción es basada en su experiencia, sin ningún tipo de control técnico, e información de la materia prima con la que trabajan.

No se utilizan dosificaciones de sus componentes y principalmente de las mezclas de barro, lo que con lleva a la producción de ladrillos de baja calidad.

Los proveedores de este producto no utilizan métodos de producción adecuados para la elaboración del ladrillo y no existen un verdadero control para hacerlos cumplir, el producto obtenido es resultado, del trabajo en una forma empírica donde mezclan la tierra, aserrín y el agua; en algunos casos lo mezclan con cal y polvo de los ladrillos que se obtienen en los hornos. Pero lo cierto es, que con la carencia de información de las propiedades que brinda su materia prima, es difícil adivinar en qué casos será necesario o no cada uno de sus componentes; y en que proporciones.

En Marzo del 2009, un Proyecto de la Red Ecosur realizó, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNACH, una evaluación de la calidad de los ladrillos producidos en el cantón Chambo; evidenciándose que el 100% de las muestras ensayadas no cumplieron con las especificaciones necesarias con respecto a la resistencia a la compresión y a la capacidad de absorción.

En la Universidad Nacional de Chimborazo se desarrolló el proyecto “Base de datos para el control de calidad de los materiales de construcción de la provincia de Chimborazo”; con este proyecto se busca determinar la calidad de los materiales de construcción de la provincia, de los ensayos realizados a los ladrillos del cantón Chambo se determinó que apenas un 40,88% de las muestras ensayadas cumplen con los requisitos de calidad necesarias como se puede observar en el siguiente reporte:

Tabla 1: Resumen de Ensayos de Laboratorio de Ladrillos.

INFORME GENERAL RESUMEN							
INFORME DE ENSAYOS		PROYECTO					
REALIZADO SOBRE		BASE DE DATOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS					
LADRILLOS DE CHAMBO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO					
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO							
N°	MATERIAL	PROMEDIO (Mpa) COMPRESIÓN	CUMPLE REQUISITOS NORMA INEN 297	PROMEDIO (Mpa) FLEXIÓN	CUMPLE REQUISITOS NORMA INEN 297	PROMEDIO (%) ABSORCIÓN	CUMPLE REQUISITOS NORMA INEN 297
1	Ladrillo Macizo	7.1	NO	1.9	NO	27.5	NO
2	Ladrillo Macizo	5.7	NO	1.4	NO	22.5	SI
3	Ladrillo Macizo	4.6	NO	1.1	NO	24.7	SI
4	Ladrillo Macizo	7.8	NO	3.2	SI	21.9	SI
5	Ladrillo Macizo	6.2	NO	2.9	SI	23.5	SI
6	Ladrillo Macizo	8.9	SI	3.1	SI	20.6	SI
7	Ladrillo Macizo	7.6	NO	3.1	SI	18.5	SI
8	Ladrillo Macizo	3	NO	1.9	NO	25.9	NO
9	Ladrillo Macizo	5.7	NO	3.2	SI	14.2	SI
10	Ladrillo Macizo	4	NO	1.7	NO	26.4	NO
11	Ladrillo Macizo	7	NO	2.1	SI	21.5	SI
12	Ladrillo Macizo	11	SI	3.7	SI	23.2	SI
13	Ladrillo Macizo	4.9	NO	2.6	SI	22.3	SI
14	Ladrillo Macizo	5.4	NO	2	SI	25.7	NO
15	Ladrillo Macizo	9.1	SI	4.4	SI	21.1	SI
16	Ladrillo Macizo	9.5	SI	3.8	SI	20.6	SI
17	Ladrillo Macizo	8.4	SI	4.1	SI	11.1	SI
18	Ladrillo Macizo	4.9	NO	2.6	SI	26.1	NO
19	Ladrillo Macizo	10.1	SI	3.2	SI	21.6	SI
20	Ladrillo Macizo	7.9	NO	4.4	SI	16.7	SI
21	Ladrillo Macizo	7.4	NO	3	SI	15	SI
22	Ladrillo Macizo	7.6	NO	3.5	SI	22.6	SI
23	Ladrillo Macizo	7.6	NO	1.6	NO	24.7	SI
24	Ladrillo Macizo	9.6	SI	4	SI	19.4	SI
25	Ladrillo Macizo	6.8	NO	3.2	SI	21.1	SI
26	Ladrillo Macizo	3.4	NO	1	NO	21.2	SI
27	Ladrillo Macizo	5.5	NO	4.9	NO	20.9	SI
28	Ladrillo Macizo	7.2	NO	2.3	SI	26.6	NO
29	Ladrillo Macizo	4.3	NO	1.4	NO	26	NO
30	Ladrillo Macizo	10.1	SI	2.7	SI	24.2	SI

1 (Cont)

31	Ladrillo Macizo	7.5	NO	3.8	SI	18.7	SI
32	Ladrillo Macizo	8.4	SI	2.8	SI	22.8	SI
33	Ladrillo Macizo	9.6	SI	4.5	SI	19.1	SI
34	Ladrillo Macizo	7.7	NO	2.9	SI	18.9	SI
35	Ladrillo Macizo	13.5	SI	3.5	SI	21.4	SI
36	Ladrillo Macizo	6.2	NO	2.1	SI	22.3	SI
37	Ladrillo Macizo	7.8	NO	3.8	SI	19.4	SI
38	Ladrillo Macizo	4.4	NO	1.9	NO	20.7	SI
39	Ladrillo Macizo	4.1	NO	1.5	NO	22.5	SI
40	Ladrillo Macizo	11.7	SI	3.1	SI	17	SI
41	Ladrillo Macizo	2.4	NO	1.1	NO	26.6	NO
42	Ladrillo Macizo	4	NO	1.8	NO	18.8	SI
43	Ladrillo Macizo	4.3	NO	2.4	SI	17.4	SI
44	Ladrillo Macizo	6.2	NO	3	SI	26.3	NO
45	Ladrillo Macizo	4.6	NO	2.5	SI	22.3	SI
46	Ladrillo Macizo	11	SI	3.8	SI	17.7	SI
47	Ladrillo Macizo	7.7	NO	2.9	SI	17.4	SI
48	Ladrillo Macizo	10.3	SI	3.7	SI	20.1	SI
49	Ladrillo Macizo	7.3	NO	1.9	SI	22.3	SI
50	Ladrillo Macizo	3.5	NO	2	NO	24.7	SI
51	Ladrillo Macizo	4.1	NO	2.2	SI	24.4	SI
52	Ladrillo Macizo	3.5	NO	1.3	NO	29.8	NO
53	Ladrillo Macizo	8.4	SI	4.2	SI	20.3	SI
54	Ladrillo Macizo	10	SI	4.6	SI	14.2	SI
55	Ladrillo Macizo	9.6	SI	2.2	SI	21.7	SI
56	Ladrillo Macizo	4.9	NO	2.4	SI	24.9	SI
57	Ladrillo Macizo	6.7	NO	3.1	SI	19.7	SI
58	Ladrillo Macizo	7.7	NO	2.6	SI	24	SI
59	Ladrillo Macizo	8.9	SI	2.9	SI	16.4	SI
60	Ladrillo Macizo	7.5	NO	4.3	SI	15.6	SI
61	Ladrillo Macizo	6	NO	1.9	NO	26.5	NO
62	Ladrillo Macizo	7.5	NO	3.3	SI	20.8	SI
63	Ladrillo Macizo	7.8	NO	4.5	SI	25.8	NO
64	Ladrillo Macizo	3.4	NO	4.8	SI	17.4	SI
65	Ladrillo Macizo	5.8	NO	1.2	NO	18.6	SI
66	Ladrillo Macizo	8.8	SI	3.4	SI	25.7	NO
67	Ladrillo Macizo	10.1	SI	4.3	SI	19.1	SI
68	Ladrillo Macizo	8.5	SI	1.7	NO	22	SI
69	Ladrillo Macizo	8.3	SI	2.7	SI	16.3	SI
70	Ladrillo Macizo	9.8	SI	4.2	SI	15.7	SI
71	Ladrillo Macizo	10.7	SI	2.6	SI	16.3	SI
72	Ladrillo Macizo	9.5	SI	4.6	SI	22.5	SI
73	Ladrillo Macizo	6.5	NO	2.1	SI	23.5	SI
74	Ladrillo Macizo	5.7	NO	1.4	NO	27	NO
75	Ladrillo Macizo	5.2	NO	0.8	NO	28.2	NO
76	Ladrillo Macizo	6.2	NO	1.8	NO	17.1	SI
77	Ladrillo Macizo	9.5	SI	3.3	SI	20.3	SI
78	Ladrillo Macizo	13.8	SI	2.3	SI	13.6	SI
79	Ladrillo Macizo	10.3	SI	4	SI	20.3	SI
80	Ladrillo Macizo	6.9	NO	3.6	SI	21.1	SI
81	Ladrillo Macizo	10	SI	3.1	SI	10.9	SI
82	Ladrillo Macizo	8	SI	4.2	SI	19.4	SI
83	Ladrillo Macizo	9.1	SI	2.1	SI	26.6	NO
84	Ladrillo Macizo	3.7	NO	1.6	NO	20.1	SI
85	Ladrillo Macizo	7.3	NO	3.3	SI	21	SI
86	Ladrillo Macizo	8.9	SI	3.6	SI	16.2	SI

2 (Cont)

87	Ladrillo Macizo	12.6	SI	3.2	SI	23.3	SI
88	Ladrillo Macizo	8.8	SI	3.1	SI	21.4	SI
89	Ladrillo Macizo	12.6	SI	2.5	SI	17.3	SI
90	Ladrillo Macizo	11.4	SI	3.7	SI	20.2	SI
91	Ladrillo Macizo	5.1	NO	1.6	NO	24.9	SI
92	Ladrillo Macizo	10.5	SI	3.2	SI	18.4	SI
93	Ladrillo Macizo	6	NO	2	NO	27.2	NO
94	Ladrillo Macizo	9.1	SI	2.6	SI	21.7	SI
95	Ladrillo Macizo	7.5	SI	2.8	SI	14.6	SI
96	Ladrillo Macizo	2.6	NO	1.6	NO	20.1	SI
97	Ladrillo Macizo	6.8	NO	2.6	SI	24.6	SI
98	Ladrillo Macizo	2.9	NO	2.4	SI	23.3	SI
99	Ladrillo Macizo	12.4	SI	3.4	SI	26.4	NO
100	Ladrillo Macizo	6.7	NO	3.8	SI	20.3	SI
101	Ladrillo Macizo	8.4	SI	2.1	SI	15.7	SI
102	Ladrillo Macizo	5.7	NO	1.7	NO	26.7	NO
103	Ladrillo Macizo	9.4	SI	3.7	SI	25.3	NO
104	Ladrillo Macizo	7.8	NO	4	SI	20.3	SI
105	Ladrillo Macizo	8	NO	2.8	SI	20.5	SI
106	Ladrillo Macizo	9.1	SI	4.7	SI	16	SI
107	Ladrillo Macizo	7.5	NO	3.7	SI	23.8	SI
108	Ladrillo Macizo	10.3	SI	4.2	SI	22.4	SI
109	Ladrillo Macizo	11	SI	3.9	SI	17.2	SI
110	Ladrillo Macizo	4.6	NO	3.3	SI	24.1	SI
111	Ladrillo Macizo	12.6	SI	5.1	SI	16.6	SI
112	Ladrillo Macizo	6	NO	1.9	NO	26.5	NO
113	Ladrillo Macizo	6.9	NO	4.6	SI	17.9	SI
114	Ladrillo Macizo	12.5	SI	3.7	SI	24.9	SI
115	Ladrillo Macizo	11.5	SI	3.9	SI	18.5	SI
116	Ladrillo Macizo	10.1	SI	5.3	SI	20.2	SI
117	Ladrillo Macizo	8.8	SI	2.7	SI	17.6	SI
118	Ladrillo Macizo	10.5	SI	3.4	SI	22	SI
119	Ladrillo Macizo	11.3	SI	1.9	NO	21.1	SI
120	Ladrillo Macizo	6.5	NO	4.3	SI	19.8	SI
121	Ladrillo Macizo	8.8	SI	3.5	SI	15	SI
122	Ladrillo Macizo	4.4	NO	4.3	SI	19.2	SI
123	Ladrillo Macizo	4.1	NO	1.5	NO	20.6	SI
124	Ladrillo Macizo	5.1	NO	1.3	NO	17.9	SI
125	Ladrillo Macizo	5.1	NO	2.5	SI	25.3	NO
126	Ladrillo Macizo	2.6	NO	1.5	NO	22.4	SI
127	Ladrillo Macizo	7.8	NO	2.3	SI	20.8	SI
128	Ladrillo Macizo	6.9	NO	1.4	NO	24.7	SI
129	Ladrillo Macizo	8.6	SI	3.7	SI	22	SI
130	Ladrillo Macizo	10.3	SI	2.1	SI	19.7	SI
131	Ladrillo Macizo	8.8	SI	3.5	SI	15	SI
132	Ladrillo Macizo	9.1	SI	4.4	SI	20.6	SI
133	Ladrillo Macizo	10.7	SI	5.5	SI	19.7	SI
134	Ladrillo Macizo	11.3	SI	4.6	SI	19.6	SI
135	Ladrillo Macizo	8.7	SI	3.2	SI	21.6	SI
136	Ladrillo Macizo	8.8	SI	2.7	SI	20.8	SI
137	Ladrillo Macizo	8.8	SI	2.6	SI	21	SI

Fuente: Proyecto “Base de datos para el control de calidad de los materiales de construcción de la provincia de Chimborazo”

Los estudios acerca, de los componentes han sido escasos, por lo que es necesario recabar información en este campo, se busca estudiar sus componentes y contar con una fuente que nos informe si el material obtenido en el cantón, es apto o no para la producción del ladrillo, para lo cual se realizarán ensayos para averiguar cómo afectan o benefician las diferentes tierras, y tener conocimientos de las características y propiedades del ladrillo.

III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3. Mecánica de Suelos

3.1. Clasificación de Suelos

Las más antiguas clasificaciones se basaban en la granulometría, posteriormente se introdujo en la clasificación el criterio de plasticidad a más de la granulometría.

3.1.1. Sistema de clasificación de suelos basado en criterios de granulometría

Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo, ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo. *La siguiente clasificación, utilizada a partir de 1936 en Alemania, está basada en una proposición original de Kopecky.*

Tabla 2: Sistema de Clasificación de Suelos

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	TAMAÑO mm
Piedra	//////////	Mayor de 70mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Mediana	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Mediana	0,2 a 1
	Fina	0,1 a 0,2
Polvo	Grueso	0,05 a 0,1
	Fino	0,02 a 0,05
Limo	Grueso	0,006 a 0,02
	Fino	0,002 a 0,006
Arcilla	Gruesa	0,0006 a 0,002
	Fina	0,0002 a 0,0006
Ultra- Arcilla	//////////	0,00002 a 0,0002

Fuente: Mecánica de Suelos. Fundamentos de la mecánica de suelos (1977)

3.1.2. Clasificación Sistema Unificado de Suelos SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) tiene por objetivo proveer una clasificación cualitativa de los suelos de origen mineral u orgánico-mineral con fines ingenieriles, a partir de ensayos de laboratorio que determinan sus propiedades granulométricas y de plasticidad.

En el SUCS el método para clasificar es muy sencillo. Se comienza a partir del tamiz No. 200, tamiz que los subdivide en dos grandes grupos: suelos gruesos y finos.

- a. Los suelos granulares se designan con estos símbolos

Prefijos

G= Grava	El 50% o más es retenido en el Tamiz No. 200
S= Arena	Si más del 50% pasa el Tamiz No. 200

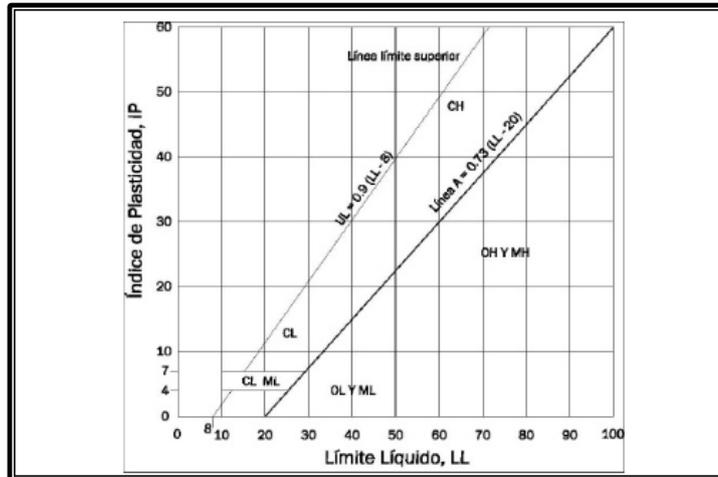
Sufijos

W= Bien graduado	}	Depende del Cu y Cc
P= Mal graduado		

M= Limoso	}	Depende de Límite líquido y plástico.
C= Arcilloso		

- b. En los suelos finos la carta de plasticidad de A. Casagrande juega un rol definitivo para el SUCS.

Figura 1. Gráfico de plasticidad para el sistema unificado de clasificación de los suelos SUCS



Fuente: Joseph E. Bowles. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil (1981)

3.1.2.1. Suelos finos

Considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, dando lugar a las siguientes divisiones:

- a) Limos inorgánicos, de símbolo genérico M.
- b) Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C.
- c) Limos y arcillas orgánicas, de símbolo O.

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos:

- 1) Suelos de baja o media Compresibilidad.- Si el Límite líquido es menor que 50%, se añade el símbolo genérico L.
- 2) Suelos de alta compresibilidad.- Si el límite líquido es mayor a 50%, símbolo genérico H.

3.1.2.1.1. Grupos de suelos finos

Grupos CL y CH.-

En estos grupos se encasillan las arcillas inorgánicas. El grupo CL comprende a la zona sobre la Línea A, definida por $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$. (Figura 1).

El grupo CH corresponde a la zona arriba de la Línea A, definida por $LL > 50\%$.

Grupos ML y MH.-

El grupo ML comprende la zona bajo la Línea A, definida por $LL < 50\%$ y la porción sobre la línea A con $I_p < 4$. El grupo MH corresponde a la zona debajo de la línea A, definida por $LL > 50\%$.

En estos grupos quedan comprendidos los **limos típicos inorgánicos y limos arcillosos**. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos, del tipo Loess, con $25\% < LL < 35\%$.

Un suelo fino que cae en esta zona son las arcillas del tipo caolín, algunas de sus características corresponden a limos inorgánicos; por ejemplo su resistencia en estado seco es relativamente baja y estado húmedo muestran cierta reacción a la prueba de dilatancia; sin embargo son suelos finos y suaves con un alto porcentaje de partículas tamaño de arcilla. Estas arcillas caen en la frontera ML-CL y MH-CH, dada su proximidad con dicha línea.

Los suelos finos que caen sobre la línea A y con $4\% < I_p < 7\%$, se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble CL -ML.

Grupos OL y OH

Las zonas correspondientes a estos dos grupos son las mismas que las de los grupos ML y MH, respectivamente, si bien los orgánicos están siempre en lugares próximos a la línea A.

Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla inorgánica crezca, sin apreciable cambio de su índice plástico; esto hace que el suelo se desplace hacia la derecha en la Carta de Plasticidad, pasando a ocupar una posición más alejada de la línea A.

Grupos Pt

El límite líquido de estos suelos turbosos suele estar entre 300% y 500%, quedando su posición en la Carta de Plasticidad netamente debajo de la línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200%.

3.1.2.1.2. Límites de Atterberg

Atterberg fue el primero que estableció un método para determinar convencionalmente al límite entre el Estado Líquido y el Estado Plástico. Posteriormente, A. Casagrande, introdujo un aparato sencillo mediante el cual se determina el Límite Líquido en un suelo.

3.1.2.1.2.1. Límite Líquido

Casagrande demostró que el Límite Líquido (LL), podría ser definido como el contenido de agua para el cual un suelo tiene una resistencia al esfuerzo cortante de aproximadamente $0,025 \text{ kg/cm}^2$.

3.1.2.1.2.2. Límite Plástico

El límite plástico (LP) se define como el contenido de humedad para el cual cilindritos de 3mm. de diámetro no pueden ser moldeados sin que se rompan.

3.1.2.1.2.3. Índice Plástico

Es la diferencia entre el valor del Límite Líquido y el valor del Límite Plástico, el índice plástico es una medida según el cual un suelo puede presentar, para cambios de humedad un amplio rango de resistencia cohesiva.

El índice de plasticidad puede estar bajo las siguientes condiciones:

- a) cuando no puede determinarse el límite plástico, el índice de plasticidad debe informarse como No Plástico (NP).
- b) cuando el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad debe informarse como Cero.

Figura 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos		
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
		Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM Cumple los criterios para GW y GC Cumple los criterios para GP y GM Cumple los criterios para GP y GC	GW-GM GW-GC GP-GM GP-GC	Grava bien graduada con limo Grava bien graduada con arcilla Grava mal graduada con limo Grava mal graduada con arcilla
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP<4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
			IP>7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM Cumple los criterios para SW y SC Cumple los criterios para SP y SM Cumple los criterios para SP y SC	SW-SM SW-SC SP-SM SP-SC	Arena bien graduada con limo Arena bien graduada con arcilla Arena mal graduada con limo Arena mal graduada con arcilla
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno <0.75 limite liquido - no secado	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP>7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
			IP<4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno <0.75 limite liquido - no secado	OH	Arcilla orgánica Limo orgánica
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba	

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones (2004)

4. Arcilla

4.1. Definición

Según la Norma INEN 685. GEOTECNIA: MECÁNICA DE SUELOS. TERMINOLOGÍA Y SIMBOLOGÍA. Define a la arcilla como:

Suelo cohesivo de grano fino que presenta plasticidad, en el que sus partículas tienen diámetros equivalentes menores que $75 \mu m$ y cuyas características de consistencia lo ubican sobre la línea A en la carta de plasticidad del Sistema Unificado de Suelos.

4.2. Tipos de arcilla

Se clasifica de acuerdo a:

- Según exista en la naturaleza
- Según la plasticidad
- Clases usuales de arcillas
- Según fusibilidad

4.2.1. Según existan en la naturaleza

En la naturaleza existen dos tipos de arcillas: primarias y las secundarias.

4.2.1.1. Arcillas primarias o residuales

Son las formadas en el lugar de sus rocas madres y no han sido por tanto transportadas por el agua, el viento o el glaciar.

4.2.1.2. Arcillas secundarias

Son las que han sido desplazadas del lugar de las rocas madres originales. Éstas son mucho más corrientes que las anteriores y tienen una constitución más compleja debido a que están compuestas por material procedente de distintas fuentes: hierro, cuarzo, mica, materias carbonosas y otras impurezas.

4.2.2. Según la Plasticidad

4.2.2.1. Arcillas plásticas.- Hacen pasta con el agua y se convierten en modelables.

4.2.2.2. Arcillas antiplásticas.- Confieren a la pasta una determinada estructura, que pueden ser químicamente inertes en la masa ó crear una vitrificación en altas temperaturas (fundentes).

4.2.3. Clases Usuales de Arcilla

4.2.3.1. Caolín o Arcilla De China

Son arcillas primarias (aunque también existen caolín secundario) que se han formado por la meteorización in situ del feldespato. Sus partículas son de gran tamaño y por ello resulta menos plástico en comparación con otras arcillas.

4.2.3.2. Arcillas Plásticas

Por sus propiedades, se contraponen al caolín dado que poseen un mayor contenido en hierro, son más fusibles, más plásticas y su grano es más fino. Es por ello que se puede decir que son complementarias y a menudo se combinan para crear una arcilla más trabajable.

4.2.3.3. Arcillas Refractarias

Esta arcilla no es un tipo propiamente dicho dado que se refiere a la resistencia al calor de las arcillas en general independientemente del color, plasticidad.

Cualquier arcilla que resista la fusión hasta alrededor de los 1.500°C puede considerarse como una arcilla refractaria, lo que significa que es relativamente pura y libre de hierro.

Estas arcillas son útiles para gran variedad de productos, principalmente en la fabricación de ladrillos refractarios y otras piezas para hornos, estufas, calderas.

También son utilizadas como aditivos para las pastas de loza o las pastas para gacetas en los que se quiera aumentar la refractariedad.

4.2.3.4. Arcilla Para Barro Cocido, Arcilla Para Cacharros o Arcilla De Alfarería

Son muy corrientes y suelen contener hierro y otras impurezas minerales por lo que su grado de cocción es de 950-1.100°C. En bruto esta arcilla es roja, marrón, verdosa o gris por la presencia del óxido de hierro, y tras su cocción puede variar de color. Se trata de la materia común para los ladrillos, baldosas, tubos de drenaje, tejas.

La **arcilla roja común** por sí sola es demasiado plástica, aunque a veces contiene arena u otros fragmentos pétreos que dificultan su plasticidad.

La **arcilla azul** contiene mucha cal y se trata de la arcilla más plástica de todas al natural.

4.2.4. Según su Fusibilidad

4.2.4.1. Arcillas refractarias

Arcillas y caolines cuyo punto de fusión está comprendido entre 1.600 y 1.750°C. Por lo general son blancas, grises y poco coloreadas después de su cocción.

4.2.4.2. Arcillas fusibles o arcillas de alfarería

Arcilla cuyo punto de fusión se alcanza por encima de los 1.100°C. Son de color castaño, ocre, amarillo o marfil tras su cocción y se suelen encontrar cerca de la superficie del suelo.

4.3. Propiedades de las arcillas

En función de la utilización de las arcillas comunes se pueden considerar dos tipos de propiedades ¹:

1. GARCÍA REBECA. ESTUDIO SOBRE LOS MATERIALES CERÁMICOS EN ESPAÑA (2008)

a) Las que influyen sobre el comportamiento de estos materiales durante la fabricación: Plasticidad, afectada por el tipo de mineral de la arcilla, tamaño de partícula, porcentaje y tipo de los minerales no arcillosos, etc., y Propiedades de secado y cocción (resistencia mecánica, contracción de las piezas en verde, rango de temperatura de vitrificación, etc), afectadas también por la mineralogía y tamaño de grano.

b) Las propiedades de los productos acabados: resistencia mecánica en cocido, eflorescencias, permeabilidad, etc. Todas ellas aparecen durante la cocción, condicionadas en su mayor parte por la mineralogía global.

Según el libro Arcilla y vidriado para el ceramista. Daniel Rodees. Barcelona (1990), nos indica que las arcillas tienen las siguientes propiedades:

- Plasticidad
- Merma
- Refractariedad
- Porosidad
- Color

En el archivo obtenido en Internet titulado Tema 4: Materiales Pétreos Artificiales. Cerámicos. pp 16, aumenta a más de las propiedades anteriores el tamaño de la partícula.

4.3.1. Tamaño de la partícula

La estructura laminar y el tamaño inferior a la micra de los granos de los minerales arcillosos tienen gran influencia en la plasticidad ya que se produce un fenómeno físico de retención de agua con aumento de volumen que actúa como lubricante haciendo resbalar las partículas entre sí. Este aumento de volumen puede llegar a ser del 200%.

4.3.2. Plasticidad

Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que uno desee. Esto puede ser debido a la figura del grano (cuanto más pequeña y aplanada), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica. La elevada plasticidad es consecuencia del tamaño de partícula extremadamente pequeño y alta capacidad de hinchamiento. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material.

Un aumento de plasticidad produce:

- Una retención mayor de agua que se traduce en una mayor contracción de secado un aumento de la posibilidad de formación de grietas.
- Una mayor ductilidad de los productos moldeados.

4.3.3. Merma

Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado.

4.3.4. Refractariedad

Todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción.

4.3.5. Porosidad

El grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.

4.3.6. Color

Las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro, carbonato cálcico.

5. Ladrillo

Según: Ladrillos Cerámicos. Clasificación y Condiciones Generales. Norma INEN 293. (1977), define al ladrillo.

5.1. Definición

Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en forma paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería.

El ladrillo es un material utilizado en la construcción, fabricado de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones.

Los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800°C. Una vez cocidos, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico¹.

5.2. Clasificación

Ladrillo común (mambrón). Es el ladrillo moldeado a mano.

Ladrillo a máquina. Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continúa.

Ladrillo reprensado. Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.

Ladrillo macizo. Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.

Ladrillo hueco. Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.

5.3. Dimensiones

Las dimensiones de los ladrillos tendrán los siguientes nombres:

Largo l. Es la mayor dimensión de un ladrillo.

Ancho a. Es la dimensión intermedia de un ladrillo.

Alto h. Es la menor dimensión de un ladrillo.

Tabla 3: Dimensiones de Ladrillos Cerámico en cm.

(1) Tipo de ladrillo	(2) Largo l	(3) Ancho a	(4) Tipo de ladrillo h
común	39	19	9
de máquina	39	19	9
represando	29	14	9
	29	19	9
hueco	29	14	9
	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Fuente: Norma INEN INEN.NTE 293(1977)

5.4. Elaboración del ladrillo

Según la Revista Los Andes. La Actividad de ladrillo un negocio poco rentable. (2007). Menciona el siguiente proceso de elaboración.

- Se extrae tierra negra y blanca en igual proporción.
- Se mezclan con aserrín en proporción de 10 sacos de 30 kg, para 1000 ladrillos.
- Se proceden a humedecer, durante la noche.
- Luego, se amasan estos dos materiales, con azadón y se lo hace pisar con ganado vacuno durante dos horas.
- Se procede a la elaboración utilizando moldes de madera, que tienen compartimientos para ocho ladrillos a cada lado, de 20cm de largo, 9 cm de alto y 10 cm de ancho.
- Se dejan secar en los tendales para, inmediatamente, colocar en pilluas o bancos, en los que se colocan 20 filas de ladrillos durante un tiempo aproximado de 15 a 20 días, transcurridos los cuales se los lleva a los hornos.
- La 'quema' dura entre 24 y 48 horas, dependiendo de la calidad del combustible, es este caso la leña, y se enfrían durante cinco días.

5.4.1. Proceso de fabricación

Según Rebeca García Mariscal en su Monografía “Estudio sobre los Materiales Cerámicos en España” (2008). Señale el siguiente proceso:

1. Extracción
2. Preparación mecánica
3. Moldeo
4. Secado
5. Cocción

5.4.1.1. Extracción

La explotación de arcillas comunes se realiza generalmente a cielo abierto. Se prefiere explotar los depósitos sin monteras o de escaso espesor, debido a que pueden aparecer gravas, nódulos de carbonatos y acumulaciones de materia orgánica no deseables en las materias primas. La extracción se realiza mediante palas mecánicas o excavadoras.

5.4.1.2. Preparación mecánica

La materia prima procedente de cantera pasa por procesos de trituración, tamizado, mezclado y amasado. El tamizado tiene por objeto aumentar el valor cerámico de la arcilla, ya que se eliminan las partículas grosera y algunas impurezas de distinta naturaleza. A la etapa de mezclado y amasado el material llega en tamaños inferiores al milímetro, y en este proceso se pretende dotar al producto de una homogeneidad y humedad que le confiere una buena resistencia mecánica.

5.4.1.2.1. Ingredientes de la pasta cerámica

Existen tres ingredientes principales para la elaboración de la pasta cerámica¹.

- los elementos plásticos
- los magros o desengrasantes
- los fundentes.

1. RODEES DANIEL. ARCILLA Y VIDRIADO PARA EL CERAMISTA Y CERÁMICA VIVA. (1986).

La proporción y calidad de estos tres ingredientes determinará el producto cerámico.

- **Elementos Plásticos**

Son las arcillas y caolines que forman la base de las pastas cerámicas debido a su plasticidad.

- **Elementos Magros o Desengrasantes**

Son la sílice, la arena, trozos molidos de terracota y las arcillas silíceas. Son materiales arenosos que reducen la excesiva plasticidad de algunas arcillas, pues así no retienen tanta cantidad de agua disminuyendo su adherencia al estar húmedas, por lo que es menor la dificultad para su manejo y moldeo.

Además se logra que la contracción de las piezas sea menor al secarse la pasta. Se deben añadir finamente molidos para no quitar homogeneidad.

Son utilizadas para reducir su excesiva plasticidad, para aumentar la porosidad así como facilitar el secado del objeto.

Desgrasantes más utilizados

- **Arena de cuarzo.**- SiO₂ o anhídrido silícico, pueden estar en la misma arcilla o añadirse. Aumenta el volumen al elevar la temperatura reduciendo la contracción de la pasta aunque un calentamiento brusco produce una expansión violenta que podría romper la pieza.

- **Desgrasantes orgánicos.**- Como aserrín o carbón que al quemarse en el horno dan piezas de alta porosidad y poco peso.

Elementos Fundentes

Se añaden a la pasta para reducir la temperatura de cocción ya que bajan el punto de fusión del material, abaratando costos y permitiendo la parcial vitrificación de las piezas.

Son los feldespatos, las micas, la cal, los fosfatos, los vidrios pulverizados y las arcillas fundentes, ferrosas y calcáreas.

El carbonato cálcico es el más utilizado ya que muy frecuentemente es impureza de la arcilla, no siendo necesario añadirlo. El aporte calizo es sin embargo perjudicial para la pieza y conviene reducirlo o molerlo finamente. También se usan sosa y potasa.

5.4.1.3. Moldeo

En esta etapa se realiza un control de humedad y se evalúa la capacidad de moldeo mediante la determinación de la plasticidad, bien por métodos directos en el que el material se somete a esfuerzos medibles, o indirectos donde la plasticidad se expresa en función del agua que hay que añadir a la mezcla para obtener los valores óptimos.

Sistemas utilizados

En el archivo obtenido en Internet titulado **Tema 4: Materiales Pétreos Artificiales. Cerámicos.** pp 16, señala los siguientes sistemas.

Manual

Sólo se aplica en piezas muy especiales y de baja producción cuando no interesa montar una instalación mecanizada.

Da piezas porosas por necesitar bastante agua de amasado pero de superficie rugosa de buena adherencia a morteros.

Mecánicos

El moldeo a máquina tiene por principal objeto conseguir una producción mayor, con lo que el costo unitario se rebaja considerablemente, mejorando al mismo tiempo la uniformidad en los productos.

Otra ventaja es la enorme disminución de agua en la mezcla y como consecuencia de ello, la necesidad de menor espacio, ya que los ladrillos tienen una resistencia en verde mayor y, por tanto, se pueden apilar para su secado que también será menor en tiempo pues la eliminación de agua también es menor.

5.4.1.4. Secado

Durante este proceso se elimina, mediante diversas técnicas, el exceso de agua procedente de la etapa anterior. Se controlan los siguientes factores: velocidad, contracción y roturas de secado. Los secados naturales (al aire libre) son los más antiguos pero están sujetos a limitaciones estacionales. Por ello, se tiende a utilizar secadores artificiales que permiten un mejor control, producción continuada y menores pérdidas de productos.

En el archivo obtenido en Internet titulado Tema 4: Materiales Pétreos Artificiales. Cerámicos. pp 16, señala que según Bourry, durante la eliminación del agua se observa que:

- La pasta disminuye de volumen, proporcionalmente al agua eliminada.
- Comienzan a formarse huecos y la pasta sigue contrayéndose.
- El volumen deja de disminuir, y los huecos que se producen son proporcionales al agua eliminada.

5.4.1.5. Cocción

Después del moldeo y secado, la cocción es el proceso fundamental que imparte las propiedades definitivas a las piezas fabricadas. Los factores a tener en cuenta son de dos tipos: los relativos al horno y las características del producto a cocer.

En el primer caso se requiere que la atmósfera del horno no tenga impureza y un control del tiempo y temperatura. En el segundo, es necesario controlar los cambios dimensionales durante la cocción, la temperatura y margen de vitrificación, también es conveniente que los productos a cocer sean uniformes, evitando que piezas de distintas dimensiones entren a la vez en el horno lo que produciría grietas, deformaciones y roturas. Una vez finalizada la cocción se extrae el material del horno y se enfría.

5.5. Ladrillos Cerámicos Ensayos

El ladrillo elaborado en chambo según la Clasificación que se encuentra en la norma INEN 297. Ladrillos Cerámicos Requisitos (1976). Clasifica a este ladrillo cerámico macizo, de acuerdo a su calidad; perteneciendo al Tipo C.

Ya que cumple con las siguientes características fundamentales:

“El tipo C, será fabricado a mano, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, presenta imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8mm “

De acuerdo a la clasificación dada, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 4.

Tabla 4: Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa		Resistencia mínima a la flexión MPa	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 Unidades	Individual	Promedio de 5 Unidades	Promedio de 5 Unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25

Fuente: Norma INEN INEN.NTE 297(1977)

5.5.1. Determinación de la Resistencia a la Compresión

Según: La norma INEN 294. Ladrillos Cerámicos. De La Resistencia A La Compresión. Señala lo siguiente:

Definición: Consiste: “En la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible”.

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Máquina de Compresión
2. Flexómetro
3. Calibrador
4. Probetas de ensayo (ladrillos)

Preparación de la muestra

Las muestras a utilizarse consisten en mitades con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.

5.5.2. Determinación de la Resistencia a la Flexión

Según la norma INEN 295. Ladrillos Cerámicos. De La Resistencia A La Flexión.

Señala que el ensayo consiste en:

“En la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible”.

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Máquina de Flexión (la longitud de los apoyos por lo menos igual al ancho de la muestra y que aseguren un contacto total y permanente con la misma).
2. Flexómetro
3. Calibrador
4. Probetas de ensayo

Preparación de la muestra

Las muestras a utilizarse consistirán: en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.

5.5.3. Determinación de Absorción de humedad

Según: La norma INEN 296. Ladrillos Cerámicos. Determinación De Absorción De Humedad. Señala lo siguiente:

Para realizar en ensayo de absorción de humedad “se determinará la masa de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad”

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Balanza mecánica
2. Estufa de desecación
3. Flexómetro
4. Toalla
5. Ladrillos

Preparación de la muestra

La muestra a ensayar consistirá en: “cinco ladrillos enteros, que se desecarán en estufa a 110°C hasta obtener masa constante. Luego se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1%, se repetirá la operación”.

5.6. Factores que afectan a la resistencia de los materiales cerámicos

Según el libro de SMITH WILLIAM. Fundamentos De Ciencia E Ingeniería De Materiales. (1999). Señala que la resistencia disminuye debido a:

El fallo mecánico de los materiales cerámicos tiene lugar principalmente por defectos estructurales. Las causas principales de las fracturas han de buscarse en las grietas superficiales producidas durante los procesos de acabado superficial, poros (porosidad), inclusiones y granos grandes, producidos durante el proceso.

6. Sulfatos

Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el anión SO_4^{2-}

La mayor parte de los sulfatos se genera a partir de una base y del ácido sulfúrico o por reacción del ácido sulfúrico con el metal esto puede generar trasplantes en el átomo de oxígeno.

6.1. Sulfatos inorgánicos

Los sulfatos inorgánicos son las sales del ácido sulfúrico. En la naturaleza se encuentran en forma de yeso, (sulfato de calcio dihidratado $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), baritina (sulfato de bario) o sulfato de sodio (Na_2SO_4). Por oxidación se forma de los sulfuros de muchos elementos cuando estos entren en contacto con el oxígeno del aire.

Los sulfatos solubles precipitan en presencia de cloruro de bario incluso de solución ácida en forma de sulfato de bario (BaSO_4) como sólido blanco. Si al mismo tiempo hay permanganato presente este puede ser incluido en el precipitado dándole un color ligeramente rosáceo.

Con sodio metálico es reducido al sulfuro (Cuidado: reacción muy violenta) y puede ser determinado como tal.

6.2. Sulfatos orgánicos

Los sulfatos orgánicos son ésteres del ácido sulfúrico con la fórmula genérica $\text{R-O-SO}_2\text{-O-R}'$. Se pueden formar directamente del alcohol correspondiente y del ácido sulfúrico o del trióxido de azufre o a partir del alcohol y el cloruro de sulfurilo (Cl_2SO_2) en presencia de una base.

IV. METODOLOGÍA

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Para esta investigación las estrategias metodológicas tienen la finalidad de analizar y elaborar un ladrillo con los materiales del Cantón Chambo que cumpla con requisitos de calidad.

Esta investigación va a ser clasificada de acuerdo a su finalidad como una investigación aplicada, debido a la utilización de los conocimientos, como son los ensayos que se requieren en la práctica para elaborar un ladrillo de calidad.

Según la clase de medios utilizados para obtener los datos es una investigación exploratoria que utiliza la observación de campo mediante una observación directa, por entrevistas y encuestas de hecho.

Esta investigación se va a desarrollar dentro de un campo de conocimientos científicos, cuyos resultados van a ser obtenidos metódicamente y con reglas precisas y explícitas dadas por las normas.

El tipo de razonamiento empleado es racional –empírico, debido a que la investigación sobre la elaboración de un ladrillo de calidad; va a ser con los elementos que utilizan los artesanos empíricamente, y también con una posición racional, fundamentada principalmente en teorías y ensayos que se realizaran para determinar la investigación.

4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1. Población

Las 137 fábricas ladrillos del cantón Chambo y los 68500 ladrillos producidos diariamente con la materia prima obtenida en las comunidades de Lluclud, Guayllabamba, Quintus.

4.2.2. Muestra

La muestra constituirá la fabricación de 35 ladrillos de cada mezcla en estudio.

El número de fábricas de ladrillos del cantón Chambo, en donde se entrevistará para indagar sobre la Metodología de elaboración del ladrillo es de 48.

El número de profesionales a los que se encuestara para conocer, los problemas que han tenido con el ladrillo del cantón Chambo es de 35.

4.2.2.1. Número de muestras

Como la población es finita, es decir conocemos el total de la población y deseásemos saber cuántos del total tendremos que estudiar la respuesta sería:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población= 68500

$Z_{\alpha}^2 = 1.962$ (si la seguridad es del 95%).

p = proporción esperada.

q = 1 - p

d = precisión (en este caso deseamos un 10%).

En nuestro caso se conoce que N=68500 ladrillos (producción diaria)

$$n = \frac{68500 * 1.962^2 * 0.1 * 0.9}{0.10^2 * (68500 - 1) + 1.962^2 * 0.1 * 0.9}$$

Determinamos que la muestra es de n=35 ladrillos (se deben realizar 35 ladrillos para cada mezcla).

4.2.2.2. Número de fábricas a entrevistar

Para determinar el número de fábricas a indagar, para conocer sobre la metodología de elaboración se toma en consideración los siguientes datos:

N = Total de la población =137 fábricas.

$Z_{\alpha}^2 = 1.962$ (si la seguridad es del 95%).

p = proporción esperada.

q = 1 - p

d = precisión (en este caso deseamos un 5%).

$$n = \frac{137 * 1.962^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2 * (137 - 1) + 1.962^2 * 0.05 * 0.95}$$

Determinamos que la muestra es 48 fábricas a entrevistar.

4.2.2.3. Número de profesionales a encuestar

Para conocer el número de profesionales a los que se encuestará para conocer si han tenido problemas con el ladrillo del Cantón Chambo. Se ha considerado que la población es infinita donde:

$Z_{\alpha}^2 = 1.962$ (ya que la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 10%)

q = 1 - p

d = precisión (en este caso deseamos un 10%)

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2} = 35$$

Por lo que el número de encuestas para los profesionales de la construcción es de 35.

4.2.3. Operacionalización de Variables

Variable Dependiente

Tabla 5. Cuadro de variables dependientes.

Variables	Conceptos	Dimensión	Indicadores	Ítems
Calidad del ladrillo	Determinar si cumplen con las especificaciones técnicas de calidad: resistencia a la compresión, flexión y porcentaje de absorción de humedad	Requisito a la compresión	Resistencia a la compresión	<ul style="list-style-type: none"> • 0 a 1.49 MPa • 1.50 a 8 MPa • 8 a más MPa
		Requisito a la flexión	Resistencia a la Flexión	<ul style="list-style-type: none"> • 0 a 1.99 MPa • 2 a más MPa
		Requisito de Porcentaje de absorción de humedad	Porcentaje de Absorción de Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • 0 a 24.99% • 25% a más

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Variable Independiente

Tabla 6. Cuadro de variables independientes.

Variables	Conceptos	Dimensión	Indicadores	Ítems		
Metodología de elaboración del ladrillo	Es el tipo de procesos y técnicas; utilizando los medios y herramienta que se emplean así como los materiales o componentes utilizados en las mezclas para la fabricación de los ladrillos.	Tipo de proceso	Nivel de Mecanización o industrialización	<ul style="list-style-type: none"> • Artesanal • Mecanizado 		
		Medios o herramientas	Tipo de medios o herramientas	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado • Pala pico o azadón • Mezcladora o molino • Moldes • Horno Artesanal. • Horno Vertical con control de temperatura. 		
				Materiales o componentes de la mezcla	Calidad de barro (tierra negra o limo arcilloso)	<ul style="list-style-type: none"> • El grupo CL, LL < 50% e Ip > 7%. • El grupo CH, LL > 50%.
				Uso de aserrín	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 	
				Uso ceniza, cal, polvo de ladrillos, carbón, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 	
Adición de arcilla a la tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Si • No 					

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

4.2.4. Procedimientos

1) Recopilar información

La persona que va a recolectar la información en campo es el tesista, a través de encuestas y entrevistas.

2) Suministro de material

Se realizará observaciones del lugar, utilización de equipos o herramientas para su extracción, profundidad de excavación; y se proveerá de la materia prima de las comunidades consideradas para el estudio, como son principalmente de Llacud, Guayllabamba y Quintus.

3) Ensayo de mecánica de suelos

Las muestras de suelo en estudio serán llevadas hasta el laboratorio para determinar límite líquido, límite plástico, índice plástico, granulometría, porcentaje de absorción y peso específico.

4) Análisis de la Metodología de producción

El análisis se lo realiza en las 48 fábricas que constituye la muestra obtenida de las 137 fábricas, con un nivel de confianza del 95% con una precisión del 5%.

5) Fabricación de ladrillos

Con la ayuda del productor artesanal del ladrillo, se elaborará adecuadamente este producto.

Las muestras a realizarse serán de 35 para cada mezcla de barro (para obtener un nivel de confianza del 95%, con una precisión del 10%).

En esta etapa se tomará especial atención a:

- Granulometría.
- Características físicas del aserrín (tamaño).

- Proceso de fabricación.
- Quema en hornos.

6) Ensayo del ladrillo terminado

Se obtendrán muestras de las 9 mezclas de barro de los ladrillos de Chambo, con los cuales se realizarán ensayos:

- Determinación de la Resistencia a la Compresión.
- Determinación de la Resistencia a la Flexión.
- Determinación de Absorción de humedad.

Esta etapa es fundamental, pues con los resultados de los ensayos de mecánica de suelos, y con los datos sobre su proceso de elaboración, podremos relacionar varios factores y determinar que componente se encuentra ayudando o perjudicando al ladrillo.

4.2.4.1. Procedimiento y análisis

Con los resultados obtenidos se procederá a realizar un análisis lógico. Una vez que se obtengan los resultados con las técnicas usadas se podrá interpretar los resultados.

Mediante la utilización de procedimientos estadísticos los mismos que suministran medios valiosos para la apreciación de los resultados de las pruebas realizadas, nos permitirán ratificar los criterios y las especificaciones de diseño.

Para los diferentes ensayos se utilizará muestras de los lugares de donde se extrae el suelo usado para la elaboración de ladrillos, y se procede a realizar los diferentes ensayos como son granulometría, límites líquidos, límites plásticos, peso específico y porcentaje de absorción. Para cada uno de estos ensayos se deberá cumplir con las normas básicas para obtener valores representativos estadísticamente.

Luego de haber obtenido una serie de resultados de cada ensayo, serán colocadas en una ilustración de frecuencias.

Pasos a seguir:

1. Encontrar el promedio general X , que será conocido como:

$$X = \frac{\sum x_i}{N}$$

2. Hallar la desviación estándar δ

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum X_i - \frac{\sum X_i}{N}}{N - 1}}$$

3. Luego el factor de mayoración k .

Tabla 7. Factor de Mayoración k .

Número total de ensayos Considerados	Factor k para incrementar la Desviación estándar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 o más	1

Fuente: Norma INEN 1855-2:2002 Anexo B

Se realizará una interpolación lineal para un número de ensayos dentro de este rango.

De requerir un factor de mayoración (k), cuyos números de ensayos estén fuera del rango tabulado se puede obtener basándose en la curva.

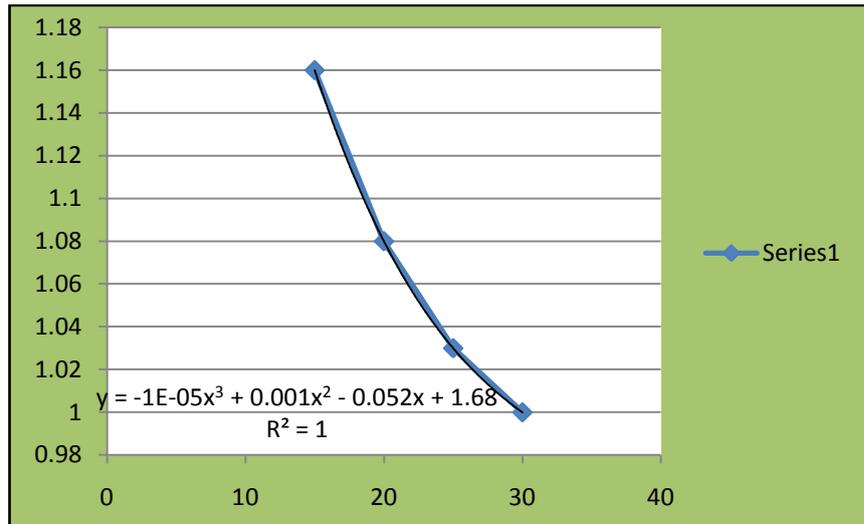


Figura 3: Factor k vs. Números de ensayos.

Se obtiene que para un Número de 5 ensayos el factor de mayoración (k) sea 1,44375.

4. Al final obtenemos el valor final.

$$X = X_i - 1,34 * k * \delta$$

Donde:

X_i = Promedio general de los ensayos

K = Factor de mayoración

δ = Desviación estándar

V. RESULTADOS

Para realizar la elaboración de un ladrillo motivo de este estudio que sea elaborado con los materiales del cantón Chambo y que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias, se determinó la calidad del principal componente del ladrillo, el suelo.

De los tres suelos (suelo de las comunidades de Guayllabamba, Llucud y Quintus pertenecientes al cantón Chambo), se determinó las diferentes propiedades tanto físicas y mecánicas.

Además se analizó los métodos de producción que utilizan los productores de ladrillo del cantón Chambo, con lo que se logró determinar las causas por las que se obtiene un producto de baja calidad.

Se logró encontrar la cantidad de material necesaria para lograr un ladrillo que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias.

Después de realizar tres dosificaciones de acuerdo al material de suelo empleado, con diferente cantidad de aserrín y diferente cantidad de polvo de ladrillo; se realizó los ensayos de compresión, flexión y absorción de humedad.

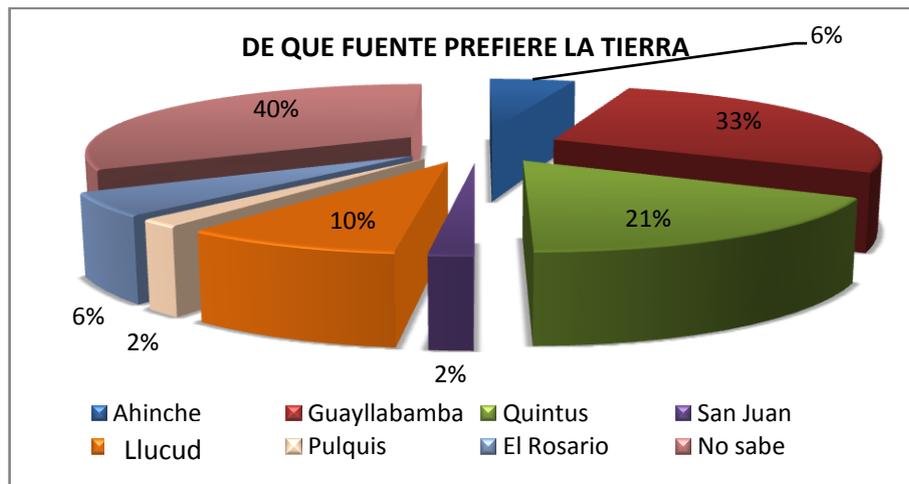
5. Materiales

5.1. Muestra de Suelo

5.1.1. Generalidades

En el cantón Chambo se elabora los ladrillos con diferentes tipos de suelo, en nuestro caso se analizó tres tipos. Los lugares seleccionados fueron: Guayllabamba, Llucud y Quintus; esta selección se obtuvo mediante entrevistas a los productores artesanales del ladrillo del cantón Chambo, siendo estos lugares los más usados para fabricar sus ladrillos.

Figura 4. Entrevista a productores de ladrillo de Chambo- De que fuente prefiere la tierra



Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Figura 5. Fuentes de tierra para elaboración de ladrillos



Fuente Guayllabamba



Fuente Quintus



Fuente Lluclud

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Con este antecedente se analizó las propiedades del principal componente usado para hacer el ladrillo.

Este componente es utilizado ya sea solo o en mezcla. La muestra de suelo de Guayllabamba debido a su color característico negro es conocida por los productores de ladrillo del cantón Chambo como tierra negra, mientras que la tierra de Quintus y Lluclud es conocida como tierra blanca.

Se clasificaron las tres muestras de tierra en estudio, según las Normas correspondientes, mediante ensayos de Granulometría, Límite Líquido, Límite Plástico, Peso Específico y Porcentaje de Absorción.

5.1.2. Propiedades Físicas

5.1.2.1. Granulometría (INEN 685)

Según la Norma INEN 685 Mecánica de suelos terminología, define a la granulometría, como la proporción de material de cada tamaño de partículas presentes en un determinado suelo.

El instrumental que se debe usar para este ensayo es: *una balanza de 20kg, bandeja, horno, tamices serie fina: N°4, 10, 40, 100 y 200, tamizadora.* (Figura 6).

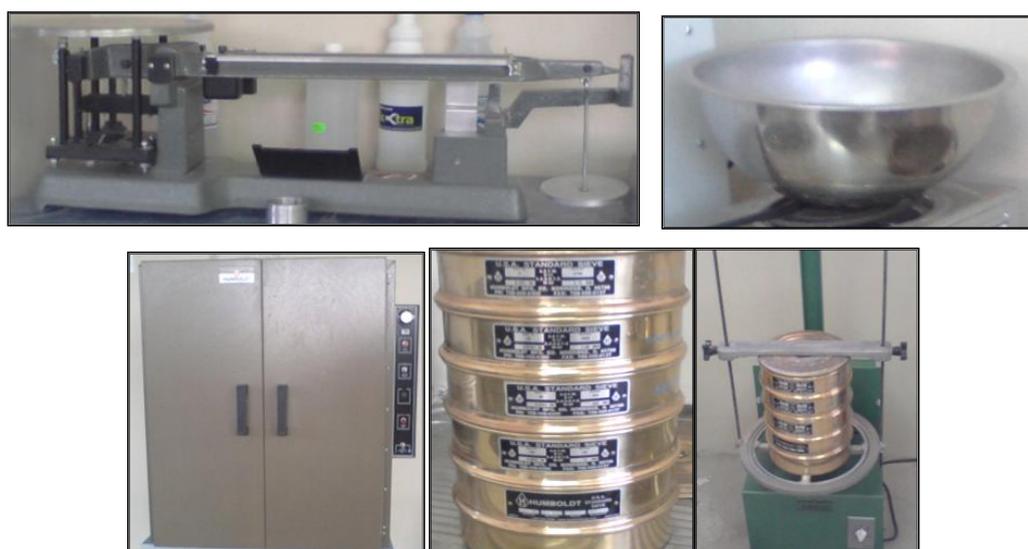


Figura 6: Instrumental para granulometría.

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Tomar 500 g de la muestra de suelo
- b) Añadir agua a la muestras y dejarla así de cuatro a seis horas
- c) Colocar la muestra en el tamiz N° 200
- d) El agregado que retiene este tamiz se coloca en el horno por 24 horas
- e) Sacamos la muestra del horno y pesamos
- f) Armar la serie de tamices: N° 4, 10, 40, 100, 200 y bandeja
- g) Poner la muestra en los tamices
- h) Colocar los tamices en la tamizadora por 5 minutos
- i) Registrar los pesos acumulados de lo que retiene cada uno de los tamices
- j) Repetir este procedimiento para cuatro muestras restantes
- k) Calcular y tabular los datos obtenidos. (Figura 7).



Figura 7: Procedimiento para granulometría.

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 8. Granulometría de la Muestra de suelo de Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I						
INFORME DE ENSAYOS	TESIS					
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.					
REALIZADO SOBRE						
MUESTRA DE SUELO GUAYLLABAMBA						
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO						
DESCRIPCION	% PASA					
NUMERO DE ENSAYOS N°	% QUE PASA TAMIZ N° 4	% QUE PASA TAMIZ N° 10	% QUE PASA TAMIZ N° 40	% QUE PASA TAMIZ N° 100	% QUE PASA TAMIZ N° 200	% QUE PASA BANDEJA
1	100	93	65	49	31	0
2	100	95	69	51	32	0
3	100	95	69	49	33	0
4	100	96	70	51	32	0
5	100	95	69	53	34	0
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	500.00	474.47	342.02	253.11	162.52	0.00
$\% PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	100.00	94.89	68.40	50.62	32.50	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})$	0.00	-1.83	-3.39	-1.78	-1.15	0.00
	0.00	0.24	0.43	0.03	-0.36	0.00
	0.00	0.56	0.43	-1.60	0.29	0.00
	0.00	1.17	1.76	0.53	-0.70	0.00
	0.00	-0.14	0.78	2.82	1.92	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	3.33	11.48	3.16	1.32	0.00
	0.00	0.06	0.18	0.00	0.13	0.00
	0.00	0.31	0.18	2.55	0.08	0.00
	0.00	1.37	3.10	0.28	0.49	0.00
	0.00	0.02	0.60	7.96	3.70	0.00
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	5.09	15.34	13.94	5.72	0.00
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.00	1.13	1.97	1.87	1.20	0.00
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar		$k = -1E \cdot 05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$			
	n= número de ensayos		n k			
	k= factor de mayoración		5 ensayos 1,44375			
$\% PASA_{CARACT} = \% PASA_{PROMED} - 1,34 * K * \delta$	100.00	92.71	64.59	47.01	30.19	0.00
PORCENTAJE QUE PASA CARACTERISTICA	100.00	93	65	47	30	0.00

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 9. Granulometría de la Muestra de suelo de Lluçud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2						
INFORME DE ENSAYOS	TESIS					
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.					
REALIZADO SOBRE						
MUESTRA DE SUELO LLUCUD						
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO						
DESCRIPCION	ENSAYOS					
NUMERO DE ENSAYOS N°	% QUE PASA TAMIZ N° 4	% QUE PASA TAMIZ N° 10	% QUE PASA TAMIZ N° 40	% QUE PASA TAMIZ N° 100	% QUE PASA TAMIZ N° 200	% QUE PASA BANDEJA
1	100	98	71	51	31	0
2	100	97	70	51	29	0
3	100	97	70	49	31	0
4	100	96	70	49	29	0
5	100	96	68	47	28	0
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	500.00	484.69	348.95	246.76	146.94	0.00
$\% PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	100.00	96.94	69.79	49.35	29.39	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})$	0.00	1.06	1.21	1.65	1.61	0.00
	0.00	0.10	0.57	1.46	-0.72	0.00
	0.00	0.01	-0.28	-0.27	1.71	0.00
	0.00	-0.71	0.34	-0.61	-0.77	0.00
	0.00	-0.46	-1.84	-2.24	-1.82	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	1.13	1.47	2.72	2.60	0.00
	0.00	0.01	0.32	2.14	0.52	0.00
	0.00	0.00	0.08	0.07	2.92	0.00
	0.00	0.51	0.11	0.37	0.60	0.00
	0.00	0.21	3.39	5.00	3.33	0.00
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	1.86	5.37	10.30	9.97	0.00
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.00	0.68	1.16	1.60	1.58	0.00
Factor de Mayoración (k)	δ= desviación estandar		$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$			
	n= número de ensayos		n k			
	k= factor de mayoración		5 ensayos 1,44375			
$\% PASA_{CARACT} = \% PASA_{PROMED} - 1,34 * K * \delta$	100.00	95.62	67.55	46.25	26.33	0.00
PORCENTAJE QUE PASA CARACTERISTICA	100.00	96.00	68.00	46.00	26.00	0.00

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 10. Granulometría de la Muestra de suelo de Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3						
INFORME DE ENSAYOS	TESIS					
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.					
REALIZADO SOBRE						
MUESTRA DE SUELO QUINTUS						
GRANULOMETRIA AGREGADO FINO						
DESCRIPCION	% PASA					
	% QUE PASA TAMIZ N° 4	% QUE PASA TAMIZ N° 10	% QUE PASA TAMIZ N° 40	% QUE PASA TAMIZ N° 100	% QUE PASA TAMIZ N° 200	% QUE PASA BANDEJA
1	100	97	64	45	30	0
2	100	96	59	39	24	0
3	100	96	63	44	30	0
4	100	97	65	46	32	0
5	100	97	66	46	29	0
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	500	483	318	221	144	0
$\% PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	100.00	96.57	63.59	44.17	28.84	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})$	0.00	0.43	0.41	0.83	1.16	0.00
	0.00	-0.22	-4.86	-5.12	-4.71	0.00
	0.00	-0.44	-0.25	0.24	0.82	0.00
	0.00	0.16	1.89	2.26	2.71	0.00
	0.00	0.06	2.82	1.80	0.02	0.00
$(\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	0.19	0.17	0.69	1.35	0.00
	0.00	0.05	23.63	26.26	22.20	0.00
	0.00	0.19	0.06	0.06	0.67	0.00
	0.00	0.03	3.55	5.09	7.34	0.00
	0.00	0.00	7.94	3.24	0.00	0.00
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2$	0.00	0.46	35.36	35.34	31.56	0.00
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\% PASA_i - \% PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.00	0.34	2.97	2.97	2.81	0.00
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar		$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$			
	n= número de ensayos		n k			
	k= factor de mayoración		5 ensayos 1,44375			
$\% PASA_{CARACT} = \% PASA_{PROMED} - 1,34 * K * \delta$	100.00	95.91	57.84	38.42	23.40	0.00
PORCENTAJE QUE PASA CARACTERISTICO	100.00	96.00	58.00	38.00	23.00	0.00

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.2.2. Peso Específico (INEN 856)

Según la Norma INEN 856 Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Fino, define al Peso Específico como la masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

Para realizar este ensayo se debe tener como instrumentos: *una balanza, en este caso de 8000g, molde y compactador metálico, termómetro, agua, picnómetro, horno de secado.* (Figura 8).



Figura 8: Instrumental para obtener el Peso Específico

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Colocar 1200g. de la muestra en un recipiente adecuado y cubrirla con agua, dejar que la muestra durante 24 h±4h.
- b) Eliminar el exceso de agua y extender la muestra de suelo sobre una superficie plana hasta alcanzar la condición saturada superficialmente seca SSS. en el horno hasta que esté en estado SSS.
- c) Para comprobar que la muestra esté en estado SSS, mantener el molde metálico con el diámetro mayor hacia abajo, colocar en el molde en forma suelta la muestra parcialmente seco, compactar con 25 golpes ligeros.

- d) Levantar el molde verticalmente. Si la humedad superficial esta aún presente la muestra mantendrá la forma del molde. Cuando el árido fino se desmorona ligeramente, ello indica que se ha alcanzado la condición SSS.
- e) Llenar el picnómetro con agua hasta el 90% de su capacidad.
- f) Sumergir en baño de maría hasta alcanzar que la temperatura del agua esté a 23°C.
- g) Tomar el peso del picnómetro con agua a los 23°C.
- h) Luego, colocar 500 gr de suelo en estado SSS en el picnómetro.
- i) Introducir agua hasta el 90% de la capacidad, tapar y agitar hasta eliminar todas las burbujas existentes.
- j) Introducir el picnómetro en baño de maría hasta que el agua alcance una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- k) Pesar el picnómetro + suelo + agua.
- l) Repetir todo el procedimiento para cuatro muestras restantes.
- m) Calcular y tabular (Figura 9).



Figura 9: Procedimiento para obtener el Peso Específico

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 11: Peso Específico de la muestra de suelo de Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
DENSIDAD REALIZADO SOBRE MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA		ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
DENSIDAD						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del picnómetro con agua	g	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10
Masa de muestra+picnómetro+agua	g	1488.40	1491.10	1488.50	1493.60	1484.80
DENSIDAD SSS	g/cm3	2.09	2.11	2.09	2.14	2.06
$\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico =)$		10.49				
$PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		2.10				
$PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		-0.01				
		0.02				
		-0.01				
		0.04				
		-0.04				
$(PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2 =$		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
$\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2$		0.00				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		0.03				
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$				
	n= número de ensayos	n k				
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375				
$PesoEspecífico_{CARACT} = PesoEspecífico_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		2.04				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 12: Peso Específico de la muestra de suelo de Lluçud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
DENSIDAD		ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO				
REALIZADO SOBRE		CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON				
MUESTRA DE SUELO DE LLUCUD		LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
DENSIDAD						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del picnómetro con agua	g	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10
Masa de muestra+picnómetro+agua	g	1496.20	1496.30	1497.40	1499.30	1497.60
DENSIDAD SSS	g/cm3	2.16	2.16	2.17	2.19	2.17
$\sum_{i=1} (PesoEspecífico =)$		10.85				
$PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		2.17				
$PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		-0.01				
		-0.01				
		0.00				
		0.02				
		0.00				
$(PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2 =$		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
$\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2$		0.00				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		0.01				
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$				
	n= número de ensayos	n		k		
	k= factor de mayoración	5 ensayos		1,44375		
$PesoEspecífico_{CARACT} = PesoEspecífico_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		2.15				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 13: Peso Específico de la muestra de suelo de Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
DENSIDAD		ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO				
REALIZADO SOBRE		CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON				
MUESTRA DE SUELO DE QUINTUS		LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
DENSIDAD						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa del picnómetro con agua	g	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10	1227.10
Masa de muestra+picnómetro+agua	g	1504.70	1499.00	1502.40	1499.50	1503.60
DENSIDAD SSS	g/cm ³	2.24	2.19	2.22	2.19	2.23
$\sum_{i=1} (PesoEspecífico =)$		11.07				
$PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		2.21				
$PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO} =$		0.03				
		-0.03				
		0.01				
		-0.02				
		0.02				
$(PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2 =$		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
		0.00				
$\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2$		0.00				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (PesoEspecífico - PesoEspecífico_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		0.02				
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$				
	n= número de ensayos	n k				
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375				
$PesoEspecífico_{CARACT} = PesoEspecífico_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		2.17				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.2.3. Porcentaje de Absorción (INEN 856)

Según la Norma INEN 856 Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción, define a la Absorción como el incremento de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

En este ensayo se utiliza los siguientes equipos: *una balanza de 8000 g, horno de secado.* (Figura 10).



Figura 10: Instrumental para obtener el Porcentaje de Absorción

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Tomar 500 g de la muestra de suelo en estado SSS
- b) Colocar la muestra en el horno por 24 horas
- c) Pesar la muestra seca
- d) Calcular y tabular los datos obtenidos.

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 14. Porcentaje de Absorción – Muestra de suelo Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
PORCENTAJE DE ABSORCION		ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO				
REALIZADO SOBRE		CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON				
MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA		LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
PORCENTAJE DE ABSORCION						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa muestra seca al horno	g	429.00	439.00	432.60	442.30	432.70
PORCENTAJE DE ABSORCION	%	16.55	13.90	15.58	13.05	15.55
$\sum_{I=1} (\% Absor) =$		74.62				
$\% Absor_{PROMEDIO} =$		14.92				
$\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO} =$		1.63				
		-1.03				
		0.66				
		-1.88				
		0.63				
$(\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2 =$		2.64				
		1.06				
		0.43				
		3.53				
		0.40				
$\sum_{i=1}^n (\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2$		8.06				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		1.42				
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$				
	n= número de ensayos	n k				
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375				
$\% Absorción_{CARACT} = \% Absor_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		12.18				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 15. Porcentaje de Absorción – Muestra de suelo Lluçud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
PORCENTAJE DE ABSORCION		ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
REALIZADO SOBRE						
MUESTRA DE SUELO LLUCUD						
PORCENTAJE DE ABSORCION						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa muestra seca al horno	g	436.40	435.30	431.20	435.50	443.30
PORCENTAJE DE ABSORCION	%	14.57	14.86	15.96	14.81	12.79
$\sum_{i=1}^n (% Absor) =$		72.99				
$% Absor_{PROMEDIO} =$		14.60				
$% Absor - % Absor_{PROMEDIO} =$		-0.02				
		0.26				
		1.36				
		0.21				
		-1.81				
$(% Absor - % Absor_{PROMEDIO})^2 =$		0.00				
		0.07				
		1.84				
		0.04				
		3.27				
$\sum_{i=1}^n (% Absor - % Absor_{PROMEDIO})^2$		5.23				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (% Absor - % Absor_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		1.14				
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$				
	n= número de ensayos	n k				
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375				
$% Absorción_{CARACT} = % Absor_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		12.39				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 16. Porcentaje de Absorción – Muestra de suelo Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3						
INFORME DE ENSAYOS		TESIS				
PORCENTAJE DE ABSORCION		ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO				
REALIZADO SOBRE		CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON				
MUESTRA DE SUELO QUINTUS		LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
PORCENTAJE DE ABSORCION						
DESCRIPCION		ENSAYOS				
		1	2	3	4	5
Masa de la muestra SSS	g	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Masa muestra seca al horno	g	438.90	438.60	450.10	446.80	450.90
PORCENTAJE DE ABSORCION	%	13.92	14.00	11.09	11.91	10.89
$\sum_{I=1} (\% Absor) =$		61.80				
$\% Absor_{PROMEDIO} =$		12.36				
$\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO} =$		1.56				
		1.64				
		-1.27				
		-0.45				
		-1.47				
$(\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2 =$		2.44				
		2.68				
		1.62				
		0.21				
		2.16				
$\sum_{i=1}^n (\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2$		9.11				
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\% Absor - \% Absor_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$		1.51				
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar		$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$			
	n= número de ensayos		n		k	
	k= factor de mayoración		5 ensayos		1,44375	
$\% Absorción_{CARACT} = \% Absor_{PROMEDIO} - 1.34 * k * \delta$		9.44				

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.2.4. Contenido de Agua (INEN 690)

Según la Norma INEN 685 Mecánica de suelos terminología, define al Contenido de agua como la relación entre la masa del agua intersticial o de poro y la masa de las partículas sólidas.

En este ensayo se utiliza los siguientes equipos: *una balanza sensible a 0,01g, recipientes, horno de secado.* (Figura II).



Figura II: Instrumental para Contenido de Agua.

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Tomar una muestra representativa del suelo, la cual está en función del tamaño máximo de las partículas. En nuestro caso el tamaño máximo de partículas está definido por el tamiz No. 10 por lo que la masa mínima es de 50g.
- b) Determinar la masa del recipiente.
- c) Colocar en el recipiente la masa representativa del suelo a ensayarse. Registrar la masa.
- d) Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas.
- e) Pesar la muestra seca.
- f) Calcular y tabular los datos obtenidos.

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 17. Contenido de agua – Muestra de suelo Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I		
INFORME DE ENSAYOS	PROYECTO	
CONTENIDO DE AGUA	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO	
REALIZADO SOBRE	CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN	
MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA	CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS	
CONTENIDO DE AGUA (W %)		
DESCRIPCIÓN	W (%)	
NUMERO DE ENSAYOS N°		
1	30.1%	
2	31.8%	
3	31.5%	
4	31.6%	
5	31.5%	
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	156.5%	
$\%PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	31.30%	
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})$	-1.2%	
	0.5%	
	0.2%	
	0.3%	
	0.2%	
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.014%	
	0.003%	
	0.000%	
	0.001%	
	0.000%	
$\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.019%	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.682%	
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n = número de ensayos	n k
	k = factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$\%PASA_{CARACT} = \%PASA_{PROMED} - 1,34 * k * \delta$		29,981%
PORCENTAJE CONTENIDO DE AGUA % CARACTERISTICO		30.0%

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 18. Contenido de agua – Muestra de suelo Lluçud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2	
INFORME DE ENSAYOS	PROYECTO
CONTENIDO DE AGUA	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS
REALIZADO SOBRE	
MUESTRA DE SUELO DE LLUCUD	
CONTENIDO DE AGUA (W %)	
DESCRIPCION	W (%)
NUMERO DE ENSAYOS N°	
1	18.4%
2	17.6%
3	17.7%
4	17.8%
5	17.6%
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	89.1%
$\%PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	17.82%
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})$	0.58%
	-0.22%
	-0.12%
	-0.22%
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.003%
	0.000%
	0.000%
	0.000%
$\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.004%
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.333%
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar
	$n =$ número de ensayos
	$k = -1E-05n^2 + 0.001n^2 - 0.052n + 1,68$
	$n = 5$ ensayos
	$k = 1,44375$
$\%PASA_{CARACT} = \%PASA_{PROMEDIO} - 1,34 * K * \delta$	17.173%
PORCENTAJE CONTENIDO DE AGUA % CARACTERISTICO	17.2%

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo
 Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 19. Contenido de agua – Muestra de suelo Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3	
INFORME DE ENSAYOS	PROYECTO
CONTENIDO DE AGUA	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO
REALIZADO SOBRE	CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN
MUESTRA DE SUELO DE QUINTUS	CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS
CONTENIDO DE AGUA (W %)	
DESCRIPCION	W (%)
NUMERO DE ENSAYOS N°	
1	13.4%
2	13.1%
3	13.0%
4	13.1%
5	13.0%
$\sum_{i=1}^n (\% PASA_i)$	65.6%
$\%PASA_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	13.12%
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})$	0.28%
	-0.02%
	-0.12%
	-0.02%
	-0.12%
$(\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.001%
	0.000%
	0.000%
	0.000%
	0.000%
$\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2$	0.001%
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\%PASA_i - \%PASA_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0.164%
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar
	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n = número de ensayos
	k = factor de mayoración
	5 ensayos 1,44375
$\%PASA_{CARACT} = \%PASA_{PROMED} - 1,34 * k * \delta$	12.802%
PORCENTAJE CONTENIDO DE AGUA % CARACTERISTICO	12.8%

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.2.5. Límite Líquido (INEN 685)

Según la Norma INEN 685 Mecánica de suelos terminología. Define al límite líquido como el contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados líquido y plástico.

Para realizar este ensayo se debe tener como instrumentos: *una balanza de 8000 g, un recipiente, 8 recipientes herméticos, horno de secado, agua destilada, vaso de precipitación de plástico graduado de 250 ml, espátula, equipo de casa grande.* (Figura 12).



Figura 12: Instrumental para determinar el Límite Líquido

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Calibrar el equipo de Casagrande de manera que, cuando la copa está localizada a su máxima altura, el calibrador de 10mm pase justamente entre ésta y la base.
- b) Tomar una muestra de alrededor de 250g de material que pase el tamiz No. 40.
- c) Añadir agua destilada a la muestra y mezclar completamente en la fuente, hasta obtener una pasta homogénea

- d) Colocar una porción en la copa, sobre la parte que descansa la base, extenderla rápida y cuidadosamente con la espátula, cuidando que no queden atrapadas burbujas de aire.
- e) Nivelar el suelo con la espátula paralelamente a la base, de tal manera que tenga una profundidad de 10 mm en la sección de espesor máximo.
- f) Con el acanalador, realizar un canal en la muestra, evitando despegarla de la copa, para evitar la rotura de los lados del canal se permite hasta seis recorridos del acanalador.
- g) Girar el manubrio a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, contar los golpes necesarios para que las dos mitades de la muestra se pongan en contacto al fondo del canal, en una distancia continua de alrededor de 10mm.
- h) Anotar el número de golpes para la primera determinación está entre 5-15, la segunda de 15-25, la tercera de 25-35 y el último punto de 35-45 golpes.
- i) Del lugar donde se juntan los bordes del canal, tomar con la espátula una porción de suelo de alrededor de 10g, colocar en un recipiente y determinar el contenido de agua.
- j) Repetir todo el procedimiento para cuatro muestras restantes.
- k) Calcular y tabular.



Figura 13: Procedimiento para determinar el Límite Líquido

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 20: Límite Líquido – Muestra de suelo Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I		
INFORME DE ENSAYOS	TESIS	
LIMITE LIQUIDO	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.	
REALIZADO SOBRE		
MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA		
LIMITE LIQUIDO		
DESCRIPCION	LL	
NUMERO DE ENSAYOS N°		
1	39	
2	38	
3	39	
4	40	
5	41	
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO)$	197	
$L.LIQUIDO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	39	
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})$	0	
	-1	
	0	
	1	
	2	
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	0	
	2	
	0	
	0	
	3	
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	5	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2}{n - 1}}$	1	
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n= número de ensayos	n k
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$L.LIQUIDO_{CARACT} = L.LIQUIDO_{PROMEDIO} - 1,34 * K * \delta$	37	
LIQUIDO LIQUIDO CARACTERISTICO	37	

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 21: Límite Líquido – Muestra de suelo Lluclud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2			
INFORME DE ENSAYOS	TESIS		
LÍMITE LIQUIDO	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.		
REALIZADO SOBRE			
MUESTRA DE SUELO DE LLUCUD			
LÍMITE LIQUIDO			
DESCRIPCION	LL		
NUMERO DE ENSAYOS N°			
1	33		
2	31		
3	31		
4	31		
5	32		
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO)$	158		
$L.LIQUIDO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	32		
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})$	1		
	-1		
	-1		
	-1		
	0		
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	2		
	0		
	0		
	0		
	0		
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	3		
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	1		
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$	
	n= número de ensayos		n
	k= factor de mayoración		5 ensayos
$L.LIQUIDO_{CARACT} = L.LIQUIDO_{PROMEDIO} - 1,34 * K * \delta$	30		
LÍMITE LIQUIDO CARACTERISTICO	30		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 22: Límite Líquido – Muestra de suelo Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3		
INFORME DE ENSAYOS	TESIS	
LIMITE LIQUIDO	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO	
REALIZADO SOBRE	CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON	
MUESTRA DE SUELO QUINTUS	LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.	
LIMITE LIQUIDO		
DESCRIPCION	LL	
NUMERO DE ENSAYOS N°	LL	
1	35	
2	35	
3	34	
4	35	
5	35	
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO)$	174	
$L.LIQUIDO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	35	
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})$	0	
	0	
	-1	
	0	
	0	
$(L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	0	
	0	
	1	
	0	
	0	
$\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2$	1	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.LIQUIDO - L.LIQUIDO_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0	
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n= número de ensayos	n k
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$L.LIQUIDO_{CARACT} = L.LIQUIDO_{PROMEDIO} - 1,34 * K * \delta$	34	
LIMITE LIQUIDO CARACTERISTICO	34	

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.2.6. Límite Plástico (INEN 685)

Según la Norma INEN 685 Mecánica de suelos terminología. Se define al Límite Plástico como el contenido de agua de un suelo remoldeado, en el punto de transición entre los estados plástico y sólido.

Para realizar este ensayo se debe utilizar los siguientes instrumentos: una balanza de 311 g, un recipiente, espátula, 3 recipientes herméticos, agua destilada, vaso de precipitación de plástico graduado de 250 ml, horno de secado, placa de rolado. (Figura 14).|



Figura 14: Instrumental para determinar el Límite Plástico

A continuación se describe el procedimiento de ensayo:

- a) Si se realiza de manera conjunta con el límite líquido, tomar una muestra de alrededor de 30g de material que pase el tamiz No. 40.
- b) Se le añade agua destilada y se la mezcla completamente en la fuente, hasta obtener una pasta de suelo homogénea y plástica, en cantidad suficiente como para moldearla con los dedos como una bola.
- c) Tomar aproximadamente 10g de la muestra, moldearla entre los dedos, en una bola, luego amasar y rodar entre las palmas de las manos hasta que aparezcan en su superficie pequeñas fisuras.
- d) Rotar esta bola entre las puntas de los dedos y la placa de vidrio, hasta formar un rollo de 3mm de diámetro.

e) Recoger las porciones desmenuzadas de los rollos de suelo en un recipiente hermético y determinar el contenido de agua (Figura 15).



Figura 15: Procedimiento para determinar el Límite Plástico

Los resultados que se obtuvieron al finalizar los respectivos ensayos se encuentran detallados en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla 23: Límite Plástico- Muestra de suelo Guayllabamba.

INFORMACION GENERAL RESUMEN I		
INFORME DE ENSAYOS	TESIS	
LIMITE PLASTICO	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO	
REALIZADO SOBRE	CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON	
MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA	LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.	
LIMITE PLASTICO		
DESCRIPCION	LP	
NUMERO DE ENSAYOS N°		
1	33	
2	32	
3	32	
4	32	
5	33	
$\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO)$	162	
$L.PLASTICO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	32	
$(L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2$	1	
	0	
	0	
	0	
	1	
$(L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2$	0	
	0	
	0	
	0	
	0	
$\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2$	1	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	1	
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n= número de ensayos	n k
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$L.PLASTICO_{CARACT} = L.PLASTICO_{PROMEDIO} - 1.34 * K * \delta$	31	
LIMITE PLASTICO CARÁCTERISTICO	31	

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 24: Límite Plástico- Muestra de suelo Lluçud.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 2		
INFORME DE ENSAYOS	TESIS	
LÍMITE PLÁSTICO	ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.	
REALIZADO SOBRE		
MUESTRA DE SUELO DE LLUCUD		
LÍMITE PLÁSTICO		
DESCRIPCIÓN	LP	
NUMERO DE ENSAYOS N°		
1	25	
2	26	
3	26	
4	25	
5	26	
$\sum_{i=1} (L.PLÁSTICO)$	128	
$L.PLÁSTICO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	26	
$(L.PLÁSTICO - L.PLÁSTICO_{PROMEDIO})^2$	-1	
	0	
	0	
	-1	
	0	
$(L.PLÁSTICO - L.PLÁSTICO_{PROMEDIO})^2$	0	
	0	
	0	
	0	
	0	
$\sum_{i=1}^n (L.PLÁSTICO - L.PLÁSTICO_{PROMEDIO})^2$	1	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.PLÁSTICO - L.PLÁSTICO_{PROMEDIO})^2}{n - 1}}$	1	
Factor de Mayoración (k)	$\delta =$ desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n= número de ensayos	n k
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$L.PLÁSTICO_{CARACT} = L.PLÁSTICO_{PROMEDIO} - 1,34 * K * \delta$	25	
LÍMITE PLÁSTICO CARACTERÍSTICO	25	

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 25: Límite Plástico- Muestra de suelo Quintus.

INFORMACION GENERAL RESUMEN 3		
INFORME DE ENSAYOS	TESIS	
LIMITE PLASTICO	ANALISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.	
REALIZADO SOBRE		
MUESTRA DE SUELO QUINTUS		
LIMITE PLASTICO		
DESCRIPCION	LP	
NUMERO DE ENSAYOS N°		
1	28	
2	28	
3	28	
4	28	
5	28	
$\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO)$	140	
$L.PLASTICO_{PROMEDIO} = \frac{\sum}{n}$	28	
$(L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})$	0	
	0	
	0	
	0	
	0	
$(L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2$	0	
	0	
	0	
	0	
	0	
$\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2$	0	
$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L.PLASTICO - L.PLASTICO_{PROMEDIO})^2}{n-1}}$	0	
Factor de Mayoración (k)	δ = desviación estandar	$k = -1E-05n^3 + 0,001n^2 - 0,052n + 1,68$
	n= número de ensayos	n k
	k= factor de mayoración	5 ensayos 1,44375
$L.PLASTICO_{CARACT} = L.PLASTICO_{PROMEDIO} - 1.34 * K * \delta$	28	
LIMITE PLASTICO CARACTERISTICO	28	

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

5.1.3. CLASIFICACIÓN SUCS DE LAS MUESTRAS EN ESTUDIO

A continuación se presentan los datos que se necesitan para la clasificación SUCS, de las muestras de suelo.

5.1.3.1. CLASIFICACIÓN SUCS DE MUESTRA DE SUELO DE GUAYLLABAMBA

En la siguiente tabla se resume los datos obtenidos de los ensayos.

Tabla 26: Datos para criterios de clasificación - Muestra de suelo Guayllabamba

MUESTRA DE SUELO	% GRAVA	%ARENA	% FINOS	LL	LP	Ip
Guayllabamba	0.00	70.00	30.00	37	31	6

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487, nos da los criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo (Figura 16).

El suelo de Guayllabamba se clasifica según el SUCS como una arena ya que más del 50% (Figura 8), de la muestra pasa la malla No. 4, es una Arena con finos ya que más del 12% pasa la malla No. 200.

Figura 16. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487

Arenas El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
		$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
	Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
	Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo
		Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla
		Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo
		Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones (2004)

En la Figura 16, se puede apreciar que se necesita conocer, si el índice de plasticidad esta debajo o arriba de la línea “A”.

Para determinar si la muestra se encuentra sobre o debajo de la línea “A” en la carta de plasticidad, utilizamos la siguiente fórmula.

$$I_{pa} = 0.733(LL - 20)$$

$$I_{pa} = 0.733(37 - 20) = 12.603$$

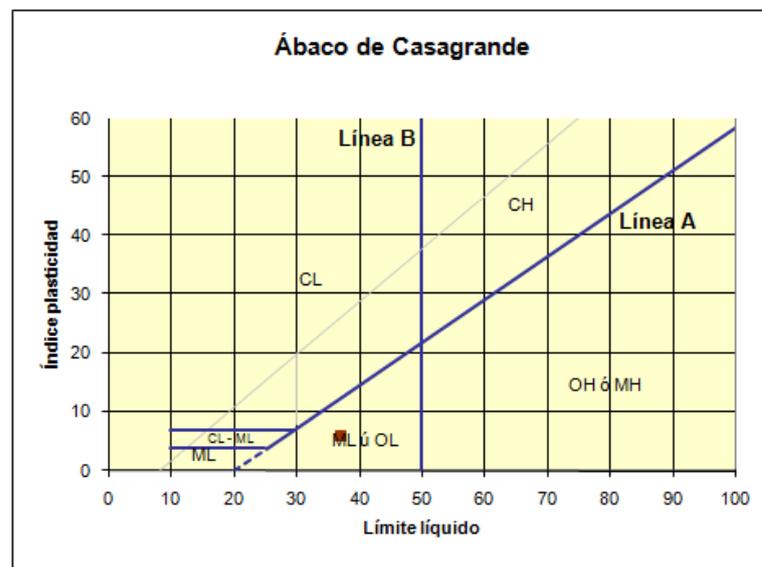
Si el $I_{pa} > I_p$, la muestra de suelo en estudio, se encuentra por debajo de la línea “A”, de lo contrario por encima de la línea “A”; en nuestro caso tenemos:

$$I_{pa} > I_p$$

$$12.603 > 6$$

Entonces, la muestra se encuentra por debajo de la línea “A” (Figura 17).

Figura 17. Ubicación de la muestra de Guayllabamba en el Ábaco de Casagrande



Fuente: Jordi Gonzales Boada. Hoja de Cálculo Geotecnia.

Resultado

La tierra de Guayllabamba se clasificó como una arena limosa SM (Figura 16), contenido 0% grava, 70% de arena y 30% de finos. Su comportamiento mecánico hidráulico está definido por la parte fina del suelo que representa más del 12% del

total de la muestra. Esta parte fina se ha clasificado como un limo de baja plasticidad ML (Figura 17), con Límite Líquido de 37% e Índice de plasticidad de 6%.

5.1.3.2. CLASIFICACIÓN SUCS DE MUESTRA DE SUELO DE LLUCUD

En la siguiente tabla se resume los datos obtenidos de los ensayos.

Tabla 27: Datos para criterios de clasificación - Muestra de suelo Lluclud

MUESTRA DE SUELO	% GRAVA	%ARENA	% FINOS	LL	LP	Ip
LLUCUD	0.00	74.00	26.00	30	25	5

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487, nos da los criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo (Figura 16).

El suelo de Lluclud se clasifica según el SUCS como una arena ya que más del 50% (Figura 9), de la muestra pasa la malla No. 4, es una Arena con finos ya que más del 12% pasa la malla No. 200.

En la Figura 16, se puede apreciar que se necesita conocer, si el índice de plasticidad esta debajo o arriba de la línea "A".

Para determinar si la muestra se encuentra sobre o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, utilizamos la siguiente fórmula.

$$I_{pa} = 0.733(LL - 20)$$

$$I_{pa} = 0.733(30 - 20) = 7.23$$

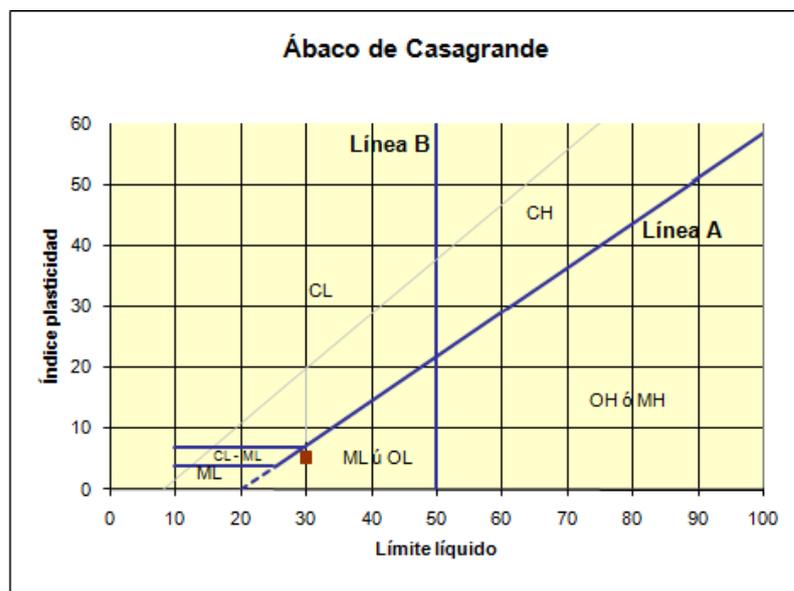
Si el $I_p > I_p$, la muestra de suelo en estudio, se encuentra por debajo de la línea “A”, de lo contrario por encima de la línea “A”; en nuestro caso tenemos:

$$I_p > I_p$$

$$7.23 > 5$$

Entonces, la muestra se encuentra por debajo de la línea “A” (Figura 18).

Figura 18. Ubicación de la muestra de Lluçud en el Ábaco de Casagrande



Fuente: Jordi Gonzales Boada. Hoja de Cálculo Geotecnia.

Resultado

La tierra de Lluçud se clasificó como una arena limosa SM (Figura 16), contenido 0% grava, 74% de arena y 26% de finos. Su comportamiento mecánico hidráulico está definido por la parte fina del suelo que representa más del 12% del total de la muestra. Esta parte fina se ha clasificado como un limo de baja plasticidad ML (Figura 18), con Límite Líquido de 30% e Índice de plasticidad de 5%.

5.1.3.3. CLASIFICACIÓN SUCS DE MUESTRA DE SUELO DE QUINTUS

En la siguiente tabla se resume los datos obtenidos de los ensayos.

Tabla 28: Datos para criterios de clasificación - Muestra de suelo Quintus

MUESTRA DE SUELO	% GRAVA	%ARENA	% FINOS	LL	LP	Ip
Quintus	0.00	77.00	23.00	34	28	6

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487, nos da los criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo (Figura 16).

El suelo de Quintus se clasifica según el SUCS como una arena ya que más del 50% (Figura 10), de la muestra pasa la malla No. 4, es una Arena con finos ya que más del 12% pasa la malla No. 200.

En la Figura 16, se puede apreciar que se necesita conocer, si el índice de plasticidad está debajo o arriba de la línea "A".

Para determinar si la muestra se encuentra sobre o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad, utilizamos la siguiente fórmula.

$$I_{pa} = 0.733(LL - 20)$$

$$I_{pa} = 0.733(34 - 20) = 10.214$$

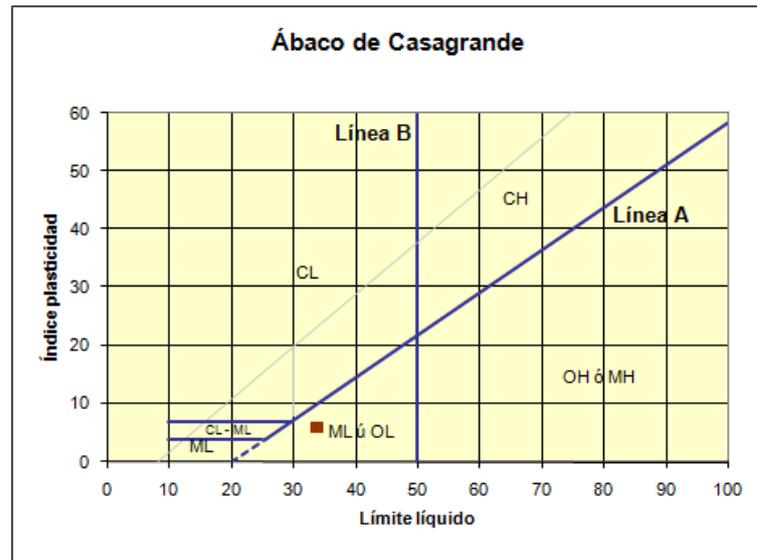
Si el $I_{pa} > I_p$, la muestra de suelo en estudio, se encuentra por debajo de la línea "A", de lo contrario por encima de la línea "A"; en nuestro caso tenemos:

$$I_{pa} > I_p$$

$$10.216 > 6$$

Entonces, la muestra se encuentra por debajo de la línea "A" (Figura 19).

Figura 19. Ubicación de la muestra de Quintus en el Ábaco de Casagrande



Fuente: Jordi Gonzales Boada. Hoja de Cálculo Geotecnia.

Resultado

La tierra de Quintus se clasificó como una arena limosa SM (Figura 16), contenido 0% grava, 77% de arena y 23% de finos. Su comportamiento mecánico hidráulico está definido por la parte fina del suelo que representa más del 12% del total de la muestra. Esta parte fina se ha clasificado como un limo de baja plasticidad ML (Figura 19), con Límite Líquido de 34% e Índice de plasticidad de 6%.

VI. DISCUSIÓN

6. RESULTADOS OBTENIDOS

Esta investigación comienza con el levantamiento de información necesaria en las ladrilleras del cantón Chambo en lo que tiene que ver a la procedencia del material y proceso de producción actual; los resultados de estas encuestas indican que la tierra más usada es la que proviene de las comunidades: Guayllabamba, Llacud y Quintus.

Luego se realiza el estudio de las propiedades de la tierra empleada en la elaboración de los ladrillos de Chambo. Después de obtener los resultados de los ensayos realizados, se procede a elaborar ladrillos con diferentes dosificaciones para cada una de las muestras de suelo empleadas en esta investigación.

Se realizan los ensayos de compresión, flexión y absorción en los ladrillos elaborados, llegando de esta manera a encontrar la dosificación y proceso adecuado de producción para obtener un ladrillo que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias.

6.1. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

Debido a que esta investigación se llevará a cabo en un laboratorio, utilizaremos como técnica para procesar los datos la experimentación, llevando registros para analizar los resultados obtenidos.

Mediante la comparación de la curva característica con las curvas obtenidas en los ensayos de granulometría, de igual manera se comparará los valores obtenidos en los ensayos de límites, peso específico, porcentaje de absorción, realizados para determinar los resultados de cada ensayo.

6.1.1. Comparación entre la curva característica y curvas de ensayos

En este punto realizaremos la curva característica y la curva obtenida de cada ensayo de granulometría, de las comunidades: Guayllabamba, Llucud y Quintus.

Tabla 29: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Guayllabamba.

Tamices	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo Característico
n°10	93	95	95	96	95	93
n°40	65	69	69	70	69	65
n°100	49	51	49	51	53	47
n°200	31	32	33	32	34	30
Bandeja	0	0	0	0	0	0

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

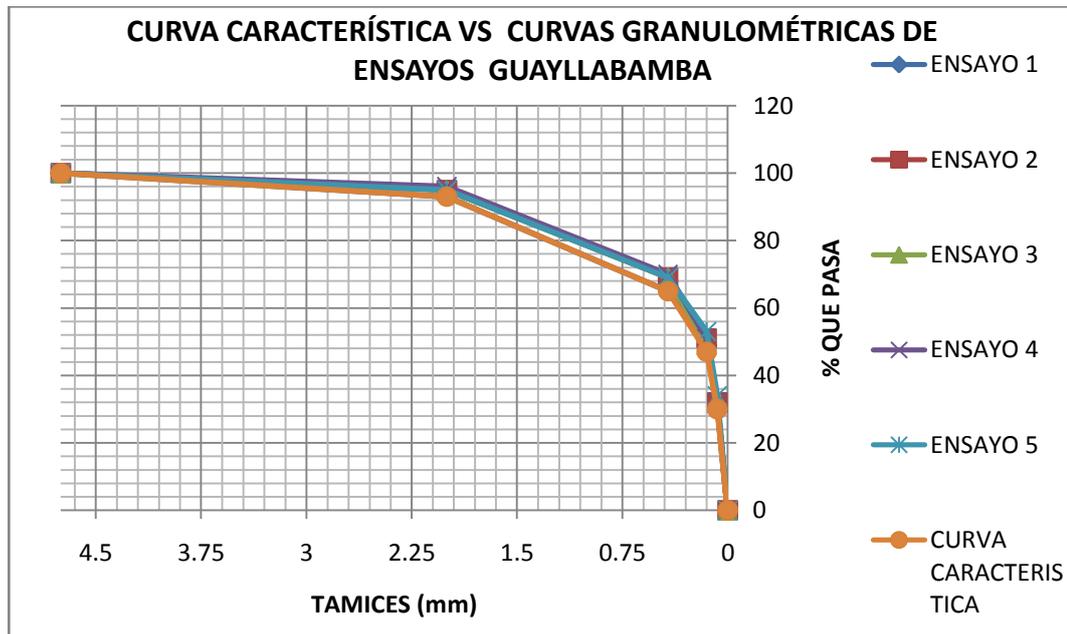


Figura 20: Curva Característica vs Curvas de cada ensayo comunidad Guayllabamba.

Tabla 30: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Lluccud.

Tamices	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo Característico
n°10	98	97	97	96	96	96
n°40	71	70	70	70	68	68
n°100	51	51	49	49	47	46
n°200	31	29	31	29	28	26
bandeja	0	0	0	0	0	0

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

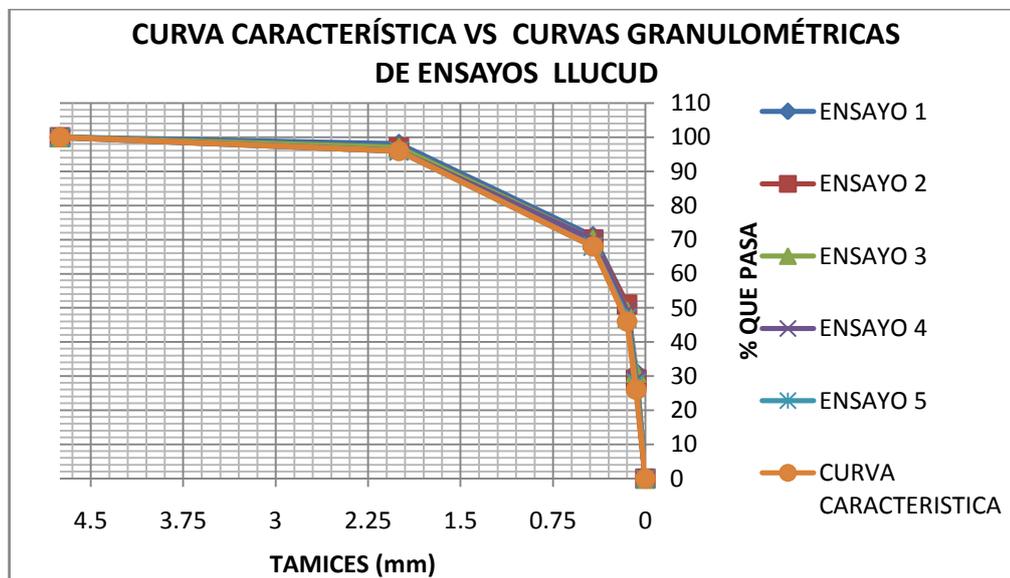


Figura 21: Curva Característica vs Curvas de cada ensayo comunidad Lluccud

Tabla 31: Valores Obtenidos del Ensayo de Granulometría Quintus.

Tamices	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo Característico
n°10	98	96	96	97	97	96
n°40	71	59	63	65	66	58
n°100	51	39	44	46	46	38
n°200	31	24	30	32	29	23
bandeja	0	0	0	0	0	0

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

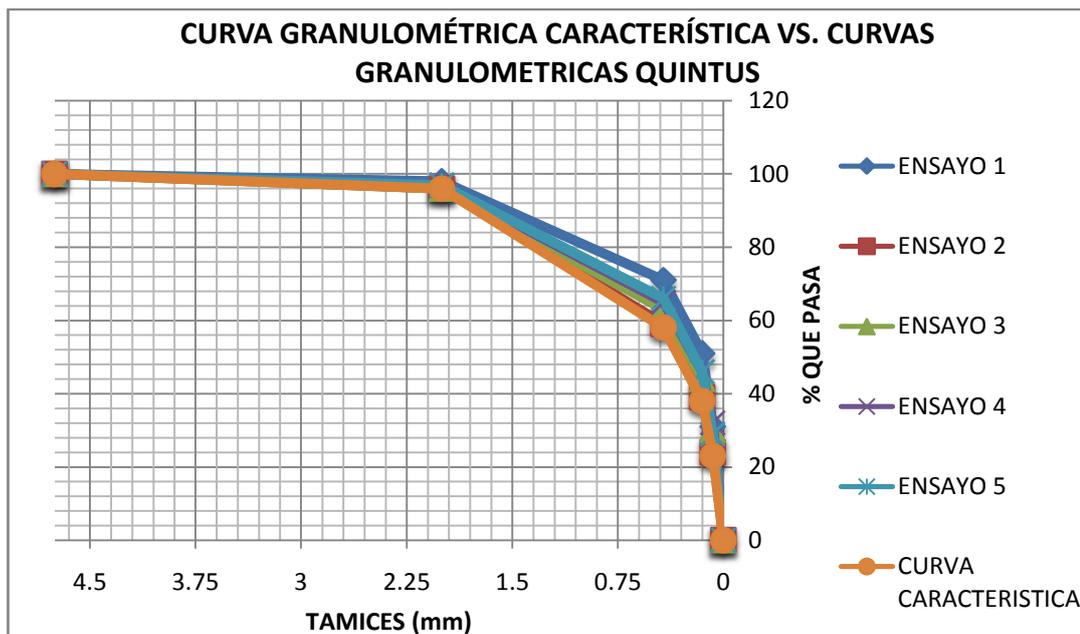


Figura 22: Curva Característica vs Curvas de cada ensayo comunidad Quintus

En el caso de la determinación del peso específico, porcentaje de absorción, contenido de humedad, límites líquidos y plásticos se obtuvieron los siguientes resultados característicos:

Tabla 32: Valores Característicos del Peso Específico.

Muestra de Suelo	Peso Específico Característico (g/cm ³)
Guayllabamba	2.04
Llucud	2.15
Quintus	2.17

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

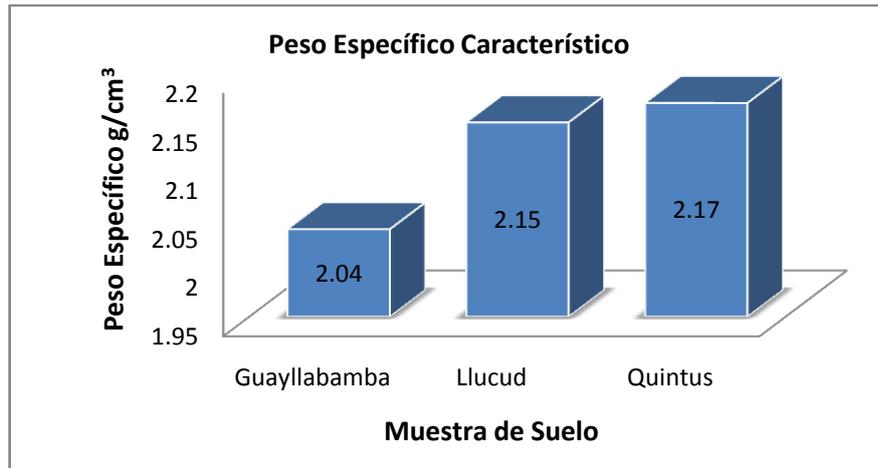


Figura 23: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Peso Específicos de las Diferentes Comunidades.

Tabla 33: Valores Característicos del Porcentaje de Absorción.

Muestra de Suelo	Porcentaje de Absorción Característico %
Guayllabamba	12.18
Llucud	12.39
Quintus	9.44

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

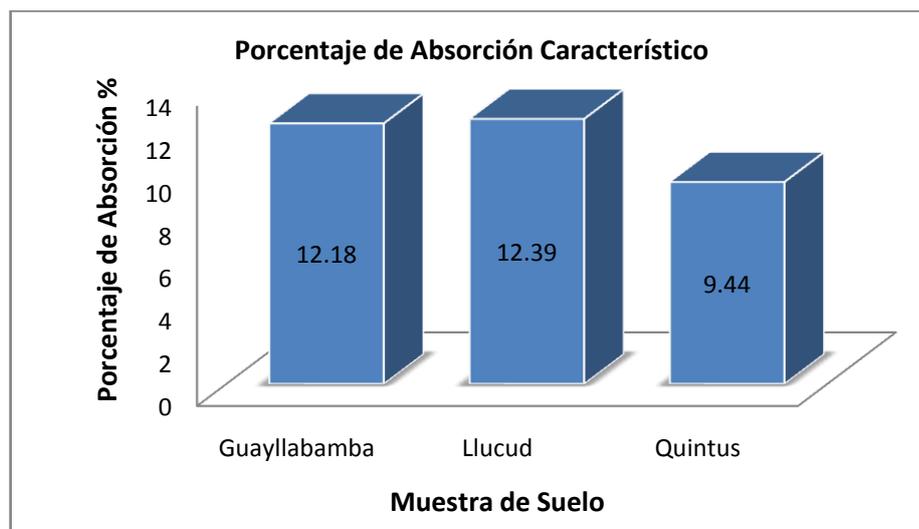


Figura 24: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Porcentaje de Absorción de las Diferentes Comunidades.

Tabla 34: Valores Característicos del Contenido de Humedad.

Muestra de Suelo	Contenido de Humedad Característico W%
Guayllabamba	30
Llucud	17.2
Quintus	12.8

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo
 Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

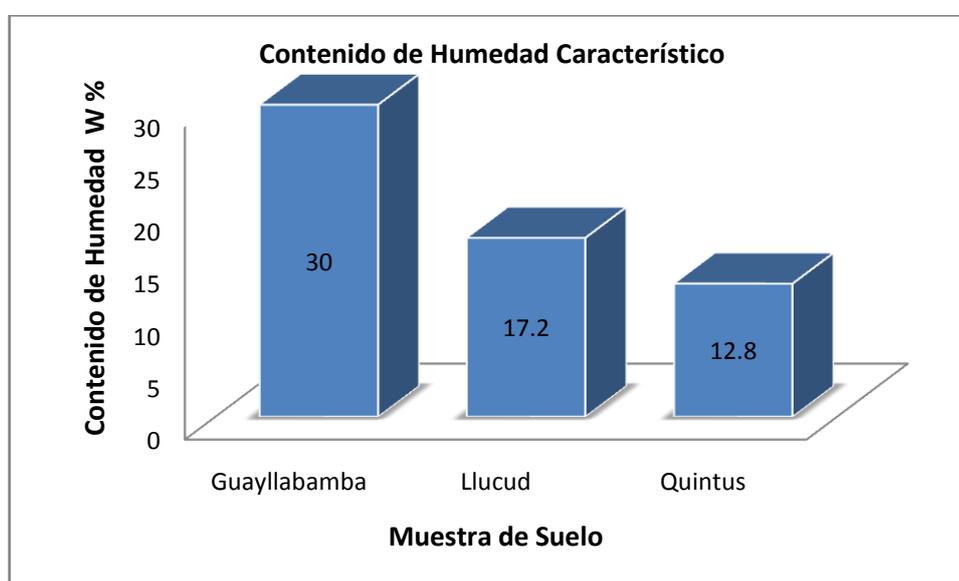


Figura 25: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Contenido de Humedad de las Diferentes Comunidades.

Tabla 35: Valores Característicos del Límite Líquido.

Muestra de Suelo	Límite Líquido Característico %
Guayllabamba	37
Llucud	30
Quintus	34

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo
 Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

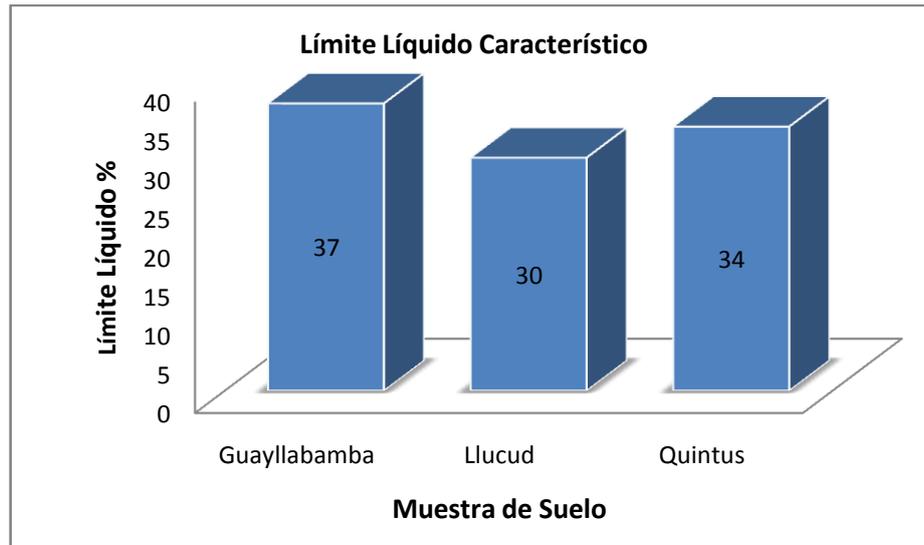


Figura 26: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Límite Líquido de las Diferentes Comunidades.

Tabla 36: Valores Característicos del Límite Plástico.

Muestra de Suelo	Límite Plástico Característico %
Guayllabamba	31
Llucud	25
Quintus	28

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

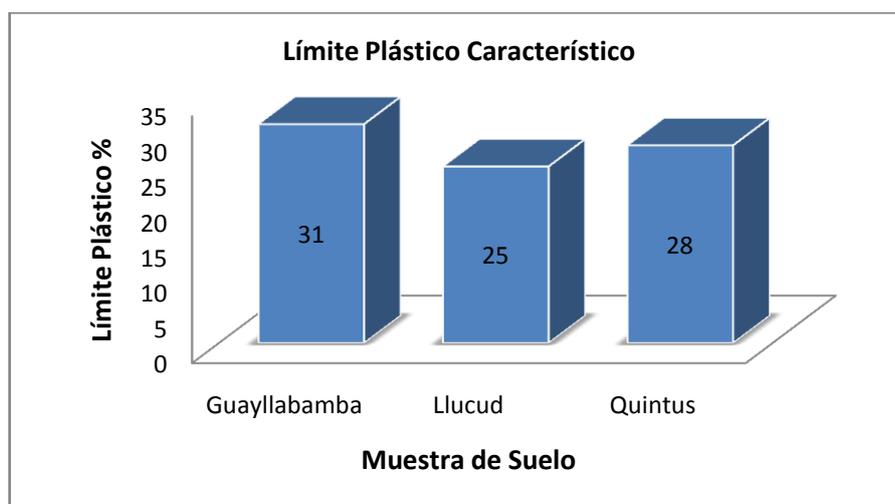


Figura 27: Comparación Estadística de los Valores Característicos del Límite Plástico de las Diferentes Comunidades.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

Una vez concluida la investigación hemos determinado las siguientes conclusiones:

- La investigación permitió ver que la elaboración del ladrillo en el cantón Chambo se realiza de una manera artesanal, empírica y basada en su experiencia; aunque en la actualidad cuentan con molinos que han permitido disminuir el tiempo de elaboración del producto.
- Se logró conocer las propiedades de las muestras de suelo más utilizadas para la elaboración del ladrillo de Chambo, mediante la ejecución de los diferentes ensayos como Granulometría, Peso Específico, Porcentaje de Absorción, Límite Líquido, Límite Plástico, Contenido de Humedad, para finalmente establecer que el suelo empleado es un limo de baja plasticidad.
- El proceso de fabricación es el principal factor que se debe considerar ya que este es el que influye en el mejor acabado del material de construcción.
- Se debe tomar en consideración que la tierra se encuentre libre de material orgánico, pues en el proceso de secado se producen fisuras.
- No existe una dosificación característica para la elaboración de los ladrillos de Chambo.
- La mezcla del barro no es la adecuada ya que los métodos utilizados son rústicos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Al tomar las muestras es importante cumplir con las normas especificadas para que al ser ensayadas nuestras muestras los resultados no tengan alguna alteración.
- Es importante para la elaboración del ladrillo conocer las características del principal material, la muestra de suelo, para garantizar las resistencias requeridas.
- Los ladrillos elaborados se los deja secar 24 horas antes de apilarlos y luego de este tiempo se elimina los excesos de barro producidos durante el secado.
- Durante el tiempo de secado de los ladrillos, se los debe cubrir con un plástico para evitar de esta manera la deformación de los mismos por efecto de la lluvia.
- Se debe procurar que la leña utilizada en la quema de los ladrillos no sea de color verde ya que esta retrasa el tiempo de cocción.
- Realizar periódicamente el control de calidad de los ladrillos para garantizar el cumplimiento de la normativa existente.

VIII. PROPUESTA

8. PROPUESTA

8.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

LADRILLO ELABORADO CON TIERRA DE CHAMBO Y POLVO DE LADRILLO

8.2. INTRODUCCIÓN

En la elaboración de los ladrillos del cantón Chambo, se utiliza tierra de las comunidades aledañas y adicionalmente polvo de ladrillo pero en cantidades muy pequeñas, mediante un proceso artesanal, en el que se usa para el mezclado ganado, pala y pico; y para la quema de los ladrillos se utiliza un horno artesanal; los ladrillos producidos por medio de este proceso luego de ser ensayados se pudo constatar problemas de absorción y flexión. Para mejorar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción; se plantea como alternativa elaborar ladrillos con tierra de las comunidades del cantón Chambo y el polvo de ladrillo pero en mayor cantidad.

El polvo de ladrillo utilizado para nuestra propuesta es obtenido directamente de los ladrillos, sin ninguna impureza, se utiliza este material adicional ya que este contiene sulfatos los cuales permiten incrementar la resistencia de los ladrillos.

8.3. OBJETIVOS

8.3.1. OBJETIVO GENERAL:

- Elaborar ladrillos que cumplan con las especificaciones de calidad necesarias.

8.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Recolectar muestras de suelo de Guayllabamba, Llacud y Quintus.
- Triturar y moler ladrillos para obtener el polvo del mismo.

- Elaborar los ladrillos con las muestras de tierra de Guayllabamba, Lluçud y Quintus y polvo de ladrillo en diferentes proporciones (1%, 2% y 3%).
- Ensayar los ladrillos (Ensayo a Compresión, Ensayo a Flexión, Ensayo Absorción de Humedad).
- Analizar y comparar los resultados obtenidos.

8.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA

El ladrillo debe tener suficiente resistencia tanto a la compresión como a la flexión, así como también la absorción de la humedad adecuada. Tiene que ser capaz de perdurar bajo las condiciones de exposición a que pueda estar sometido. El ladrillo que cumpla con las condiciones necesarias deberá producirse a bajo costo para no influir en la economía de los productores de ladrillos

8.4.1. Factores que afectan la resistencia de los ladrillos.

Uno de los factores por lo que los ladrillos actuales tienen deficiencias en la resistencia a la compresión y flexión es la tierra utilizada, ya que para elaborar ladrillos que cumplan con las especificaciones necesarias se requiere de arcilla y en las comunidades del cantón Chambo de donde se obtiene esta materia prima el suelo que se encuentra es Arena Limosa, por lo que se debe colocar algún material adicional que contenga sulfatos, ya que este elemento químico incrementa la resistencia de los materiales en los que se encuentra.

Los principales factores que gobiernan la resistencia a la compresión y flexión de los ladrillos son los siguientes: condiciones de la materia prima, porcentajes de la materia prima, proceso de producción, tiempo de secado, tiempo de cocción. El tipo de proceso (artesanal o molino), influye en la forma, textura del ladrillo.

Tabla 37: Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa		Resistencia mínima a la flexión MPa	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 Unidades	Individual	Promedio de 5 Unidades	Promedio de 5 Unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25

Fuente: Norma INEN INEN.NTE 297(1977)

DOSIFICACIÓN TÍPICA PARA LADRILLOS EN CHAMBO.

Según las encuestas realizadas a los productores de ladrillos en el cantón Chambo para la elaboración de 1000 ladrillos utilizan la siguiente dosificación:

Tabla 38: Dosificación típica para los ladrillos en Chambo

TIERRA (m3)	ASERRIN (kg)	COLORADA (kg)
4	63.6	9.1

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

8.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Para mejorar los ladrillos elaborados en el cantón Chambo se incrementará la cantidad de polvo de ladrillo, con el objetivo de obtener un producto que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias.

Tabla 39: Dosificación utilizada para el estudio.

COMUNIDAD	DOSIFICACION DE LA MEZCLA			
	TIERRA (lb)	ASERRÍN (lb)	COLORADA (lb)	AGUA (lt)
GUAYLLABAMBA 1	323.38	4.88	3.38	40
GUAYLLABAMBA 2	320.13	4.88	6.63	38.13
GUAYLLABAMBA 3	316.75	4.88	10	58.13
LLUCUD 1	365.13	4.88	3.75	51.25
LLUCUD 2	361.38	4.88	7.50	56.25
LLUCUD 3	357.63	4.88	11.25	47.50
QUINTUS 1	339	4.88	3.50	38.75
QUINTUS 2	335.63	4.88	7	40
QUINTUS 3	332.13	4.88	10.50	38.75

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

8.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL

Debido a que la investigación es experimental y por ende se realiza de forma empírica, se seguirá los pasos descritos del plan de investigación de tesis de los autores María José Moreno y María Cristina Polo.

En dicha organización solo se incrementará lo que se refiere a la elaboración de un ladrillo que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias y se incrementara el costo del mismo.

8.7. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Se procedió a la realización de la propuesta, con el fin de comprobar si de esta manera se obtiene un ladrillo de mejor calidad.

Además de que se cumpla lo establecido en la propuesta, se debe analizar que el costo del ladrillo propuesto no sea costoso debido a que la mayoría de

consumidores, va a considerar no adquirirlos; porque es un material utilizado en las construcciones en cantidades grandes.

Para su monitoreo se procedió a seguir los siguientes pasos:

1. Recolección de tierra de las comunidades de Guayllabamba, Llucud y Quintus.
2. Obtención del polvo de ladrillo.
3. Medida de las diferentes cantidades de la tierra y el polvo de ladrillo.
4. Mezcla de la tierra, polvo de ladrillo y agua.
5. Colocación del barro en los moldes.
6. Enrasado de los moldes de ladrillos.
7. Se los deja secar 24 horas.
8. Eliminación de los excesos de barro de cada lado de los ladrillos.
9. Apilar los ladrillos y dejarlos secar por 8 días.
10. Quema de los ladrillos en el horno artesanal por 24 horas.
11. Sacar los ladrillos del horno después de 72 horas.
12. Ensayar los ladrillos (Ensayo a Compresión, Ensayo a Flexión y Ensayo de Absorción de Humedad).



I(Cont)

Mezcla de tierra y aserrín



Obtención de mezclas utilizando, diferentes tierras



Incremento de agua



Adición de polvo de ladrillo a la mezcla



Mezcla de componentes



Moldeo



2(Cont)

Enrasada de mezcla



Obtención de ladrillo crudo



Secado de muestras



Apilamiento de muestras



Colocación de ladrillos en el horno



Colocación de leña en el horno



3(Cont)



Figura 28: Proceso de Elaboración de Ladrillos.

8.8. Ensayo de Ladrillos a Compresión

El ensayo de compresión estudia el comportamiento de los materiales sometidos a un esfuerzo de compresión por medio de una máquina de prueba de materiales, ideal para obtener un aplastamiento o una ruptura total del material. Por lo general el ensayo de compresión se lo realiza a los materiales que prácticamente trabajan a este esfuerzo.

El ensayo para determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos cerámicos consiste: “en la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible”.

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Máquina de Compresión
2. Flexómetro
3. Calibrador
4. Probetas de ensayo (ladrillos)

Preparación de la muestra:

Las muestras a utilizarse consisten en “mitades con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados

mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas. Si la muestra presenta irregularidades de forma o sus caras tengan estrías o ranuras, se recubrirá la parte que va a estar en contacto con la máquina, con una capa compuesta de una mezcla que contenga azufre en proporción de 40 a 60% o (en masa) con arcilla, ceniza volcánica u otro material inerte”.



Figura 29: Ladrillos a ensayar a compresión.

Procedimiento de ensayo

El procedimiento para obtener la resistencia a la compresión del ladrillo es el siguiente proceso.

1. Tomar y registrar las dimensiones de los ladrillos (largo, ancho, altura).
2. Determinar el estado de las probetas.
3. Calcular la superficie A; de acuerdo a la posición que se trabajará en obra.
4. Colocar las muestras en la máquina de compresión, utilizando los accesorios correspondientes. (Recorrido máximo del pistón es de 5cm).
5. Las muestras se ensayan centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la dirección en que van a ejercer las cargas en obra.
6. Ajustar el control de velocidad de carga de acuerdo a la probeta que se va a ensayar: (0.35Mpa /s). Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica ésta a cualquier velocidad. La carga restante se

aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos.

7. Encender la máquina de compresión y proceder a cargar.
8. Registrar la carga de rotura.
9. Calcular y registrar el esfuerzo de rotura de los ladrillos.
10. El promedio final de cinco ensayos será el resultado final.



Figura 30: Ensayo a compresión de ladrillos.

Tabla 40: Resistencia a la Compresión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Guayllabamba.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN I									
INFORME DE ENSAYOS			TESIS						
COMPRESIÓN DE LADRILLOS			ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.						
REALIZADO SOBRE LADRILLOS									
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE GUAYLLABAMBA									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESISTENCIA MÍNIMA (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MÁXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	G1	8	MACIZO C	276	104	84	245378	8.54	
2	G2		MACIZO C	274	104	84	239898		
3	G3		MACIZO C	274	102	84	239487		
4	G4		MACIZO C	274	104	83	243208		
5	G5		MACIZO C	276	104	83	246994		
6	G6	8	MACIZO C	273	104	82	256498	9.12	
7	G7		MACIZO C	273	103	82	254981		
8	G8		MACIZO C	275	103	83	257723		
9	G9		MACIZO C	275	104	82	256996		
10	G10		MACIZO C	276	102	82	264876		
11	G11	8	MACIZO C	274	104	83	266837	9.36	
12	G12		MACIZO C	274	102	84	264490		
13	G13		MACIZO C	274	104	83	264893		
14	G14		MACIZO C	275	104	82	266943		
15	G15		MACIZO C	276	104	83	268471		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 41: Resistencia a la Compresión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Quintus.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN 2									
INFORME DE ENSAYOS		TESIS							
COMPRESIÓN DE LADRILLOS		ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS							
REALIZADO SOBRE		MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS							
LADRILLOS		ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE QUINTUS									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESISTENCIA MÍNIMA (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MÁXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	Q1	8	MACIZO C	276	104	84	274850	9.52	
2	Q2		MACIZO C	276	104	84	265339		
3	Q3		MACIZO C	276	103	84	269327		
4	Q4		MACIZO C	275	102	85	273659		
5	Q5		MACIZO C	276	104	82	273735		
6	Q6	8	MACIZO C	276	104	84	289693	10.19	
7	Q7		MACIZO C	274	102	84	279596		
8	Q8		MACIZO C	275	104	83	287217		
9	Q9		MACIZO C	276	104	84	297497		
10	Q10		MACIZO C	275	104	82	298365		
11	Q11	8	MACIZO C	275	102	84	295745	10.59	
12	Q12		MACIZO C	276	104	84	305215		
13	Q13		MACIZO C	275	103	84	299473		
14	Q14		MACIZO C	276	102	84	297403		
15	Q15		MACIZO C	276	102	83	299890		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 42: Resistencia a la Compresión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Lluçud.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN 3									
INFORME DE ENSAYOS		TESIS							
COMPRESIÓN DE LADRILLOS		ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS							
REALIZADO SOBRE		MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS							
LADRILLOS		ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.							
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE LLUCUD									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	RESISTENCIA MÍNIMA (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MÁXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	L11	8	MACIZO C	276	103	83	220947	7.71	
2	L12		MACIZO C	275	104	84	219764		
3	L13		MACIZO C	276	104	83	219578		
4	L14		MACIZO C	276	104	84	220865		
5	L15		MACIZO C	274	103	84	218761		
6	L16	8	MACIZO C	276	104	85	238756	8.32	
7	L17		MACIZO C	276	104	82	237856		
8	L18		MACIZO C	275	103	84	236591		
9	L19		MACIZO C	275	103	84	235538		
10	L10		MACIZO C	276	104	83	238682		
11	L11	8	MACIZO C	276	104	84	257659	8.95	
12	L12		MACIZO C	275	103	82	253409		
13	L13		MACIZO C	276	103	84	254870		
14	L14		MACIZO C	276	103	84	253897		
15	L15		MACIZO C	276	104	84	256875		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo
 Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

8.9. Ensayo de Ladrillos a Flexión

El ensayo para determinar la resistencia a la flexión de los ladrillos cerámicos consiste: “en la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible”.

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Máquina de Flexión (la longitud de los apoyos por lo menos igual al ancho de la muestra y que aseguren un contacto total y permanente con la misma).
2. Flexómetro
3. Calibrador
4. Probetas de ensayo



Figura 31: Máquina usada en el ensayo a flexión de ladrillos.

Preparación de la muestra.-

Las muestras a utilizarse consistirán:” en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.”

Procedimiento de ensayo.-

1. Tomar y registrar las dimensiones de ancho de cara a cara de la muestra.
2. Colocar el ladrillo de muestra con su cara mayor sobre los apoyos, asegurándose una separación entre estos de 15 cm.

3. La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm. por minuto.
4. Descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz.
5. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.
6. Registrar la carga de rotura.
7. Calcular y registrar el módulo de rotura.
8. El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.

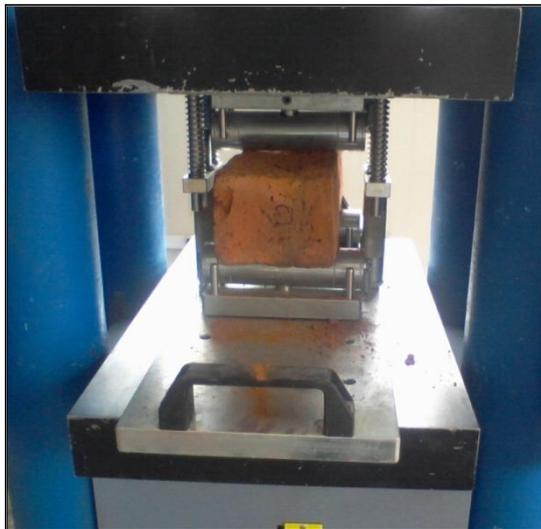


Figura 32: Ensayo a flexión de ladrillos.

Tabla 43: Resistencia a la Flexión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Guayllabamba

INFORME GENERAL RESUMEN I									
INFORME DE ENSAYOS			ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS						
FLEXION DE LADRILLOS									
REALIZADO SOBRE									
LADRILLOS									
ENSAYO DE FLEXIÓN DE LADRILLOS DE GUAYLLABAMBA									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	fc REQUERIDO (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MAXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA FLEXION (Mpa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	G1	2	C	274	103	83	6727	2.12	
2	G2		C	276	103	84	6715		
3	G3		C	276	103	84	6702		
4	G4		C	276	102	83	6703		
5	G5		C	275	102	83	6738		
6	G6	2	C	275	104	84	7256	2.26	
7	G7		C	276	103	84	7236		
8	G8		C	275	103	83	7278		
9	G9		C	276	104	83	7279		
10	G10		C	276	104	84	7229		
11	G11	2	C	275	104	84	7457	2.29	
12	G12		C	276	104	84	7398		
13	G13		C	275	104	83	7354		
14	G14		C	276	104	84	7350		
15	G15		C	275	104	83	7400		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 44: Resistencia a la Flexión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Quintus.

INFORME GENERAL RESUMEN I									
INFORME DE ENSAYOS				ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS					
FLEXION DE LADRILLOS									
REALIZADO SOBRE									
LADRILLOS									
ENSAYO DE FLEXIÓN DE LADRILLOS DE QUINTUS									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	REQUERIDO (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MAXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA FLEXION (Mpa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	Q1	2	C	276	103	83	8459	2.63	
2	Q2		C	275	104	84	8497		
3	Q3		C	276	104	83	8406		
4	Q4		C	276	104	84	8447		
5	Q5		C	274	103	84	8474		
6	Q6	2	C	276	104	85	8509	2.65	
7	Q7		C	276	104	82	8518		
8	Q8		C	275	103	84	8478.3		
9	Q9		C	275	103	84	8582.5		
10	Q10		C	276	104	83	8510.8		
11	Q11	2	C	276	104	84	8630.9	2.69	
12	Q12		C	275	103	82	8632.9		
13	Q13		C	276	103	84	8674.9		
14	Q14		C	276	103	84	8639.5		
15	Q15		C	276	104	84	8643.9		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 45: Resistencia a la Flexión de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Llucud.

INFORME GENERAL RESUMEN I									
INFORME DE ENSAYOS				ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS					
FLEXION DE LADRILLOS									
REALIZADO SOBRE									
LADRILLOS									
ENSAYO DE FLEXIÓN DE LADRILLOS DE LLUCUD									
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	REQUERIDO (Mpa)	TIPO	DIMENSIONES (mm)			CARGA MAXIMA Ct (N)	RESISTENCIA A LA FLEXION (Mpa)	OBSERVACIONES
				Lado B (mm)	Lado L (mm)	Lado e (mm)			
1	LL1	2	C	276	104	84	8847.9	2.66	
2	LL2		C	276	104	85	8849.3		
3	LL3		C	275	105	84	8792.3		
4	LL4		C	275	104	84	8815.7		
5	LL5		C	275	105	85	8708.1		
6	LL6	2	C	276	104	84	8856.7	2.75	
7	LL7		C	275	105	83	8897		
8	LL8		C	275	104	83	8865.9		
9	LL9		C	276	105	84	8868.5		
10	LL10		C	274	103	84	8931.7		
11	LL11	2	C	275	104	84	9198.7	2.79	
12	LL12		C	275	104	84	9166.9		
13	LL13		C	274	105	85	9164		
14	LL14		C	274	104	84	9143.1		
15	LL15		C	275	104	84	9134.9		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

8.10. Ensayo de Absorción de Humedad de Ladrillos

Para realizar en ensayo de absorción de humedad “se determinará la masa de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad.”

Para lo cual se utiliza los siguientes materiales:

1. Balanza mecánica
2. Estufa de desecación
3. Flexómetro
4. Toalla
5. Ladrillos

Preparación de la muestra

La muestra a ensayar consistirá en: “cinco ladrillos enteros, que se desecarán en estufa a 110°C hasta obtener masa constante. Luego se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1%, se repetirá la operación”.



Figura 33: Absorción de humedad de ladrillos

Procedimiento de ensayo

1. Sumergir las probetas en agua destilada a una temperatura de 15 a 30°C durante 24 horas, hasta que éstas se hayan saturado.
2. Dejar secar las probetas durante un minuto.
3. Sacar las muestras del agua, secarlas con una toalla húmeda.
4. Determinar la masa de las muestras. (la pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua).
5. Enviar las probetas a la estufa durante 24 horas.
6. Pesar los ladrillos retirados del horno y determinar su masa.
7. Calcular y registrar la Absorción de agua.
8. El promedio de los valores de absorción obtenidos en cinco muestras representa el porcentaje de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionados.

Tabla 46: Absorción de Humedad de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Guayllabamba.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN I							
INFORME DE ENSAYOS			TESIS				
ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS REALIZADO SOBRE LADRILLOS			ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.				
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS DE GUAYLLABAMBA							
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ABSORCIÓN MÁXIMA DE HUMEDAD	TIPO	MASAS (g)		ABSORCIÓN DE HUMEDAD	OBSERVACIONES
				MUESTRA SECA	MUESTRA SATURADA		
1	G1	25%	C	3023.00	3881.20	23%	
2	G2		C	3133.00	3709.00		
3	G3		C	3096.00	3949.80		
4	G4		C	3125.00	3662.70		
5	G5		C	3005.00	3748.30		
6	G6	25%	C	3263.00	3850.30	19%	
7	G7		C	3377.00	3615.90		
8	G8		C	3146.00	3734.30		
9	G9		C	3064.00	3631.80		
10	G10		C	2584.00	3475.70		
11	G11	25%	C	3537.70	4176.20	17%	
12	G12		C	3465.34	4196.90		
13	G13		C	3544.00	4161.20		
14	G14		C	3603.30	4287.10		
15	G15		C	3876.30	4233.10		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 47: Absorción de Humedad de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Quintus.

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN 2							
INFORME DE ENSAYOS				TESIS			
ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS REALIZADO SOBRE LADRILLOS				ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.			
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS DE QUINTUS							
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ABSORCIÓN MÁXIMA DE HUMEDAD	TIPO	MASAS (g)		ABSORCIÓN DE HUMEDAD	OBSERVACIONES
				MUESTRA SECA	MUESTRA SATURADA		
1	Q1	25%	C	3168.00	3887.00	20%	
2	Q2		C	3100.00	3737.30		
3	Q3		C	3012.00	3724.30		
4	Q4		C	3298.00	3907.50		
5	Q5		C	3055.00	3505.60		
6	Q6	25%	C	3027.00	3594.20	18%	
7	Q7		C	3471.00	3815.00		
8	Q8		C	3209.00	3787.20		
9	Q9		C	3288.00	3950.60		
10	Q10		C	3040.00	3684.60		
11	Q11	25%	C	3649.00	4182.80	17%	
12	Q12		C	3240.00	3793.40		
13	Q13		C	3389.00	3901.00		
14	Q14		C	3266.00	3863.40		
15	Q15		C	3115.00	3769.30		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo

Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

Tabla 48: Absorción de Humedad de Ladrillos - Muestra de ladrillos de Lluçud

INFORMACIÓN GENERAL RESUMEN 3							
INFORME DE ENSAYOS				TESIS			
ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS REALIZADO SOBRE LADRILLOS				ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS.			
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD DE LADRILLOS DE LLUCUD							
N° PROBETA	CODIFICACIÓN DE LA MUESTRA	ABSORCIÓN MÁXIMA DE HUMEDAD	TIPO	MASAS (g)		ABSORCIÓN DE HUMEDAD	OBSERVACIONES
				MUESTRA SECA	MUESTRA SATURADA		
1	LI1	25%	C	2798.00	3523.70	21%	
2	LI2		C	2894.00	3419.70		
3	LI3		C	2987.00	3536.70		
4	LI4		C	2842.00	3431.80		
5	LI5		C	2788.00	3369.00		
6	LI6	25%	C	2820.40	3387.90	19%	
7	LI7		C	3205.00	3867.90		
8	LI8		C	2923.90	3670.80		
9	LI9		C	3676.10	4210.10		
10	LI10		C	3163.90	3619.80		
11	LI11	25%	C	3150.80	3743.30	18%	
12	LI12		C	3100.30	3775.50		
13	LI13		C	3261.30	3812.90		
14	LI14		C	3397.93	3958.70		
15	LI15		C	3512.14	4092.40		

Fuente: María J. Moreno, Cristina Polo
 Elaboración: María J. Moreno, Cristina Polo

8.II. ANALISIS DE RESULTADOS DE LA PROPUESTA

- El polvo de ladrillo que se utiliza en la elaboración de los mismos debe ser puro es decir no debe tener otras sustancias.
- Se debe procurar que la mezcla sea homogénea.
- Después de dejar secar los ladrillos por 24 horas, antes de apilarlos se debe quitar el exceso de la mezcla para que los ladrillos no se deformen.
- Según los resultados obtenidos se puede utilizar en la dosificación un incremento del 2% del polvo de ladrillo, ya que con este incremento ya se obtiene un producto que cumple con las especificaciones de calidad necesarias.
- En las tablas N°. 40, 41 y 42 se puede constatar que la tierra de las comunidades: Guayllabamba, Llacud y Quintus cumplen con las resistencias requeridas a compresión.
- Los valores obtenidos en los ensayos de resistencia a la flexión cumplen como se puede observar en las tablas N° 43, 44 y 45.
- En cuanto a los valores de la absorción de la humedad cumplen con los requerimientos necesarios esto se puede verificar en las tablas N° 46, 47 y 48.
- En el caso de la resistencia a la compresión de los ladrillos el valor mínimo es de 8 Mpa llegando con esta propuesta a valores de hasta 10 Mpa.
- En cuanto a la resistencia a la flexión se alcanzó un incremento mayor al que establece la norma.
- El porcentaje de la absorción de humedad en el caso de los ladrillos debe ser máximo de 25%, con nuestra propuesta se obtuvo valores máximos de 23%.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. BOWLES. Joseph. 1981. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.
2. GARCÍA. Rebeca. Abril 2008. Estudio De Los Materiales Cerámicos en España. Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas. [electrónico]. Volumen Nº 5. páginas 20.
3. LLANGA. Víctor. 2006. Manual Del Laboratorista De Hormigones. Riobamba Ecuador, Edicentro 2006. Pág. 17 -27.
4. NTE INEN 293. Código CO 02.07-101. 19-05-1977. Ladrillos Cerámicos. Definiciones Clasificación y Condiciones Generales. Ecuador.
5. NTE INEN 294. Código CO 02.07-301. 19-05-1997. Ladrillos Cerámicos. Determinación de la Resistencia a la Compresión. Ecuador.
6. NTE INEN 295. Código CO 02.07-302. 19-05-1997. Ladrillos Cerámicos. Determinación de la Resistencia a la Flexión. Ecuador.
7. NTE INEN 296. Código CO 02.07-303. 19-05-1997. Ladrillos Cerámicos. Determinación De Absorción de Humedad. Ecuador.
8. NTE INEN 297. Código CO. 02.07-401. 05-19-1977. LADRILLOS CERÁMICOS. REQUISITOS. Ecuador.
9. NTE INEN 685. Código 09.01-101; 13-05-1982. Geotecnia: Mecánica De Suelos Terminología y Simbología. Ecuador.
10. NTE INEN 688. Código 09.02-204; 13-05-1982. Mecánica De Suelos Preparación De Muestras Alteradas Para Ensayos. Ecuador.
11. NTE INEN 690. Código 09.02-203. 13-05-1982. Mecánica De Suelos Determinación Del Contenido De Agua Método Del Secado Al Horno. Ecuador.
12. NTE INEN 691. Código 09.02-309; 13-05-1982. Mecánica De Suelos Determinación Del Límite Líquido Método De Casa Grande. Ecuador.
13. NTE INEN 692. Código 09.02-312; 13-05-1982. Mecánica De Suelos Determinación Del Límite Plástico. Ecuador.
14. REVISTA LOS ANDES. 2007. La producción de ladrillo, una actividad poco rentable. (Ecuador) .pp 65-69.
15. SMITH. William. 1999. Fundamentos De La Ciencia E Ingeniería De Materiales. Editora Concepción Fernández. Traducción Alicia Larena y Universidad Politécnica de Madrid. Tercera Edición. Madrid España, Editorial Mac Graw Hill. Capitulo II. Pág.532-535.
16. Tema 4: Materiales Pétreos Artificiales. Cerámicos. [electrónico]. página 16.

17. TOCTAQUIZA Olga. 2008. "Optimización Del Proceso De Cocción En La Producción de Ladrillos de Cerámica en el cantón Chambo". Tesis Ing. Química ESPOCH.

X. ANEXOS

10.1. Ensayo a Compresión de Ladrillos



Figura 34: Registro de medidas de las Muestras a Ensayar.



Figura 35: Ensayo de Ladrillos a Compresión.



Figura 36: Visualización de resultados de la Prensa Hidráulica.



Figura 37: Rotura de Ladrillo.

10.2. Ensayo a Flexión de Ladrillos



Figura 38: Registro de medidas a las muestra a ensayarse.



Figura 39: Ensayo de Ladrillos a Flexión.



Figura 40: Visualización de resultados de la Prensa Hidráulica.



Figura 41: Rotura de Ladrillo.

10.3. Ensayo de Absorción de Humedad de Ladrillos



Figura 42: Colocación de Agua en Muestras de Ladrillos.



Figura 43: Registro de medidas y pesos de las muestras Húmedas de Ladrillos.



Figura 44: Colocación de Muestras en el Horno.



Figura 45: Registro de medidas y pesos de las muestras secas

10.4. Entrevista a productores del ladrillo del Cantón Chambo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA CIVIL

**"ANÁLISIS Y ELABORACIÓN DE UN LADRILLO DE BARRO PRODUCIDO CON LOS MATERIALES DEL
CANTÓN CHAMBO QUE CUMPLAN CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD NECESARIAS"**

ENTREVISTA A PRODUCTORES DEL LADRILLO DEL CANTON CHAMBO

1. EVALUACION DE MANO DE OBRA

1.1 Hace cuanto tiempo elabora el ladrillo

Tiempo:.....

1.2 Ha sido capacitado en algún curso acerca del ladrillo

Si

No

Donde:.....

...

1.3 Conoce de los requisitos de calidad que deben los cumplir los ladrillos

Si

No

Cuales:.....

.....

1.4 Considera que su producto es de buena calidad

Si

No

Porque:.....

2. METODOLOGIA DE ELABORACION DEL LADRILLO DE CHAMBO

2.1 Qué tipo de proceso utiliza para la elaboración de los ladrillos

Artesanal

Mecanizado No

Porque:.....

....

2.2 Qué tipo de medios o herramientas utiliza para elaborar la mezcla

Ganado

Pala, pico, azadón

Molino

Porque:.....

...

2.3 Que materiales utiliza para la elaboración del ladrillo

Cuáles:.....

.....

2.4 Para elaborar el ladrillo que otros materiales utiliza a parte de los convencionales

Cuales:.....

Porque.....
.....

2.5 De qué fuente prefiere la arcilla

Lugar:.....

Porque:.....

...

2.6 Que proporciones utiliza para elaborar sus ladrillos

.....

Arcilla:.....

Aserrín:.....

Agua:.....

Otro:.....

2.7 Conoce la resistencia del ladrillo que elabora

Valor:.....

2.8 El tamaño de la arcilla utilizado para la elaboración del ladrillo, influye en el acabado del ladrillo

Si

No

Porque:.....

2.9 El tamaño del aserrín utilizado para la elaboración del ladrillo, influye en el acabado del ladrillo

Si

No

Porque:.....

2.10 Cuando la preparación es fluida se obtiene un buen producto

Si

No

Porque:.....

2.11 Cuál es el tiempo de secado

Tiempo:.....

2.12 Que proceso de cocción utiliza

Horno artesanal

Horno vertical

2.13 Cuál es el tiempo de cocción

Tiempo:.....

3. PROBLEMAS DEL LADRILLO TERMINADO

3.1 Qué problema ha visto en el ladrillo una vez que se seca

Cual:.....

..

3.2 Qué problema ha visto en el ladrillo después de la quema

Cual:.....

.

3.3 El color del ladrillo terminado de que depende

Horno

Tiempo de secado

Arcilla

Otro

10.5. Análisis de las Entrevistas realizadas a los productores de Ladrillos del cantón Chambo

Las entrevistas fueron realizadas a una muestra de 48 fábricas, en donde se indagó a los productores del Ladrillo del Cantón Chambo acerca de la Metodología de

Elabora	Observaciones:.....

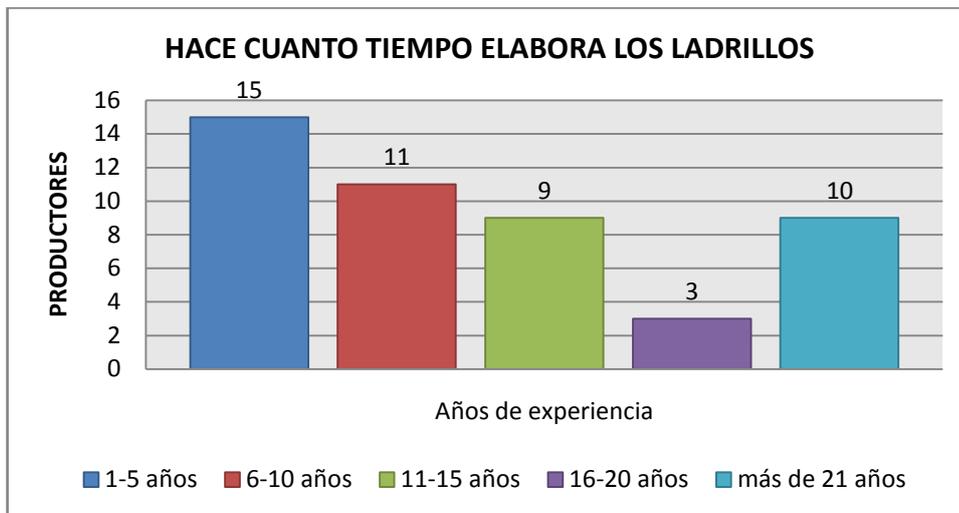
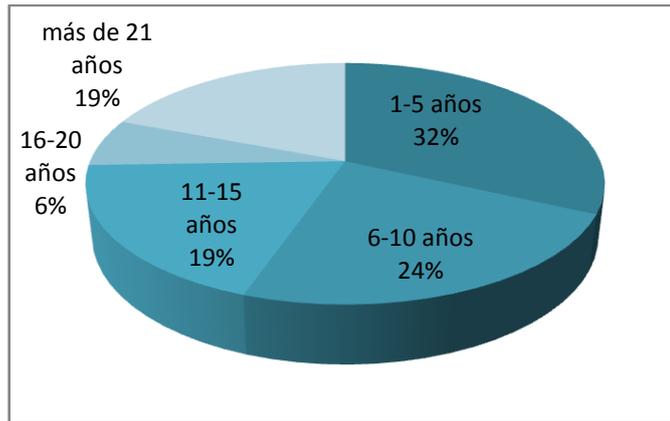
En don

ENTREVISTA A PRODUCTORES DEL LADRILLO DEL CANTON CHAMBO

I. EVALUACIÓN DE LA MANO DE OBRA

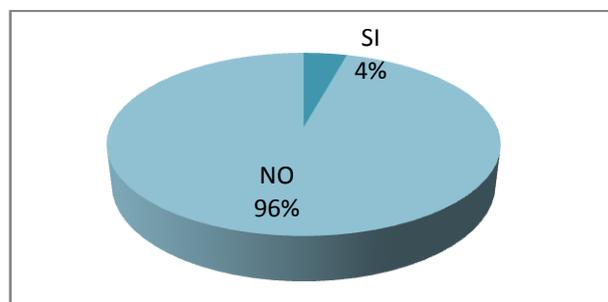
1.1 Hace cuanto tiempo elabora los ladrillos:

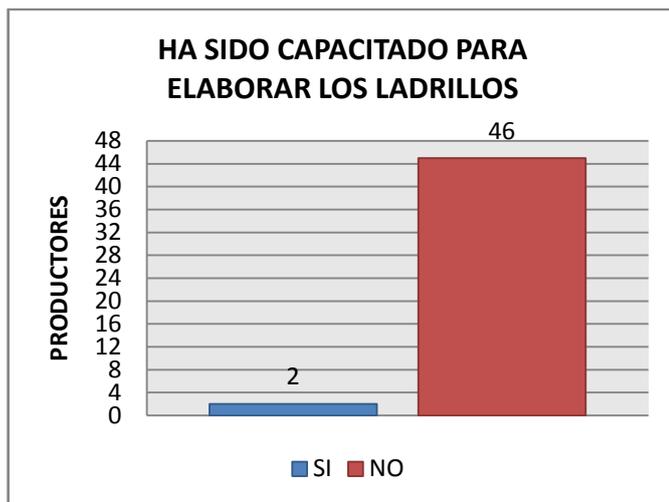
AÑOS	1-5 años	6-10 años	11-15 años	16-20 años	más de 21 años	Total
PRODUCTORES	15	11	9	3	10	48



1.2 Ha sido capacitado para la elaboración del ladrillo:

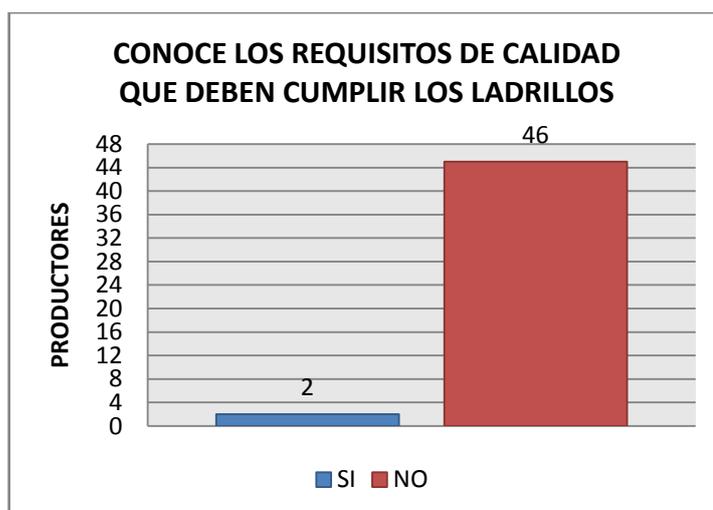
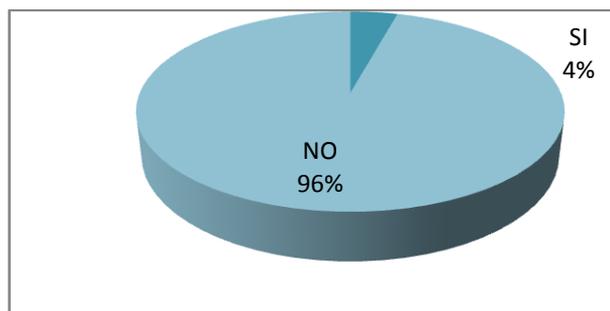
SI	NO	TOTAL
2	46	48





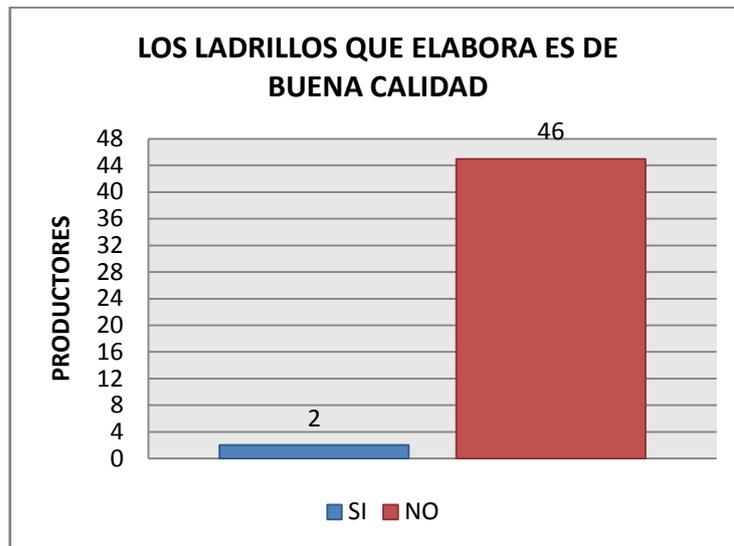
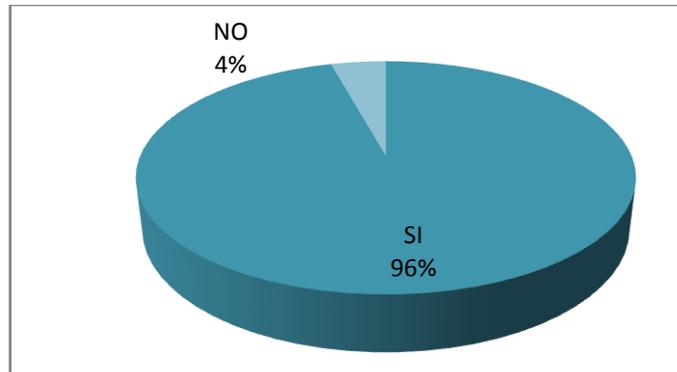
1.3 Conoce los requisitos de calidad que deben cumplir los ladrillos:

SI	NO	Total
2	46	48



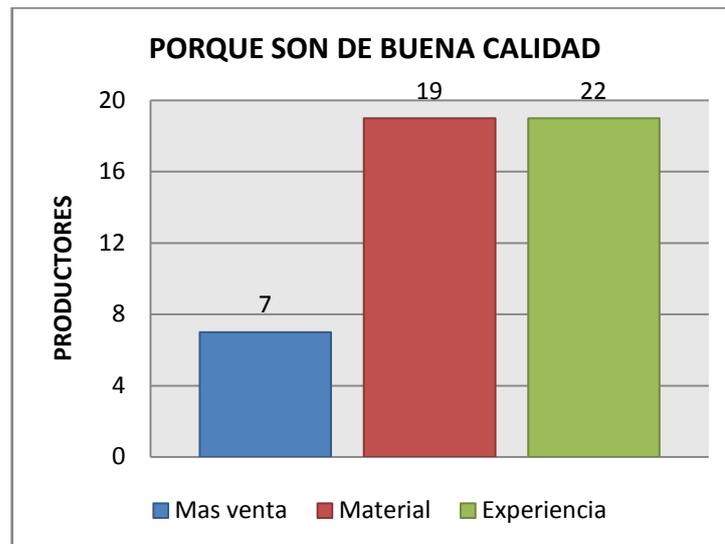
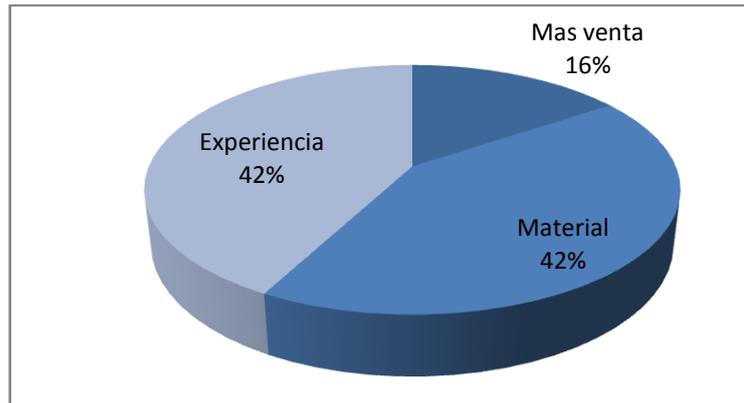
1.4 Considera que los ladrillos que usted elabora es de buena calidad:

SI	NO	Total
2	46	48



Si, porque:

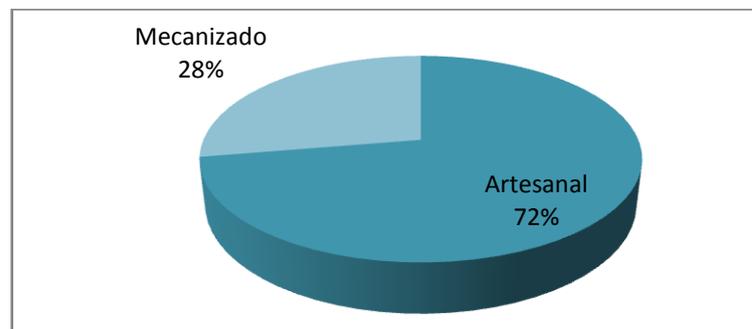
Mas venta	Material	Experiencia	Total
7	19	22	48

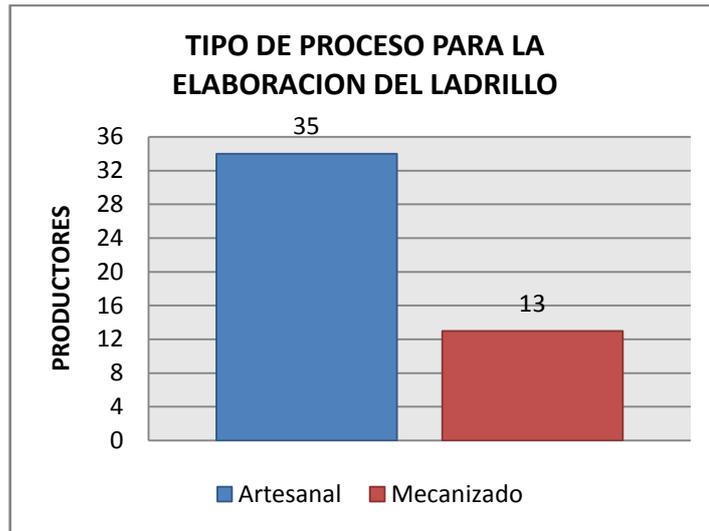


2. METODOLOGIA DE ELABORACION DEL LADRILLO DE CHAMBO

2.1 Que tipo de proceso utiliza para la elaboración de los ladrillos:

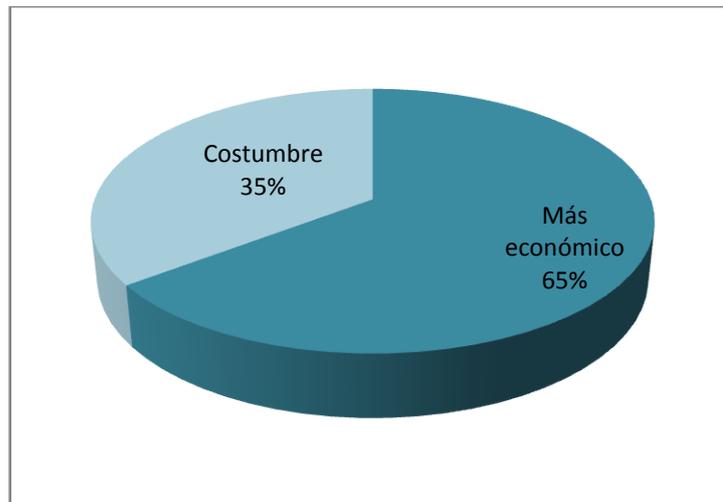
Artesanal	Mecanizado	Total
35	13	48

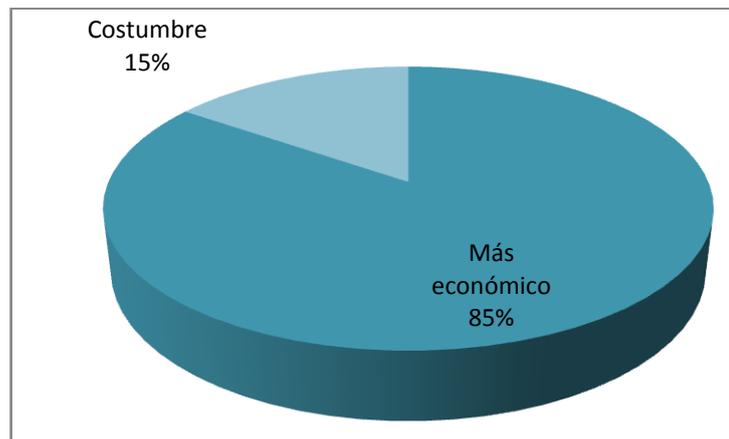
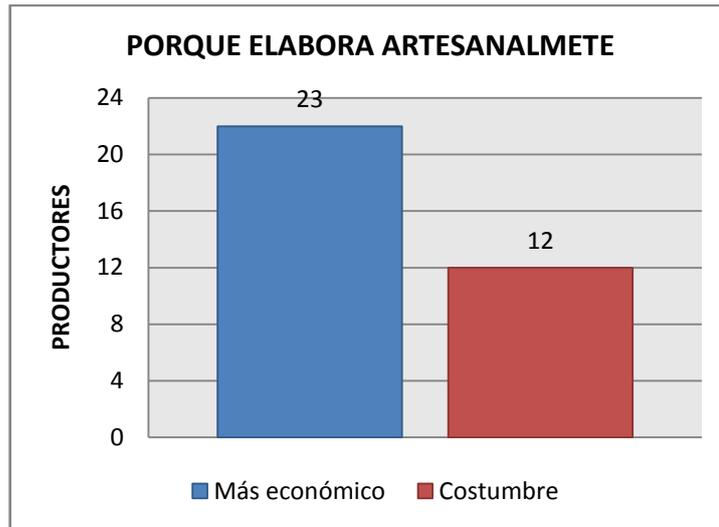




Artesanal, porque:

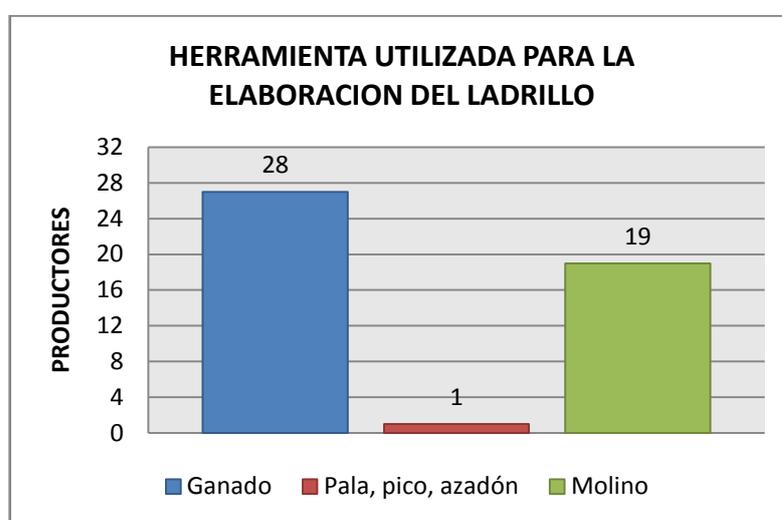
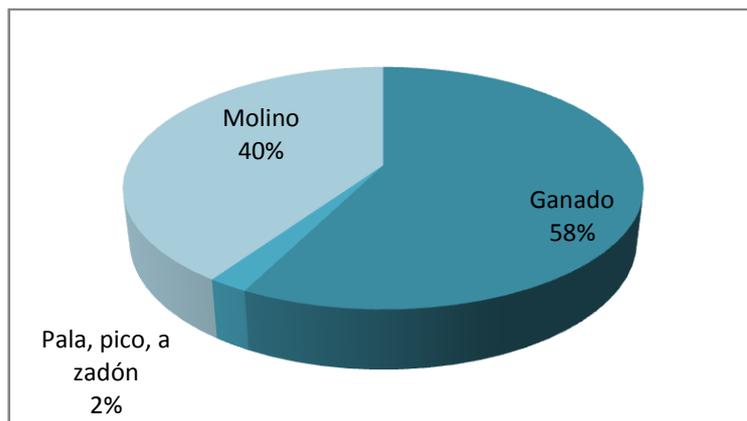
Más económico	Costumbre
23	12





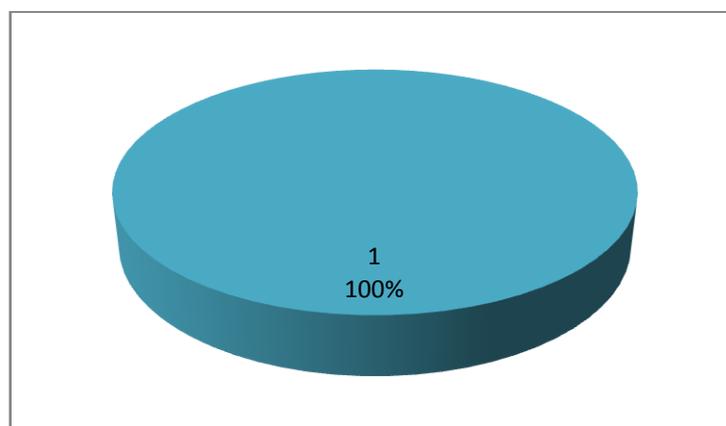
2.2 Que medios o herramientas usa para la elaboración de la mezcla:

Ganado	Pala, pico, azadón	Molino	Total
28	1	19	48



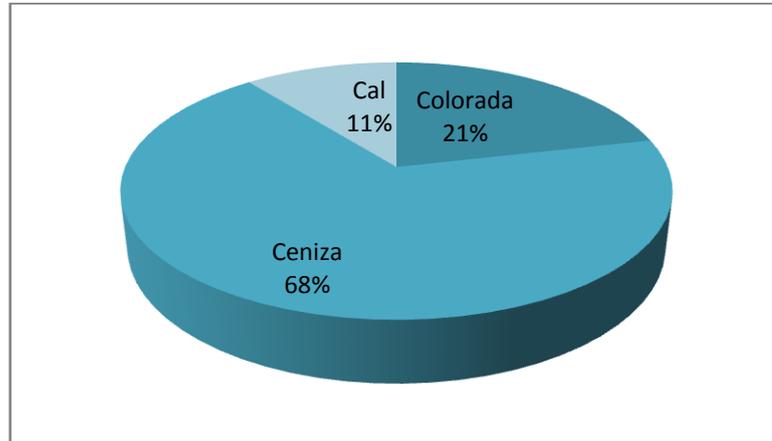
2.3 Que materiales utiliza para la elaboración del ladrillo:

Arcilla, Aserrín, Agua
48



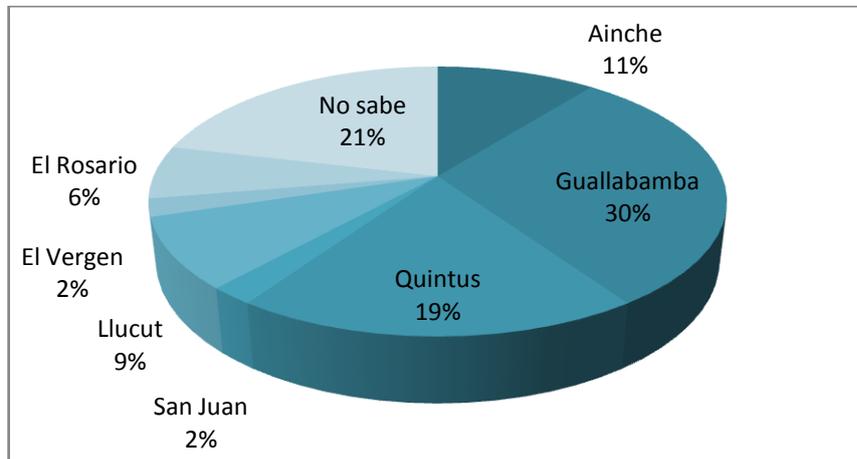
2.4 Para elaborar los ladrillos que otros materiales utiliza a parte de los convencionales:

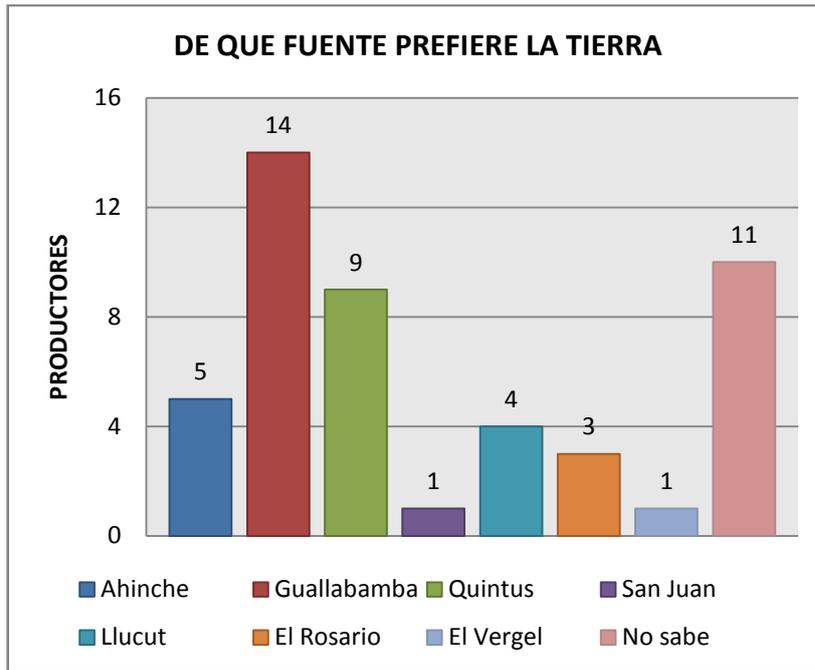
Colorada	Ceniza	Cal
6	19	3



2.5 De qué fuente prefiere la arcilla:

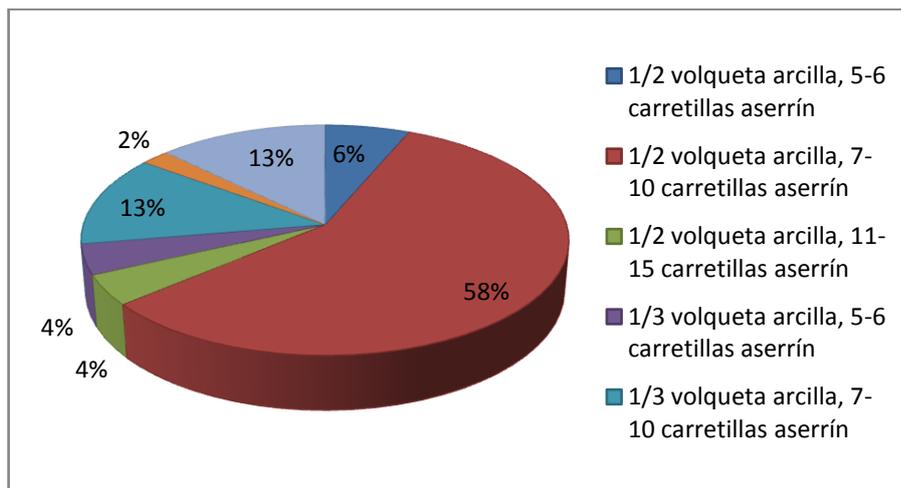
Ahinche	Guallabamba	Quintus	San Juan	Llucut	El Vergel	El Rosario	No sabe	Total
5	14	9	1	4	1	3	11	48





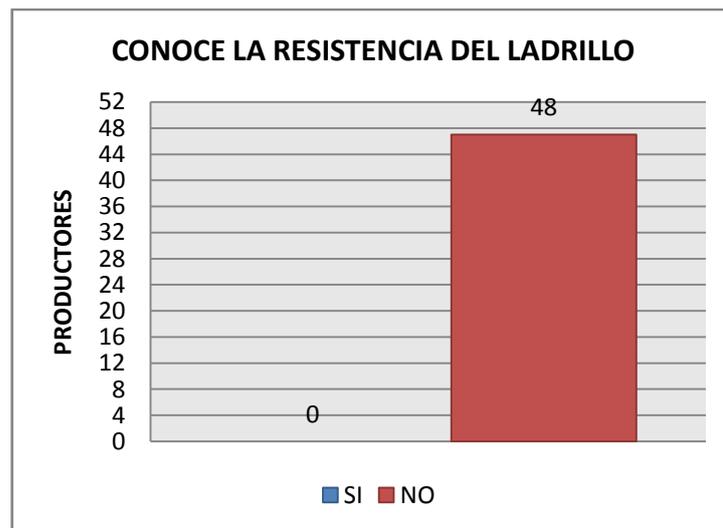
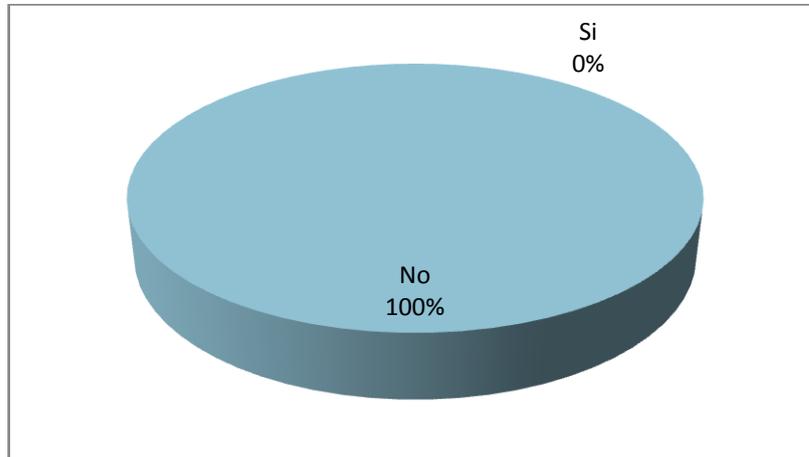
2.6 Que proporciones utiliza para elaborar los ladrillos:

1/2 volqueta arcilla 5-6 carretillas aserrín	1/2 volqueta arcilla 7-10 arretillas aserrín	1/2 volqueta arcilla 11-15 carretillas aserrín	1/3 volqueta arcilla 5-6 carretillas aserrín	1/3 volqueta arcilla 7-10 carretillas aserrín	No sabe
3	34	2	2	1	6



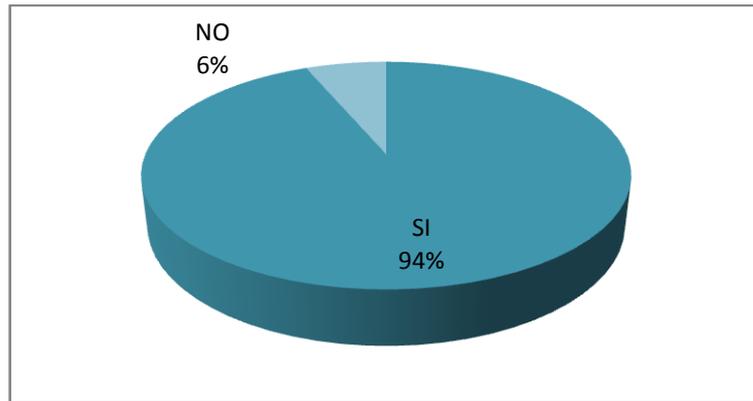
2.7 Conoce la resistencia del ladrillo que elabora:

Si	No
0	48



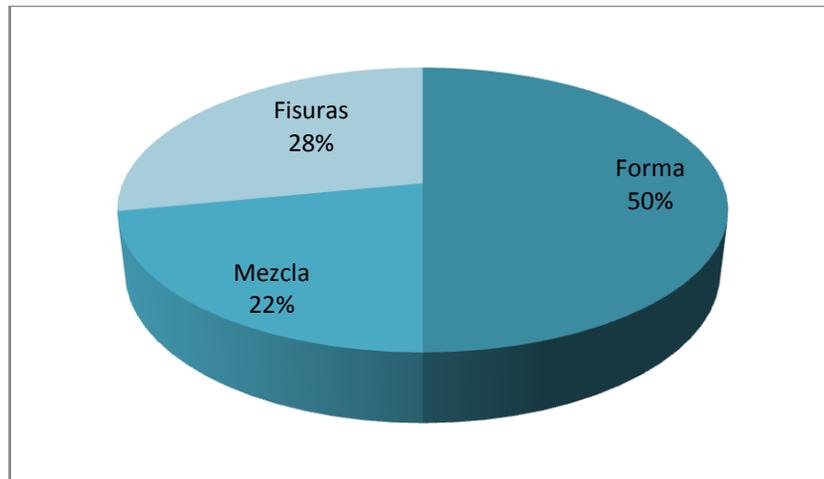
2.8 La arcilla utilizada influye en el acabado del ladrillo:

SI	NO
45	3



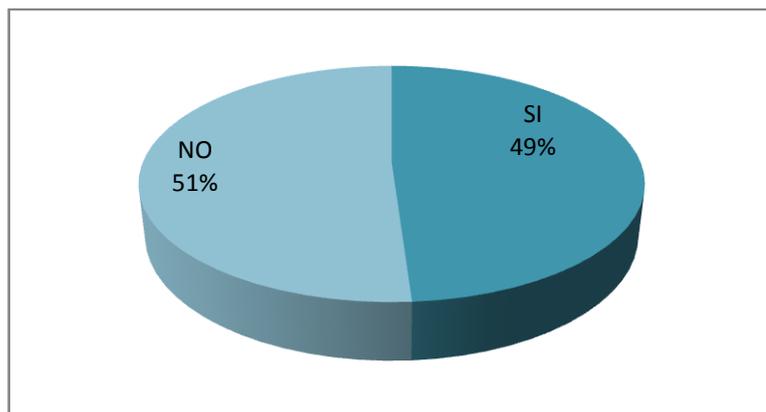
En que influye:

Form	Mezcla	Fisuras
24	11	10



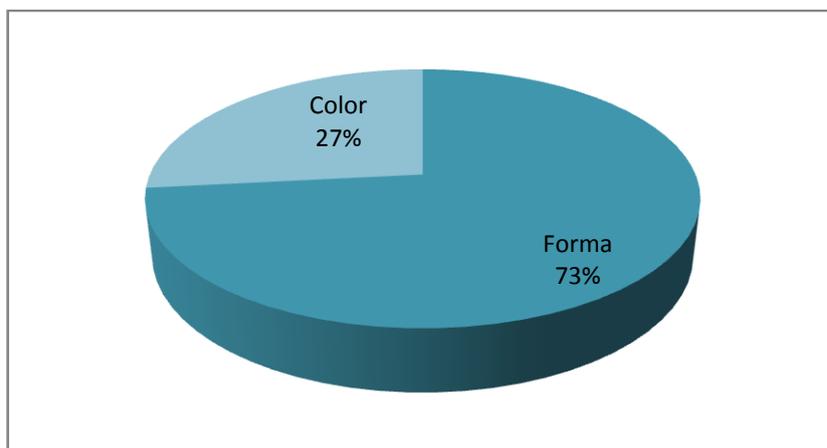
2.9 El aserrín utilizado en la elaboración del ladrillo, influye en el acabado del ladrillo:

SI	NO
23	25



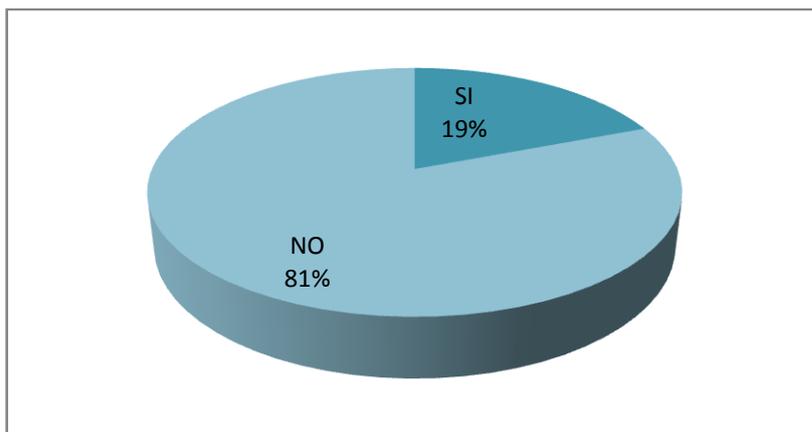
En que influye:

Form	Color
16	7



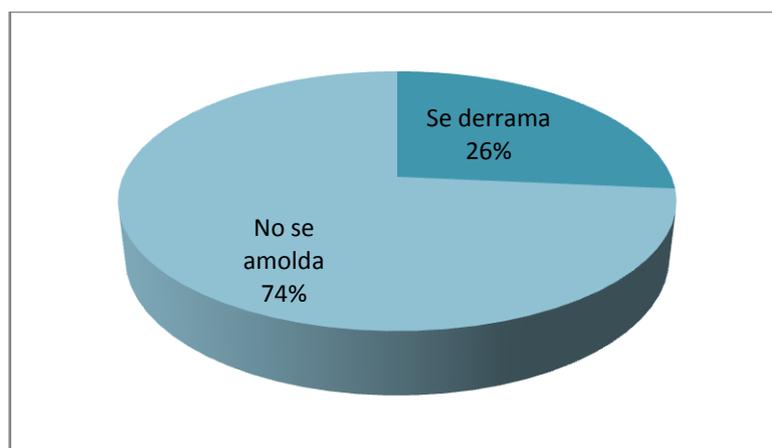
2.10 Cuando la mezcla para la elaboración del ladrillo es muy fluida se obtiene un buen producto:

SI	NO
9	39



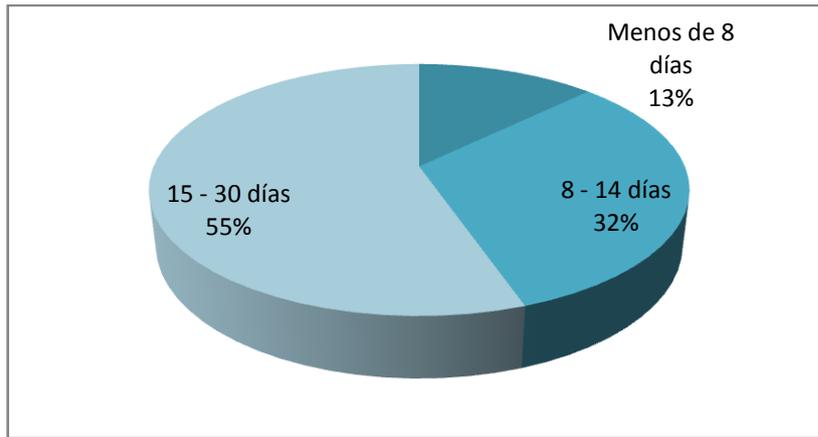
No porque:

Se derrama	No se amolda
10	29



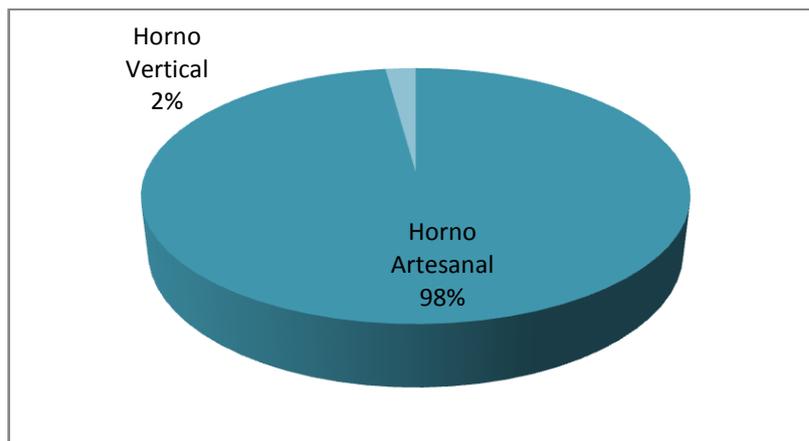
2.II Cuál es el tiempo de secado del ladrillo:

Menos de 8 días	8-14 días	15-30 días	ENCUESTADOS
6	15	27	48



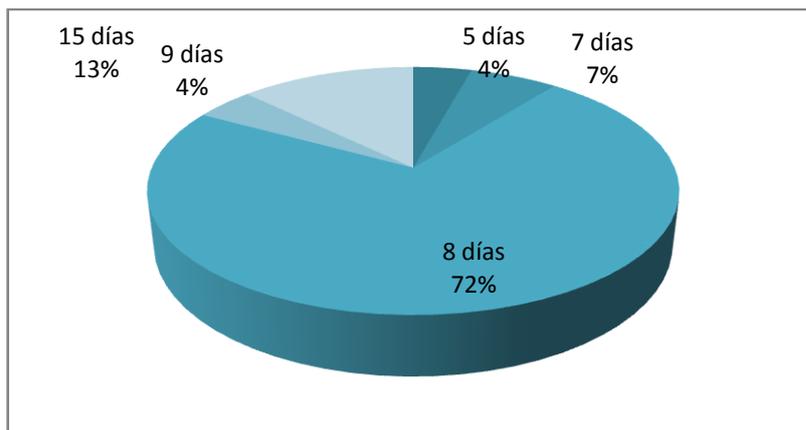
2.12 Que proceso de cocción utiliza:

Horno Artesanal	Horno Vertical	ENCUESTADOS
47	1	48



2.13Cuál es el tiempo de cocción del ladrillo:

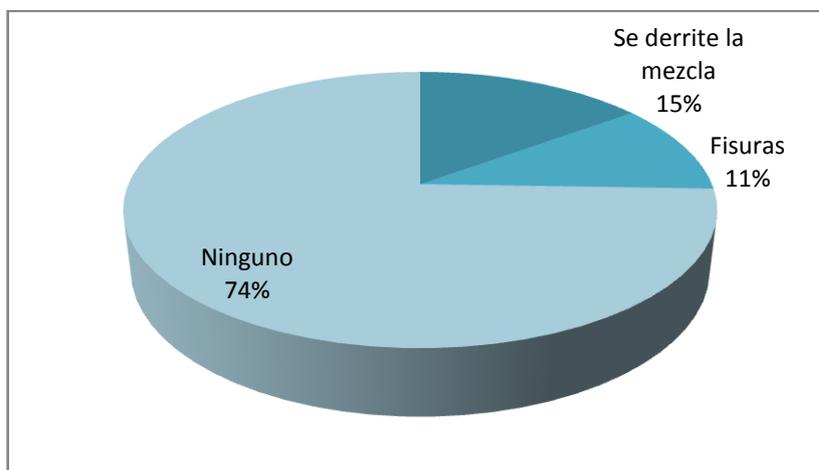
5 días	7 días	8 días	9 días	15 días	Encuestados
2	3	35	2	6	48



3. PROBLEMAS DEL LADRILLO ELABORADO

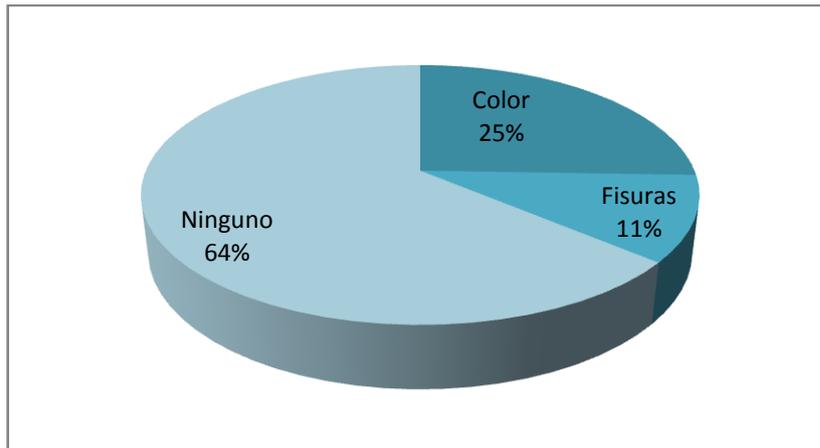
3.1 En el proceso de secado del ladrillo que problema se puede presentar:

Se derrite la mezcla	Fisuras	Ninguno	Encuestados
7	5	36	48



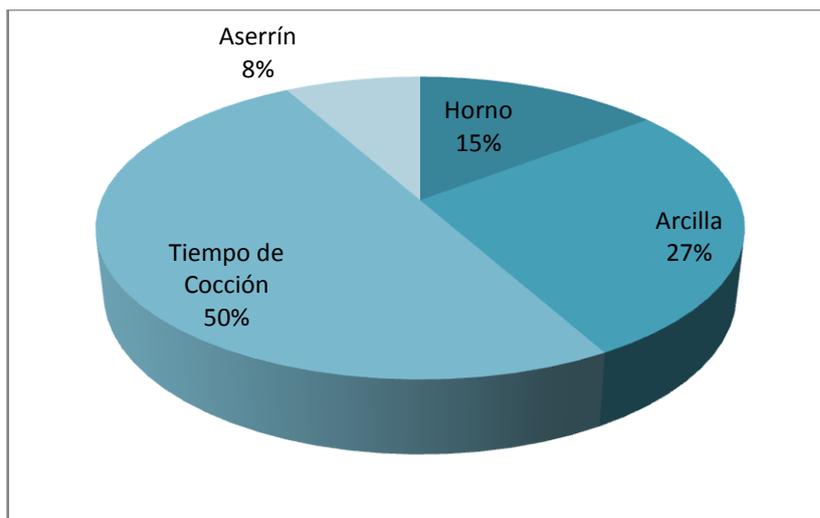
3.2 Después de la quema del ladrillo que problema se puede presentar:

Color	Fisuras	Ninguno	Encuestados
12	5	31	48



3.3 El color del ladrillo terminado de que aspecto depende:

Horno	Arcilla	Tiempo de Cocción	Aserrín
9	17	32	5



10.6. Análisis químico del polvo de ladrillo utilizado para la elaboración de ladrillos.