



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS
DE UNIDADES DE LADRILLO TIPO KING KONG DE 18 HUECOS ELABORADAS EN
LA LADRILLERA LATESAN CON ARCILLAS Y ARENAS DE LAS CANTERAS DE
PIÑIPAMPA Y SAN JERÓNIMO-CUSCO SEGÚN LA NORMA E.070.

Presentado por:

Bach. Aldo Cornejo Cueva

Para optar al título profesional de

Ingeniero Civil

Asesor: Ing. Edson Julio Salas Fortón

CUSCO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

Para mis queridos padres Martin Cornejo y Adela Cueva y mis amados hermanos Magaly y Cristofer que con sus consejos fueron capaces de alimentar mi alma de valores y principios.

Celebro la presencia de mis queridos padres y hermanos en este mundo con afecto y admiración.

Aldo Cornejo Cueva.



AGRADECIMIENTO

Gracias a mi universidad, gracias por haberme permitido formarme, y en ella gracias a todas las personas que fueron participes de mi vida universitaria.

A mi asesor de tesis Ing. Edson Julio Salas Fortón por aceptar la realización de este trabajo de tesis bajo su dirección, por su esfuerzo y dedicación quien, con su experiencia y conocimientos, su paciencia y su motivación ha logrado en mi persona poder terminar mi estudio con éxito



RESUMEN

El presente trabajo de investigación de tesis “Evaluación comparativa de las características físico - mecánicas de unidades de ladrillo tipo King Kong de 18 huecos elaboradas en la ladrillera Latesan con arcillas y arenas de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo-cusco según la norma e070” se analizó el comportamiento de las unidades de albañilería, ladrillo King Kong de 18 huecos evaluando las propiedades físicas y mecánicas. Las unidades de albañilería elaboradas con distintas canteras, arcilla y arena de Piñipampa, arcilla de Piñipampa más arena de San Jerónimo, arcilla de San Jerónimo más arena de Piñipampa, arcilla y arena de San Jerónimo, en el cual se usó la dosificación de la empresa Latesan. Para llevar a cabo el presente estudio se elaboraron unidades de albañilería huecas y se realizaron cuatro tipos unidades de albañilería tipo A, tipo B, tipo C y tipo P con medidas 24cm x 12cm x 9cm, largo por ancho por altura. Con la dosificación de la empresa Latesan (70% arena y 30% de arcilla). Sobre estas unidades de albañilería se realizaron ensayos como: Variación dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por flexión y tracción indirecta. Con los resultados hallados de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería se verificó si cumplen o no cumplen los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana E.070, luego de una comparación de las unidades de albañilería, se observó que las unidades de albañilería elaboradas para este estudio presentan similares características y propiedades entre ellas. Se concluyó que las unidades de albañilería elaboradas con las distintas canteras, en sus propiedades físicas cumplen con los parámetros de una unidad de albañilería tipo IV y en sus propiedades mecánicas cumplen los parámetros de una unidad de albañilería Tipo I, según la Norma Técnica Peruana E.070.

Palabras claves: Unidad de albañilería, materias primas, propiedades físico mecánicas, ensayos, compresión.

**ABSTRAC**

This thesis research work “Comparative evaluation of the physical - mechanical characteristics of 18-hole King Kong-type brick units made in the Latesan brick with clays and sand from the quarries of Piñipampa and San Jerónimo-Cusco according to the e070 standard” The behavior of the masonry units, King Kong brick with 18 holes was analyzed, evaluating the physical and mechanical properties. The masonry units made with different quarries, Piñipampa clay plus Piñipampa sand, Piñipampa clay plus San Jerónimo sand, San Jerónimo clay plus Piñipampa sand and San Jerónimo clay plus San Jerónimo sand, in which it was used the dosage of the company Latesan. To carry out the present study, hollow masonry units were prepared and four types of masonry units type A, type B, type C and type P were made with measures 24cm x 12cm x 9cm, length by width by height. With the dosage of the company Latesan (70% sand and 30% clay). On these masonry units, tests were carried out such as: Dimensional variation, warping, suction, absorption, compressive strength, flexural tensile strength and indirect tensile strength. With the results found of the physical and mechanical properties of the masonry units, it was verified whether or not they meet the parameters established in the Peruvian Technical Standard E.070, after a comparison of the masonry units, it was observed that the masonry units prepared for this study have similar characteristics and properties between them. It was concluded that the masonry units made with the different quarries, in their physical properties they meet the parameters of a type IV masonry unit and in their mechanical properties they meet the parameters of a Type I masonry unit, according to Peruvian Technical Standard E .070.

Keywords: Masonry unit, raw materials, physical mechanical properties, tests, compression.



INTRODUCCIÓN

La presente investigación fue realizada para evaluar las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería ladrillo tipo King Kong de 18 huecos fabricadas con material de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo, y verificar sus distintas propiedades para brindar nuevas unidades de albañilería para el proceso constructivo de edificaciones como cerco, muros, etc, el cual cumplan los parámetros de la Norma Técnica Peruana.

Los ladrillos King Kong 18 huecos con medidas de 24cm largo x 12cm ancho x 9cm altura, largo por ancho por altura elaborados en las ladrilleras del distrito San Jerónimo de la ciudad de Cusco, tienen como materia prima la arcilla, arena y agua, la dosificación y elaboración que se usó en la investigación es propia de la empresa Latesan, 70% arena más 30% arcilla.

Por lo cual se propuso unidades de albañilería fabricadas en la empresa Latesan con material de la cantera de Piñipampa y San Jerónimo y así verificar las propiedades físico mecánicas según la NTP.

De acuerdo la Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería, las unidades de albañilería pueden ser fabricadas de forma artesanal, semi industrial o industrial y cuyas características son manipulables con una sola mano y con un peso menor de cuatro kilogramos, cuya elaboración se utiliza arcilla, arena y agua. Las unidades de albañilería propuestas son cuatro: arcilla y arena de Piñipampa, arcilla de Piñipampa más arena de San Jerónimo, arcilla de San Jerónimo más arena de Piñipampa y arcilla y arena de San Jerónimo.

Se realizó ensayos para verificar sus propiedades físicas y mecánicas de los cuatro tipos de unidades de albañilería y se clasificó según los parámetros de la Norma Técnica Peruana para las unidades de albañilería.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRAC	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema.....	3
1.1.3. Ámbito de influencia de la tesis.....	4
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....	5
1.2.1. Justificación técnica	5
1.2.2. Justificación social	6
1.2.3. Justificación por viabilidad	6
1.2.4. Justificación por relevancia	7



1.3. Limitaciones de la Investigación	7
1.4. Objetivos de la Investigación	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual	10
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional	10
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional	12
2.1.3. Antecedentes a nivel local.....	13
2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes.....	14
2.2.1. Unidades de albañilería	14
2.2.2. Ensayos	55
2.3. Hipótesis.....	61
2.3.1. Hipótesis general.....	61
2.3.2. Sub hipótesis.....	61
2.4. Definición de Variables	62
2.4.1. Variables dependientes.....	62
2.4.2. Variables independientes.....	62
2.4.3. Cuadro de Operacionalización de variables	63
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	64



3.1. Metodología de la Investigación.....	64
3.1.1. Enfoque de la investigación	64
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación.....	64
3.1.3. Método de investigación	65
3.2. Diseño de Investigación	65
3.2.1. Diseño metodológico	65
3.2.2. Diseño de ingeniería	65
3.3. Población y Muestra	68
3.3.1. Población	68
3.3.2. Muestra.....	68
3.3.3. Criterios de inclusión	70
3.4. Instrumentos	71
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	71
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	79
3.5. Procedimiento de Recolección de Datos.....	79
3.5.1. Ensayos de unidad de albañilería ladrillo.....	79
3.6. Procedimiento de Análisis de Datos	114
3.6.1. Ensayos de unidad de albañilería de ladrillo	114
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	161
4.1. Unidad de Albañilería de Ladrillo	161



4.1.1. Variabilidad dimensional	161
4.1.2. Alabeo	163
4.1.3. Succión.....	165
4.1.4. Absorción	167
4.1.5. Resistencia a la compresión	168
4.1.6. Resistencia a la tracción por flexión	171
4.1.7. Resistencia de tracción indirecta	172
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	173
GLOSARIO	178
CONCLUSIONES.....	184
RECOMENDACIONES.....	192
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	194
ANEXOS	198
A. Panel fotográfico.....	199
B. Matriz De Consistencia	208
C. Fichas de Laboratorio:.....	209



ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Pág.
Tabla 1 Limitación de aplicación de unidades de albañilería.....	23
Tabla 2 Limitaciones en el uso de la unidad para fines estructurales	24
Tabla 3 Clasificación de ladrillos para fines estructurales.	25
Tabla 4 Clasificación de los filosilicatos bilaminares.	30
Tabla 5 Granulometría de la arena para mortero	39
Tabla 6 Distribución del Ensayo	69
Tabla 7 Arcilla de Piñipampa y arena de Piñipampa	82
Tabla 8 Arcilla de Piñipampa y arena de San Jerónimo.....	83
Tabla 9 Arcilla de San Jerónimo y arena de Piñipampa.....	84
Tabla 10 Arcilla de San Jerónimo y arena de San Jerónimo	85
Tabla 11 Alabeo en unidades de ladrillo - 01	89
Tabla 12 Alabeo en unidades de ladrillo - 02	90
Tabla 13 Alabeo en unidades de ladrillo - 03	91
Tabla 14 Alabeo en unidades de ladrillo - 04	92
Tabla 15 Succión en unidades de ladrillo - 01	95
Tabla 16 Succión en unidades de ladrillo - 02.....	96
Tabla 17 Succión en unidades de ladrillo - 03.....	97
Tabla 18 Succión en unidades de ladrillo - 04.....	98
Tabla 19 Absorción en unidades de ladrillo - 01	100
Tabla 20 Absorción en unidades de ladrillo - 02	101
Tabla 21 Absorción en unidades de ladrillo - 03	102



Tabla 22	Absorción en unidades de ladrillo - 04	102
Tabla 23	Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 01	105
Tabla 24	Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 02	105
Tabla 25	Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 03	106
Tabla 26	Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 04	106
Tabla 27	Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo - 01.....	108
Tabla 28	Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo - 02.....	109
Tabla 29	Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo - 03.....	109
Tabla 30	Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo - 04.....	110
Tabla 31	Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 01	112
Tabla 32	Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 02	112
Tabla 33	Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 03	113
Tabla 34	Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 04	113
Tabla 35	Variación Dimensional - 01	115
Tabla 36	Resumen de los valores de variación dimensional unidad de ladrillo tipo A	116
Tabla 37	Variación dimensional - 02	117
Tabla 38	Resumen de los valores de variación dimensional unidad de ladrillo tipo B	118
Tabla 39	Variación dimensional – 03	119
Tabla 40	Resumen de los valores de variación dimensional unidad de ladrillo tipo C	120
Tabla 41	Variación dimensional – 04	121
Tabla 42	Resumen de los valores de variación dimensional unidad de ladrillo tipo P	122
Tabla 43	Procesamiento de datos - Alabeo en unidades de ladrillo - 01.....	125
Tabla 44	Resumen valores de alabeo unidad de ladrillo tipo A	125



Tabla 45 Procesamiento de datos - Alabeo en unidades de ladrillo - 02..... 126

Tabla 46 Resumen valores de alabeo unidad de ladrillo tipo B..... 127

Tabla 47 Procesamiento de datos - Alabeo en unidades de ladrillo - 03..... 128

Tabla 48 Resumen valores de alabeo unidad de ladrillo tipo C..... 128

Tabla 49 Procesamiento de datos - Alabeo en unidades de ladrillo - 04..... 129

Tabla 50 Resumen valores de alabeo unidad de ladrillo tipo P 130

Tabla 51 Procesamiento de datos - Succión en unidades de ladrillo - 01 132

Tabla 52 Procesamiento de datos - Succión en unidades de ladrillo - 02 133

Tabla 53 Procesamiento de datos - Succión en unidades de ladrillo - 03 134

Tabla 54 Procesamiento de datos - Succión en unidades de ladrillo - 04 135

Tabla 55 Procesamiento de datos - Absorción en unidades de ladrillo - 01..... 138

Tabla 56 Procesamiento de datos - Absorción en unidades de ladrillo - 02..... 139

Tabla 57 Procesamiento de datos - Absorción en unidades de ladrillo - 03..... 140

Tabla 58 Procesamiento de datos - Absorción en unidades de ladrillo - 04..... 141

Tabla 59 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 01 144

Tabla 60 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 02 145

Tabla 61 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 03 146

Tabla 62 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a la compresión en unidades de ladrillo - 04 147



Tabla 63 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo tipo a..... 151

Tabla 64 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo tipo b..... 152

Tabla 65 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo tipo c..... 153

Tabla 66 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades de ladrillo tipo p..... 154

Tabla 67 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 01 156

Tabla 68 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 02 157

Tabla 69 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 03 158

Tabla 70 Procesamiento de datos - Ensayos de resistencia a tracción indirecta - 04 159



ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 1. Planta de fabricación de ladrillos de la empresa Latesan patio 1.	2
Figura 2. Planta de fabricación de ladrillos de la empresa Latesan patio 2.	2
Figura 3. Ladrillera Latesan (ubicada en San Jerónimo- Cusco).....	3
Figura 4. Ladrillo manejable con una sola mano.....	16
Figura 5. Pieza de unidades de albañilería.	17
Figura 6. Ladrillo de arcilla con 40% de área alveolar. Fuente.....	19
Figura 7. Unidades huecas.....	20
Figura 8. Unidades solidas de albañilería.....	21
Figura 9. Unidad de albañilería tubular.....	22
Figura 10. Unidades de albañilería apilable.	22
Figura 11. Determinación de la altura de la hilada.	41
Figura 12. Medida de alabeo en unidad de albañilería.....	56
Figura 13. Disposición para ensayo de succión para unidades de albañilería.....	58
Figura 14. Ladrillos para los diferentes ensayos.	80
Figura 15. Selección de muestras para realizar el ensayo de variabilidad dimensional.	81
Figura 16. Medidas de ladrillo.....	81
Figura 17. Mediadas para el ensayo de Alabeo.	87
Figura 18. Toma de medidas ensayo de alabeo.	88
Figura 19. Instrumentos y unidades de albañilería para realizar el ensayo de succión.....	94
Figura 20. Peso de unidad de albañilería luego de ser sometido a inmersión.	94



Figura 21. Unidades de albañilería sumergidas por 24 horas para realizar ensayo de absorción.99

Figura 22. Ensayo de compresión..... 104

Figura 23. Rotura de unidades de albañilería. 104

Figura 24. Resistencia a tracción por flexión. 108

Figura 25. Resistencia a tracción indirecta..... 111

Figura 26. Variación dimensional tipo A. 116

Figura 27. Variación dimensional tipo B. 118

Figura 28. Variación dimensional tipo C. 120

Figura 29. Variación dimensional tipo P..... 122

Figura 30. Alabeo tipo A. 126

Figura 31. Alabeo tipo B. 127

Figura 32. Alabeo tipo C. 129

Figura 33. Alabeo tipo P..... 130

Figura 34. Succión tipo A..... 132

Figura 35. Succión tipo B..... 133

Figura 36. Succión tipo C..... 134

Figura 37. Succión tipo P. 135

Figura 38. Absorción tipo..... 138

Figura 39. Absorción tipo B. 139

Figura 40. Absorción tipo C. 140

Figura 41. Absorción tipo P..... 141

Figura 42. Resistencia a la compresión tipo A. 144

Figura 43. Resistencia a la compresión tipo B. 145



Figura 44. Resistencia a la compresión tipo C. 146

Figura 45. Resistencia a la compresión tipo P..... 147

Figura 46. Tracción por flexión tipo A. 151

Figura 47. Tracción por flexión tipo B..... 152

Figura 48. Tracción por flexión tipo C..... 153

Figura 49. Tracción por flexión tipo P..... 154

Figura 50. Tracción indirecta tipo A..... 156

Figura 51. Tracción indirecta tipo B..... 157

Figura 52. Tracción indirecta tipo C..... 158

Figura 53. Tracción indirecta tipo P. 159

Figura 54. Comparación de los valores de alabeo de los diferentes tipos de ladrillo. 164

Figura 55. Comparación del promedio de alabeo de los diferentes tipos de ladrillos 166

Figura 56. Comparación del promedio de los diferentes tipos de ladrillo. 168

Figura 57. Comparación de los promedios de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de ladrillos..... 170

Figura 58. Comparación de los promedios de las muestras en el ensayo de resistencia a la tracción por flexión. 171

Figura 59. Comparación de los promedios de las muestras en el ensayo de resistencia de tracción indirecta..... 172

Figura 60. Materia prima cantera de Piñipampa arena y arcilla..... 199

Figura 61. Materia prima cantera de San Jerónimo, arena y arcilla. 199

Figura 62. Mezclado de agregados..... 200

Figura 63. Producción de ladrillos..... 201



Figura 64. Tipos de ladrillos elaborados.202

Figura 65. Patio de secado de los ladrillos equipo de elaboración de los diferentes tipos de ladrillos.202

Figura 66. Secado de las unidades de albañilería por 24 hrs.203

Figura 67. Apilado o arrumado de ladrillos.203

Figura 68. Colocado y quemado de ladrillos.203

Figura 69. Traslado de unidades de albañilería.204

Figura 70. Variación dimensional.204

Figura 71. Alabeo.205

Figura 72. Succión.205

Figura 73. Absorción 1.206

Figura 74. Absorción 2.206

Figura 75. Resistencia a la compresión.207

Figura 76. Resistencia tracción por flexión.207

Figura 77. Resistencia a tracción indirecta.207



CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

1.1.1 Descripción del problema

En la región de Cusco, distrito de San Jerónimo se encuentran empresas productoras de ladrillos las cuales se dedican a la elaboración de diferentes tipos de ladrillos para la construcción, en la investigación se evaluaron los ladrillos tipo King Kong de 18.

La aplicación de unidades de albañilería de arcilla cocida, denominado tradicionalmente como el ladrillo King kong18 huecos, es frecuente en la construcción de edificaciones en nuestra ciudad, principalmente en muros portantes, albañilería confinada, parapetos o tabiques, etc. por tal motivo deben cumplir las propiedades estipuladas en las Normas Técnicas Peruanas referidas al ladrillo de arcilla, en donde para fines estructurales, clasifican a las unidades de acuerdo a la variación dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia de compresión, resistencia a la tracción, para así dar una aplicación específica en el ámbito de la construcción. Por lo que los ladrillos elaborados en las fábricas de San Jerónimo - Cusco con materiales de la cantera de San Jerónimo Puca Orcco en sus distintos tipos de ladrillos en el mercado tienen una gran demanda. Y empresa Latesan que busca de unidades albañilería elaboradas con arcilla y arena de nuevas canteras, y que cumplan las propiedades físicas mecánicas establecidas en la Norma Técnica Peruana.



Figura 1. Planta de fabricación de ladrillos de la empresa Latesan patio 1.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Planta de fabricación de ladrillos de la empresa Latesan patio 2.
Fuente: Elaboración propia

Y en la presente investigación el bachiller busca nuevas unidades de albañilería que cumplan las propiedades estipuladas en la Norma Técnica Peruana referidas al ladrillo, con apoyo de la empresa Latesan en la fabricación de las unidades de albañilería, y la Universidad Andina del Cusco donde se evaluaron las unidades de albañilería para verificar sus propiedades físico y mecánicas y la empresa Latesan busca satisfacer la demanda de ladrillos en la región de Cusco.



Figura 3. Ladrillera Latesan (ubicada en San Jerónimo- Cusco). Fuente: Elaboración propia

Y la empresa Latesan opto por realizar estudios de las unidades de albañilería fabricadas con material de la cantera de Piñipampa que cuenta con arcilla y arena del rio Vilcanota, y de la cantera de San Jerónimo que cuenta con arcilla y arena con los cual se elaboraron ladrillos King Kong de 18 huecos y se someterlas distintas pruebas para analizar sus propiedades y distintos tipos de resistencia.

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

De la evaluación comparativa, ¿Cuáles serán las características físico-mecánicas de los ladrillos King Kong de 18 huecos elaborados, con arcilla y arena de la cantera de Piñipampa y la combinación entre las canteras de Piñipampa y San Jerónimo con respecto a un ladrillo



elaborado con arena y arcilla de la cantera de San Jerónimo, producidos en la ladrillera Latesan, según los parámetros de la norma técnica peruana E 070?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico N°1

¿Cuál será la variación dimensional que se aprecia en las muestras de ladrillo obtenidas?

Problema específico N°2

¿Cuál será el alabeo que se observa en las muestras de ladrillo obtenidas?

Problema específico N°3

¿Cuál será la absorción observada en las unidades de ladrillo estudiadas?

Problema específico N°4

¿Cuál será la succión observada en las unidades de ladrillo estudiadas?

Problema específico N°5

¿Cuál será la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería estudiadas?

Problema específico N°6

¿Cuál será la resistencia a tracción de las unidades de albañilería?

Problema específico N°7

¿Qué unidad de albañilería se clasifica de mejor manera según la norma técnica E070 para obtener la mejor mezcla?

1.1.3. Ámbito de influencia de la tesis

1.1.3.1. Lugar de aplicación de la tesis

Las unidades de albañilería obtenidas con material de la cantera de Piñipampa y la cantera de San Jerónimo tanto arena como arcilla fueron elaboradas en la empresa Latesan de la ciudad de Cusco y los ensayos para verificar sus distintas propiedades físicas como mecánicas se



realizaron en la Universidad Andina del Cusco, ya que elaboración de las unidades de albañilería está proyectada para viviendas en la ciudad del Cusco.

La ciudad del Cusco está ubicada en la parte Sur-Este del Perú, enmarcada en la cadena del valle interandino longitudinal formado por el río Huatanay, a una altitud aproximada de 3400 m.s.n.m. la misma que varía desde los 3200 m.s.n.m. en Angostura hasta los 4200 m.s.n.m. en el cerro Pachatusan.

La ciudad del Cusco políticamente es la capital administrativa de la provincia del mismo nombre, y el Departamento del Cusco, están dentro de su jurisdicción los distritos de: Cusco, Wanchaq, Santiago, San Sebastián, San Jerónimo, Ccorca, Poroy y Saylla.

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación técnica

La presente investigación pertenece a la rama de construcciones de la ingeniería civil, con la que busca verificar las propiedades físicas mecánicas de la unidad de albañilería y cumplan los parámetros establecidos en la NTP E.070. Y la presente investigación fue realizada para poder brindar productos alternativos de unidades de albañilería elaboradas con materiales de distintas canteras en cuanto al uso de construcción de viviendas, teniendo en cuenta que hoy en día el ladrillo es de uso común en las construcciones, y debido al constante crecimiento de la población que busca como alternativa la unidad de albañilería “ladrillo King Kong de 18 huecos” para la elaboración de muros de sus viviendas.

El investigador de la presente tesis con apoyo de la empresa Latesan opto por realizar estudios a nuevas unidades de albañilería para evaluar sus propiedades físicas mecánicas.



Y con esto la empresa Latesan busca incrementar a su producción nuevos ladrillos para la comercialización en la región de Cusco y sus distintas provincias y otras regiones del Perú con la finalidad de mejorar su producción.

Para los ensayos de los ladrillos elaborados se usaron las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Andina del Cusco.

1.2.2. Justificación social

En el distrito de San Jerónimo provincia del Cusco las ladrilleras son una gran fuente de trabajo y según; Honorato Sánchez Quispe en su publicación “Niveles de tecnología de hornos ladrilleros del Perú”, la zona Sucso Aucaylle del distrito San Jerónimo cuenta con 225 ladrilleras; por lo cual dichas ladrilleras generan más oportunidades de trabajo y empresa, fabricando nuevos ladrillos y esto se debe a:

- Mayor necesidad de viviendas de material noble.
- Mayor infraestructura que esté al servicio de la sociedad como colegios, hospitales, institutos, pobladores y otros.
- Material básico de construcción a precio módico y de buena calidad.

Por lo tanto, todo lo anterior se traduce en una gran necesidad de un material básico de construcción. Se ha demostrado que en la región da buenos resultados la construcción de estructuras de material noble (cemento, ladrillos, bloquetas, y otros).

1.2.3. Justificación por viabilidad

El estudio de los ladrillos King Kong de 18 como unidad de albañilería es factible, ya que se cuenta con gran cantidad de este recurso y con los equipos necesarios para la realización de pruebas y ensayos, que fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.



1.2.4. Justificación por relevancia

Este estudio es importante ya que se obtuvo datos para el uso de ladrillos King Kong de 18 huecos elaborados con materiales de canteras distintas y probar sus distintas propiedades físicas mecánicas y así difundir el uso de nuevas unidades de albañilería elaboradas con material de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo y la combinación entre ellas.

1.3. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se delimita a su aplicación en la ciudad del Cusco.

Se limita al estudio de unidades de arcilla fabricadas en la ladrillera “LATESAN” ubicada en el valle sur de la ciudad del Cusco (distrito de San Jerónimo).

Se limita al estudio de unidades de albañilería ladrillos King Kong 18 huecos con alveolos circulares que se usan para muros interiores, porque según el gerente de la ladrillera Latesan, en nuestra región dicho tipo de ladrillo es el más utilizado para los muros divisorios de las viviendas, el cual tiene las siguientes dimensiones: 24 x 12 x 9 cm.

Se limita al uso de unidades de albañilería elaboradas con la arcilla y arena de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo; porque, en la actualidad los artesanos de Piñipampa utilizan esta arcilla para la elaboración de tejas y ladrillos y todo este proceso es semi industrial.

Se limita la dosificación de los ladrillos King Kong 18 huecos con material de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo, al mismo principio de dosificación de materiales en peso del ladrillo tradicional, puesto que el objetivo de la presente investigación es evaluar el comportamiento de las propiedades físico mecánicas, con respecto a un ladrillo tradicional elaborado en la empresa Latesan.

Se limita al estudio de las propiedades físicas del ladrillo como: variación dimensional, alabeo absorción y la succión de los ladrillos.



Se limita el estudio a las propiedades mecánicas del ladrillo como: compresión y tracción de los ladrillos.

Por recomendación de la Norma Técnica Peruana 399.613.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar comparativamente las características físico mecánicas de la unidad de ladrillo, "ladrillo King Kong de 18 huecos de dimensiones 24x12x9", elaboradas con arcilla y arena provenientes de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo, usando la tecnología utilizada en la ladrillera Latesan, utilizando la dosificación base (70% de arena y 30% de arcilla) y combinando material de ambas canteras.

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico N°1

Determinar la variación dimensional de las unidades de albañilería estudiadas.

Objetivo específico N°2

Determinar el alabeo de las unidades de arcilla estudiadas.

Objetivo específico N°3

Determinar la succión de las unidades de albañilería estudiadas.

Objetivo específico N°4

Determinar la absorción de las unidades de albañilería estudiadas.

Objetivo específico N°5

Determinar la resistencia a la compresión de las unidades de arcilla estudiadas.

Objetivo específico N° 6

Determinas la resistencia a la tracción de las unidades de albañilería estudiadas.



Objetivo específico N°7

Determinar la clasificación de las unidades de albañilería estudiadas según la norma técnica E070 y determinar cuál es la que se clasifica mejor y así obtener la mejor mezcla.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Se tiene como antecedente internacional.

Tesis: "Análisis de las propiedades mecánicas de los elementos de mampostería (jaboncillo) empleados en la construcción de viviendas en la ciudad de Portoviejo".

Autor: Bach. Gabriela Rocío Quimbiamba Quishpe

Universidad: Universidad Central de Ecuador

Año: 2017

País: Ecuador

Ciudad: Quito

Conclusiones:

En la evaluación rápida en la zona cero de la ciudad de Portoviejo se pudo evidenciar entre algunos problemas detectados, la inadecuada colocación de los mampuestos.

En base a las pruebas de compresión axial y tensión diagonal realizadas a las réplicas de los muretes de la zona cero de la ciudad de Portoviejo se comprueba que la mampostería tipo MPHC (Murete en posición horizontal con mortero de arena de Cotacachi) tiene mejores propiedades mecánicas que la MPVM (Murete en posición vertical con mortero de arena de mar).

De manera individual cada uno de los elementos que forman la mampostería presenta mayor resistencia que el conjunto en sí.

El mortero con arena de Cotacachi y el mampuesto en posición horizontal presentan una resistencia a la compresión del 27.72 MPa y 11.55 MPa respectivamente, en cambio en conjunto



tienen una resistencia de 0.38 MPa, lo que indica que la mampostería no tiene ni el 2% de la resistencia de sus componentes ensayados individualmente

El tipo de fallas por compresión axial, fueron por aplastamiento y por adherencia.

La arena de mar no cumple con los requerimientos de granulometría indicada en la norma NTE INEN 2 536, sin embargo al ser utilizada en los muretes con mampuestos en posición vertical esta alcanza mayor resistencia que los muretes en posición vertical y con arena de Cotacachi.

Según los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial indica que lo ideal sería construir la mampostería con las características de las muestras MPHC (Murete en posición horizontal con mortero de arena de Cotacachi).

La resistencia al corte registrada en cada uno de los muretes indica que la mampostería con mampuestos en posición vertical, presentan mayor resistencia al corte que la mampostería con mampuestos en posición horizontal, esto independientemente del tipo de mortero.

La resistencia en tensión diagonal prácticamente no varía por las condiciones de posición del mampuesto y tipo de mortero de junta.

Los resultados teóricos tanto de esfuerzo a la compresión como el esfuerzo al corte, obtenidos en base a la NEC 11 en el Capítulo 1 “Cargas y Materiales”, son mayores en comparación con resultados experimentales conocidos en esta investigación.

El uso de la arena de mar es un factor permisible en el caso de mampostería, pero lo que más afecta a las propiedades mecánicas son la posición en la que son colocados los mampuestos.

En el aspecto económico la diferencia que existe entre mampostería con unidades en posición vertical y con mampostería con unidades en posición horizontal es de un ahorro de



aproximadamente el 70 % si se construye de acuerdo al primer caso. Esto se debe al espacio que ocupa el mampuesto dentro del conjunto.

2.1.2. Antecedentes a nivel nacional

Se tiene como antecedente nacional.

Tesis: “Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de Cusco” – 2015

Autor: Bach. Mamani Ruiz, Ronald Cristhian

Universidad: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Año: 2015

País: Perú

Ciudad: Arequipa

Conclusiones:

Es posible logra una mejoría en la calidad del ladrillo en cuanto a resistencia y temperatura de cocción de 900C°, esto mediante el diseño de mezclas, para lograr los componentes adecuados de 32% arcilla, 36% tierra de chacra y 12% arena y llevados a temperatura de 900C° con un tiempo de cocción de 120 min, logrando valores altos de resistencia hasta de 231 Kg/cm² lo que corresponde a la muestra 01 del trabajo de investigación logrando superar la resistencia del ladrillo tipo V.

El ladrillo de arcilla cocida en la investigación logra tener las mejores resistencias en su elaboración y de fácil fabricación la cual será una matriz para poder cubrir las expectativas de los usuarios en la ciudad de Cusco.



Se ha logrado optimizar el producto con un Valor óptimo = 216.233 Kg/cm², con factores de 32% arcilla, 36% tierra de chacra y 12% Arena y llevados a temperatura de 900C°

Se ha obtenido resultados valiosos en relación a las interacciones entre los componentes y su efecto en la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla cocida.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

Se tiene como antecedente local.

Tesis: “Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico - mecánicas del ladrillo King-Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional”

Autores: Richard Camino Quispe, Ronald Camino Quispe.

Universidad: Universidad Andina del Cusco

Año: 2017

País: Perú

Ciudad: Cusco

Conclusiones:

Se logró demostrar la hipótesis general que indica: “La conductividad térmica y propiedades físico – mecánicas, del ladrillo King Kong 18 huecos adicionado con porcentajes entre 10% a 30% de puzolana, varía significativamente con respecto a un ladrillo tradicional”. La adición de puzolana de la cantera Raqchi a la masa cerámica del ladrillo King Kong 18 huecos mejoró la propiedad de la conductividad térmica del ladrillo, puesto que para porcentajes de puzolana tamizada y puzolana global se redujo el valor de la conductividad térmica con respecto a su valor patrón hasta en 24% y 18% respectivamente, del mismo modo para porcentajes de puzolana global



y tamizada se incrementó la resistencia a la compresión hasta en 9% y 7% respectivamente, y resistencia a la tracción se incrementó hasta en 23% y 11% respectivamente, se incrementó los valores de absorción en 15% y 29% respectivamente y la succión se incrementó en 17% y 46% respectivamente, del nuevo ladrillo adicionado con puzolana.

Se logró demostrar la hipótesis específica N° 1 que indica: “A mayor porcentaje adicionado de puzolana de la cantera Raqchi se obtiene menor conductividad térmica del ladrillo King Kong 18 huecos”. Considerando la tabla N° 117 de los resultados, la adición del 10% de puzolana tamizada a la masa cerámica del ladrillo reduce la conductividad térmica del ladrillo tradicional siendo el valor patrón de $0.652 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, la puzolana retenida en los tamices N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 reducen el valor de la conductividad térmica del ladrillo a $0.494 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, $0.530 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$, $0.574 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$ y $0.617 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$ respectivamente.

Se logró demostrar la hipótesis específica N° 4 que decía “La adición de un determinado porcentaje de puzolana a la masa cerámica del ladrillo, le incrementa su resistencia a la compresión”.

Se logró demostrar la hipótesis específica N° 5 que decía “La adición de un determinado porcentaje de puzolana a la masa cerámica del ladrillo, le incrementa su resistencia a la tracción”.

2.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

2.2.1. Unidades de albañilería

Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)



La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. Se forma mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación, o por extrusión. Finalmente, se produce en condiciones extremadamente disímiles: en sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarias canchas, muchas veces provisionales, incluso al pie de la obra en la que será utilizada, mediante procedimientos rudimentarios y sin ningún control de calidad. (Casabonne & Gallegos, 2005)

La unidad de albañilería se denomina ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones-particularmente el ancho y pesos que lo hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. El ladrillo tradicional es una pieza pequeña que usualmente no tiene un ancho mayor de 10 a 12 cm, y cuyo peso no excede los cuatro kilos. (Casabonne & Gallegos, 2005)



Figura 4. Ladrillo manejable con una sola mano. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

Lamentablemente, en muchas oportunidades, las industrias de ladrillo han decidido las dimensiones y pesos de las unidades que producen basándose, exclusivamente, en condiciones industriales y comerciales, sin tener en cuenta el proceso de construcción de la albañilería; el resultado de esta decisión ha sido ladrillos cada vez más anchos y pesados que llegan a ser difíciles o imposibles de manipular adecuadamente en obra. (Casabonne & Gallegos, 2005)

Una segunda característica de los ladrillos, adicinan a la ya mencionada, es que normalmente el fabricante solo forma la pieza estándar: el resto de las piezas necesarias para la construcción, tales como terminales, cartabones y esquineros, tienen que ser cortados en obra. Lo que ha determinado que en su elaboración se haya tomado en cuenta el que puedan pesar hasta unos quince kilos (en algunos casos más); que el ancho no sea definido, basándose en condiciones ergonómicas y que se provean, más bien, alveolos o huecos, que permiten manipularlos sin maltratarse los dedos o las manos. Estos alveolos, a su vez, han servido para permitir la colocación de la armadura y luego la del concreto líquido. Dada la dimensión, complejidad y costos de la pieza estándar, es típico que todas las otras piezas que se requieren para la construcción sean también formadas por el fabricante, para evitar así la mayor parte de

corte a la pieza estándar y para entregar usualmente a obra las cantidades exactas de cada una de las piezas requeridas. (Gallegos & Casabonne, 2005)

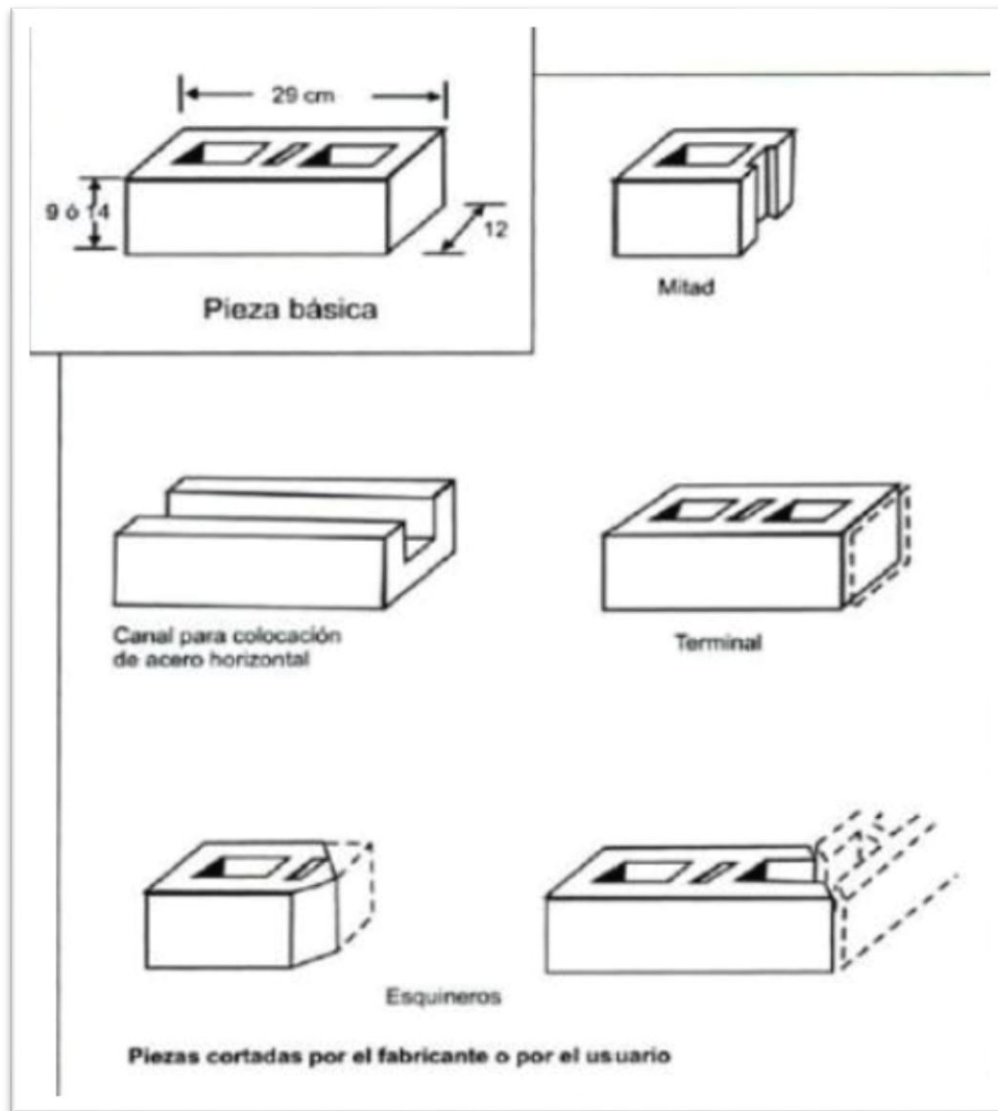


Figura 5. Pieza de unidades de albañilería. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.2.1.1 Tipología de las unidades de albañilería

La tipología de las unidades de albañilería se realiza basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y las características de los alveolos. Los tipos de ladrillo no se clasifican por el tamaño que cuentan ni por la materia prima que lo



conforma, es decir que pueden existir unidades de arcilla y concreto para un mismo tipo de ladrillo. (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.2.1.2. Características generales

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Las unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

2.2.1.3. Tipos de unidades

a) Unidad de albañilería alveolar.

Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados. (Albañilería Estructura, 1989)

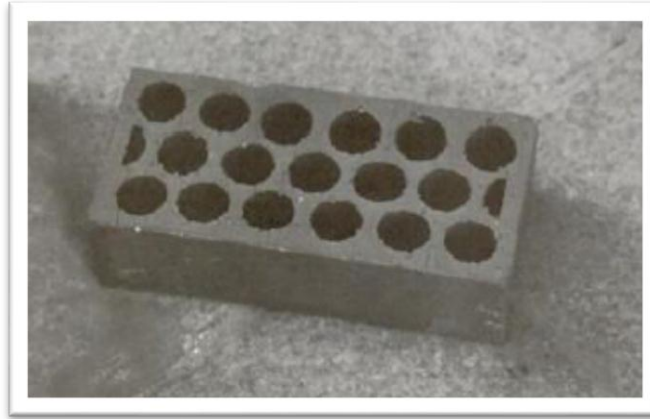


Figura 6. Ladrillo de arcilla con 40% de área alveolar. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

b) Unidad de Albañilería Hueca.

Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Unidades huecas. En las unidades huecas el área alveolar excede el 30% del área bruta y los alvéolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido. En este caso todas las propiedades de la sección corresponden a las de la sección neta; consecuentemente, la forma y disposición de los alvéolos debe ser conocida para determinar el módulo resistente y el momento de inercia de la sección. Cuando los alvéolos de estas unidades, en su aplicación, se llenan con concreto líquido, la albañilería pasa a ser tratada como sólida (Albañilería Estructura, 1989)

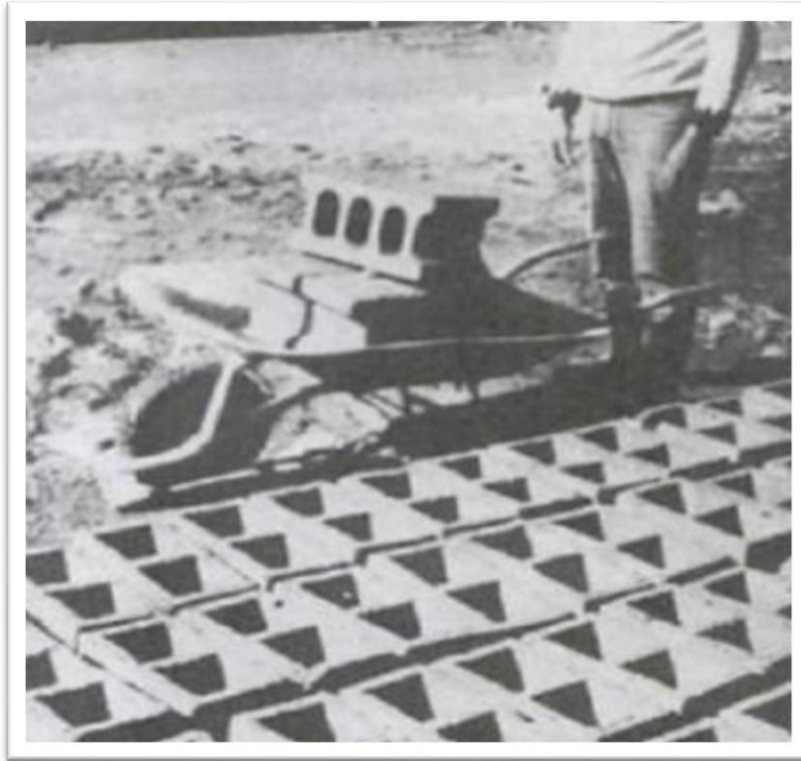


Figura 7. Unidades huecas. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

c) Unidad de Albañilería sólida.

Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

En estas unidades las perforaciones o alveolos, necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no deben alcanzar más del 30% del área de sección bruta. (Casabonne & Gallegos, 2005)

En otras palabras, las unidades sólidas no son solo aquellas que no tienen alveolos, sino que son también aquellas que los tienen hasta un límite determinado. En la aplicación de las unidades de albañilería sólidas se consideran, para todas las propiedades, las de la sección bruta. (Casabonne & Gallegos, 2005)

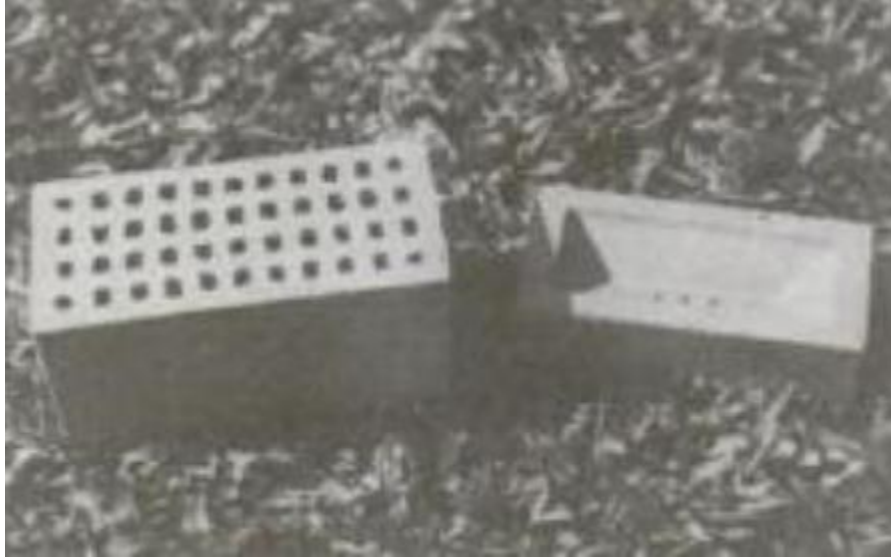


Figura 8. Unidades solidas de albañilería. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

d) Unidades de albañilería tubular.

Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento, empleados para aligerar el peso de los muros. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

En estas unidades los alvéolos no son como en las unidades sólidas, huecas o perforadas, perpendiculares a la cara de asiento de la unidad, sino paralelos a esta. El tamaño de los alvéolos y la proporción del área de estos, en relación con el área bruta de la cara lateral de la unidad, varían grandemente en la producción industrial. Sus propiedades y sus características resistentes se determinan y consideran como si la unidad fuera sólida. (Casabonne & Gallegos, 2005)

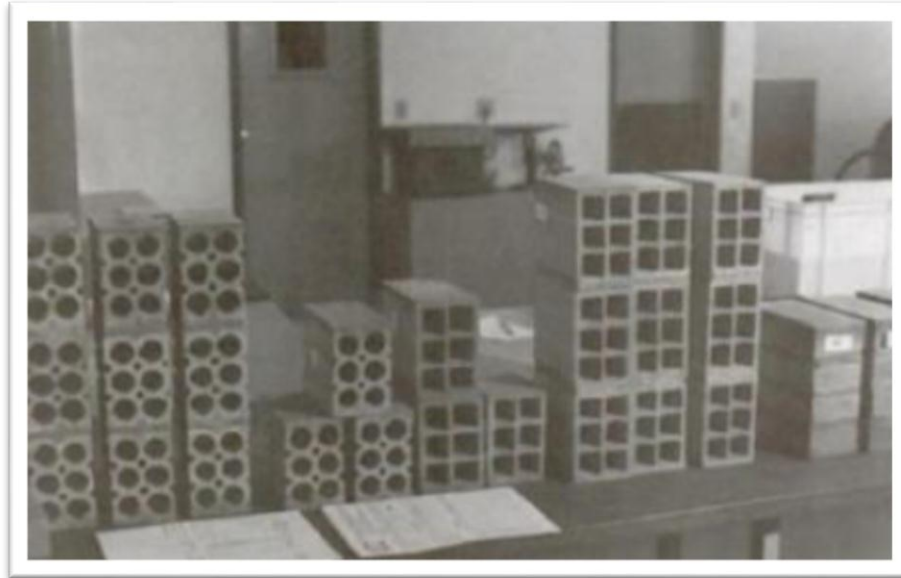


Figura 9. Unidad de albañilería tubular. Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)
e) **Unidad de albañilería Apilable.**

Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

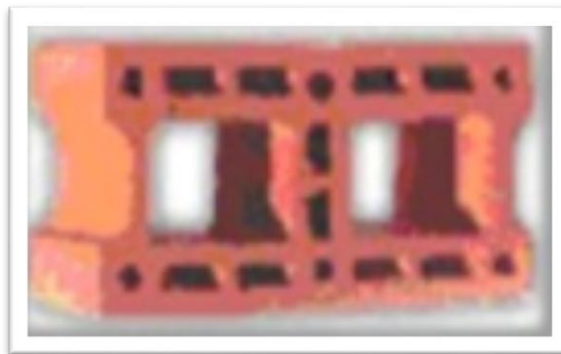


Figura 10. Unidades de albañilería apilable. Fuente: <https://www.slideshare.net/moralesgaloc/ladrillos-en-la-construccion-72560068>

2.2.1.4. Limitaciones de aplicación estructural de unidades

Las limitaciones que se dan es por el tipo de muro la zona sísmica y si son muros portantes o no portantes lo cual se indica en la tabla N°1.

Tabla 1*Limitación de aplicación de unidades de albañilería*

Tipo	Posibilidad de aplicación			
	Muro en zona sísmica		Muro en zona no sísmica	
	Portante	No portante	Portante	No portante
Sólida	Óptima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	No aplicable tal cual. Óptima si se llenan alvéolos con concreto líquido.	Óptima	Aplicable	Óptima
Perforada	No aplicable, salvo que el área alveolar sea 30% o menos que el área bruta.	Óptima	Aplicable	Óptima
Tubular	No aplicable	Óptima	No aplicable	Óptima

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

2.2.1.5. Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionada a lo indicado en la tabla N°2: limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 diseño sísmico resistente. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Tabla 2*Limitaciones en el uso de la unidad para fines estructurales*

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

2.2.1.6. Según su clasificación para fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas cual se indica en la tabla N°3. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

Tabla 3
Clasificación de ladrillos para fines estructurales.

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

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

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

2.2.1.7. Unidades de arcilla

Se conoce como unidades de arcilla a los ladrillos o bloques de arcilla fabricados artesanalmente o industrializados.

Se fabrican ladrillos de arcilla sólidos, perforados y tubulares; los bloques, cuando se fabrican, son huecos. El formado de las unidades de arcilla se realiza por todos los métodos de moldeo, con la asistencia de presión (no es posible fabricar unidades de arcilla por moldeo asistido con vibración), y por extrusión. En consecuencia, la gama de productos, su calidad y su variabilidad son prácticamente ilimitadas. El color de las unidades de arcilla va normalmente del amarillo al rojo. (Albañilería Estructura, 1989)



2.2.1.8. Componentes de las unidades de arcilla

Los principales componentes de las unidades de arcilla es:

Arcilla

Agregado fino (Arena)

Agua

2.2.1.8.1. Arcilla

Desde el punto de vista geológico las arcillas son minerales naturales que se formaron hace varios millones de años y que reúnen las características peculiares de composición y formación relacionadas con el curso de la evolución de la Tierra, y siendo más específico se puede decir que son sedimentos geológicos que provienen de la descomposición de rocas ricas en sílice y alúmina, principalmente de feldespato, inducida por los agentes atmosféricos (agua, energía luminosa, vientos, etc.). Pues bien, esta no es la única definición de este material, sino que también tiene otras, como se muestra a continuación (Mella Stappung A. , 2004)

Petroológica: Arcilla es una roca pelítica blanda, que se hace plástica al contacto con el agua, siendo frágil en seco, y con gran capacidad de absorción. (Mella Stappung A. , 2004)

Mineralógica: Arcillas son silicatos aluminicos hidratados (minerales secundarios) que provienen del intemperismo químico de los feldespatos. También existen arcillas de origen hidrotermal, que provienen de transformación mayormente de rocas magmáticas, ácidas e intrusivas, están frecuentemente asociados a filones. (Mella Stappung A. , 2004)

Granulométricamente: Las arcillas son los fragmentos naturales más finos (< 2 micras o 1/256 mm). Generalmente en la naturaleza encontramos las arcillas mezcladas con otros materiales como los limos, arenas (estas con alto contenido de cuarzo), humedad y material



orgánico, todo este conjunto de materiales se denominan “material arcilloso”. (Diaz Valdiviezo & Zedano Cornejo, 2006)

Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 0.002 mm, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados. (Mella Stappung A. , 2004)

Los sedimentos referidos en la definición anterior son aquellos minerales naturales que se han depositado en los lechos de lagos y mares por la acción de arrastre de los ríos. (Mella Stappung A. , 2004)

Por tanto, el término arcilla no sólo tiene connotaciones mineralógicas, sino también de tamaño de partícula, en este sentido se consideran arcillas todas las fracciones con un tamaño de grano inferior a 0.002 mm. (Mella Stappung A. , 2004)

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan. (Mella Stappung A. , 2004)

Las arcillas son materiales terrosos, de baja granulometría y que presentan plasticidad cuando son mezcladas con cierta cantidad de agua. Están constituidas por partículas cristalinas extremadamente pequeñas ($<2\mu\text{m}$) denominadas minerales de arcillas. De naturaleza inorgánica, compuesta principalmente por Silicio Si^{4+} , Aluminio Al^{3+} , Agua H_2O y frecuentemente Hierro Fe y materiales alcalinos y alcalino-térreos en pocas cantidades, así como materia orgánica y otros compuestos amorfos. (Rodríguez Franco & Torres España, 2009)



2.2.1.8.2. Clasificación de arcillas

Aproximadamente el 95,0% de la corteza terrestre está formada por silicatos, los cuales son los constituyentes de rocas ígneas y metamórficas. En la corteza terrestre, de cada 100 átomos, más de 60 son de oxígeno, más de 20 son de silicio y de 6 a 7 de aluminio, correspondiendo unos 2 átomos más a cada uno de los elementos: hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio. Así pues, los minerales que predominan en la corteza terrestre son silicatos y óxidos cuyas propiedades dependen de las condiciones químicas y físicas que fueron originados. (Zarate Anchante, 2005)

Silicatos: Los silicatos se caracterizan por tener una unidad fundamental básica consistente en cuatro iones oxígeno ubicados en los vértices del tetraedro regular rodeando al ion silicio tetravalente y coordinado por éste. El fuerte enlace que une los iones de silicio y oxígeno es literalmente, el cemento que mantiene la corteza terrestre. El enlace entre los iones silicio y oxígeno puede considerarse 50,0% iónico y 50,0% covalente, según el concepto de electronegatividad de Pauling. (Zarate Anchante, 2005)

Aunque en el enlace silicio-oxígeno hay electrones compartidos, la energía total de enlace del ión silicio sigue estando distribuida por igual entre sus cuatro oxígenos más próximos vecinos. De aquí que la fuerza de un enlace silicio oxígeno sea justamente igual a la mitad de la energía total de enlace disponible del ión oxígeno. Las propiedades de los silicatos son muy variadas, basados en esto, se recurre a una clasificación estructural según la disposición de los tetraedros de silicio; contándose con los siguientes:

Nesosilicatos: independientes.

Sorosilicatos: cada dos tetraedros comparten un oxígeno (en parejas).

Ciclosilicatos: en anillos.



Inosilicatos: en cadenas sencillas y cadenas dobles.

Filosilicatos: en láminas (hojas).

Tectosilicatos: en armazones.

De ésta clasificación, las arcillas forman parte de los filosilicatos. Desde el punto de vista estructural, los filosilicatos tienen una clasificación muy variada, en este sentido según Marshall la partícula arcillosa se compone de moléculas laminares, cada una de las cuales se halla integrada a su vez por dos o tres láminas de átomos; que son de dos clases (Zarate Anchante, 2005)

Láminas de Sílice $2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Tetraedros de Silicio.

Láminas de Alúmina $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Octaedros de Aluminio.

Filosilicatos. Los filosilicatos se clasifican atendiendo a que sean bilaminares o trilaminares y dioctaédricos o trioctaédricos.

Tabla 4

Clasificación de los filosilicatos bilaminares.

	DIOCTAEDRICOS		TRIOCTAEDRICOS		
Bilaminares T:O 1:1	CANDITAS	Caolinita $Al_4Si_4O_{10}(OH)_6$	SERPENTINAS	Antigorita $Si_4Mg_6O_{10}(OH)_6$	
		Nacrita		Crisolito	
		Dickita		Lizardita	
		Halloysita		Bertierina	
Trilaminares T:O:T 2:1	PIROFILITA		TALCO		
	ESMECTITAS	Montmorillonita $Ca_{0,25} Si_4^{IV} (Al_{1,5}Mg_{0,5})^{VI} O_{10} (OH)_2$	ESMECTITAS	Saponita $Ca_{0,25} (Si_{2,5} Al_{0,5})^{IV} Mg_3^{VI} O_{10} (OH)_2$	
		Bedellita $Ca_{0,25} (Si_{2,5} Al_{0,5})^{IV} Al_2 O_{10} (OH)_2$		Hectorita $Ca_{0,25} Si_4^{IV} (Mg_{2,5} Li_{0,5})^{VI} O_{10} (OH)_2$	
		Nontronita			
	VERMICULAS		VERMICULAS $Ca_{0,25} (Si_{2,35} Al_{1,14})^{IV} (Mg_{2,05} Al_{0,15} Fe_{0,01})^{VI} O_{10}(OH)_2$		
	ILLITAS		MICAS	Biotita $K (Si_3Al)^{IV} (MgFe^{2+})_3^{VI} O_{10}(OH)_2$	
	MICAS	Moscovita $K (Si_3Al)^{IV} Al_2^{VI} O_{10} (OH)_2$		Flogopita $K (Si_3Al)^{IV} Mg_3^{VI} O_{10}(OH)_2$	
Paragonita $Na(Si_3Al)^{IV} Al_2^{VI} O_{10}(OH)-4H_2O$		Lepidolita $K (Si_{2,5} Al_{0,5})^{IV} (Al_{1,25} Li_{1,25})^{VI} O_{10}(OH)_2$			
T:O:T:O 2:1:1	CLORITAS $(Fe, Mg, Al)_6 (SiAl)_4^{IV} O_{10}(OH)_6$				
Fibrosos	Paligorskita $(Mg, Al)_2 Si_4O_{10}(OH)_6$		Sepiolita		

Fuente: (GALAN, 1990)

2.2.1.8.3. Clasificación industrial de las arcillas

2.2.1.8.3.1. Arcillas expansivas (esmectitas)

Las arcillas expansivas o esmectitas también se les conoce con el término comercial de 'bentonita'; este último término fue aplicado primera vez por Knight, para un particular tipo de arcilla plástica altamente coloidales, halladas en la localidad de Fort Benton, en capas del Cretáceo de Wyoming (Estados Unidos); ésta tenía la particularidad de hincharse varias veces y aumentar su volumen original cuando se ponían en contacto con el agua, y además formar



geles tixotrópicos cuando se les añadía agua en pequeñas cantidades resultando así una masa gelatinosa y voluminosa. (Diaz Valdiviezo & Zedano Cornejo, 2006)

2.2.1.8.3.2 Arcillas refractarias

Estas arcillas se caracterizan por ser resistentes al calor. El punto de fusión de cada arcilla refractaria determina su aplicación particular en la industria de materiales refractarios. Las materias primas cerámicas no tienen un punto de fusión definido, se funden dentro de un margen de temperaturas. (Diaz & Ramirez Carrion, 2009)

2.2.1.8.3.3 Arcillas caoliníticas

Con este término se asigna a las arcillas que según su tipo estructural mineralógico, tienen dos capas (filosilicatos di octaédricos), siendo el mineral la caolinita y sus formas polifórmicas dickita y nacrita. Desde el punto de vista técnico, el concepto de caolín se emplea para productos naturales de partículas muy finas, que consisten principalmente en minerales del tipo de caolín, como la caolinita, hayosita, dickita y nacrita. Asociados a estos minerales se pueden presentar cuarzo, mica, esmécticas, feldespatos. Se incluyen a las “ball-clays” o arcillas caoliníferas plásticas y dispersables en agua, estas generalmente son grises o negras, pero queman de color blanco; son los materiales más interesantes para la fabricación de cerámica blanca de gran calidad.

2.2.1.8.3.4. Mineralogía de las arcillas

Las arcillas son silicatos que pertenecen al grupo de los filosilicatos. Este importante grupo, se caracteriza porque sus minerales tienen hábito hojoso o escamoso, una dirección de exfoliación dominante. Por lo general los minerales del grupo de los filosilicatos son blandos, de peso específico relativamente bajo y las laminillas de exfoliación pueden ser flexibles (Diaz Valdiviezo & Zedano Cornejo, 2006)



La arcilla petrográficamente, está constituido por un cierto número de diferentes minerales que están en proporciones variables; así el término arcilla, se emplea a un material de grano fino, terroso, que se hace plástico al mezclarse con el agua. Los estudios de Difracción de Rayos X, han demostrado que están constituidas predominantemente por un grupo de sustancias cristalinas denominadas, minerales de arcilla (silicatos aluminicos hidratados). La arcilla puede estar formada por un único mineral de arcilla, pero por lo general hay varios minerales mezclados como los feldspatos, cuarzo, carbonatos, micas. ((Diaz Valdiviezo & Zedano Cornejo, 2006)

2.2.1.8.4. Propiedades de las arcillas

Las importantes aplicaciones industriales de este grupo de minerales radican en sus propiedades físico-químicas. Dichas propiedades derivan, principalmente, de su extremadamente pequeño tamaño de partícula (inferior a 0.002 mm), su morfología laminar (filosilicatos), las sustituciones isomórficas, que dan lugar a la aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.8.4.1 Plasticidad

La arcilla en polvo se toma plástica a medida que se le añade agua, pasando por un máximo, y luego disminuye su plasticidad al formarse una suspensión que separa demasiado las laminillas de su estructura cristalina. El que la arcilla sea más o menos plástica, depende de qué tipo de arcilla se trate. (Mella Stappung A. , 2004)

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el



deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. (Mella Stappung A. , 2004)

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia, nuevamente, de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeño (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento. (Mella Stappung A. , 2004)

Generalmente, esta Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción. Estos límites marcan una separación arbitraria entre los cuatro estados o modos de comportamiento de un suelo sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso. (Mella Stappung A. , 2004)

La relación existente entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla. Existe una gran variación entre los límites de Atterberg de diferentes minerales de la arcilla, e incluso para un mismo mineral arcilloso, en función del catión de cambio. En gran parte, esta variación se debe a la diferencia en el tamaño de partícula y al grado de perfección del cristal. En general, cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.8.4.1.1. Causas modificadoras de la plasticidad.

Para poder comparar las propiedades plásticas de diferentes arcillas hay que considerar previamente una serie de factores que, de un modo u otro, ejercen una marcada influencia en la plasticidad. (Fernandez Navarro)

- a) Contenido en agua.
- b) Tamaño de las partículas.
- c) Forma y estructura de las partículas.
- d) Agregación de las partículas.



- e) Superficie específica de las partículas.
- f) Orientación de las partículas.
- g) Adición de electrolitos y floculantes.
- h) Presencia de materia orgánica.
- i) Influencia del aire ocluido.
- j) Tratamiento térmico.

2.2.1.8.4.2. Inestabilidad de volumen

Las arcillas admiten del 15 al 50 % de agua. Al eliminarse lentamente, el agua agregada, por desecación la masa experimenta una contracción que puede sobrepasar el 9 % lineal y el 26 % cúbica. Esto se debe al hinchamiento que le produce la presencia de agua. Por ejemplo, un bloque de arcilla plástica se agrieta al desecarse por una razón de tipo mecánico. La pérdida de agua no se produce de manera uniforme, desde la totalidad de su masa, porque la arcilla mojada es impermeable e impide la salida del agua desde su núcleo central. Por ello la desecación, con su consiguiente retracción, se produce primero en las capas superficiales y como el núcleo mantiene su volumen todavía invariable, se produce la ruptura de la superficie por tracción en forma de grietas. (Mella Stappung A. , 2004)

Es por ello que para la confección de ladrillos, es conveniente que la mezcla contenga otro material aparte de la arcilla. Por ello las fábricas utilizan generalmente, lo que llaman polvo de roca, pero en realidad utilizan arena fina u otro material granular apropiado, para aumentar la permeabilidad, y se posibilite un secamiento más uniforme y sin agrieta duras. (Mella Stappung A. , 2004)



2.2.1.8.4.3. Área superficial

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m^2/g . (De Oliveira, 2009)

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.8.4.4. Capacidad de absorción

Algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar o en los canales estructurales. La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato). (Mella Stappung A. , 2004)

La capacidad de absorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.8.4.5. Cohesión interna

Cuando la fuerza normal entre dos partículas se anula y puede medirse aún una resistencia al deslizamiento, se dice que existe una cohesión. Las arcillas son laminillas cargadas eléctricamente y que por ello atraen partículas de agua para neutralizar su carga eléctrica



natural. La cohesión interna se debe a la acción de los geles coloidales que hacen el papel de adhesivos, determinando la aparición de fuerzas de atracción entre las partículas o micelas de arcilla. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.8.4.6 Hidratación e hinchamiento

La hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmectitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina. La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras. (Mella Stappung A. , 2004)

2.2.1.9. Agregados

Conjunto de partículas de origen artificial o natural que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma ASTM C-33.

Material granular, generalmente inerte, resultante de la desintegración natural y desgaste de las rocas o que se obtiene mediante la trituración de ellas, de escorias siderúrgicas o de otros materiales suficientemente duros que permiten obtener partículas de forma y tamaño estables. (Quiroz & Luna)



Los agregados son materiales pétreos Naturales seleccionados; materiales sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por expansión, calcinación o fusión. (Secretaria de comunicaciones y transporte-Mexico.)

2.2.1.9.1. Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados y presentaremos algunas.

2.2.1.9.1.1. Por su naturaleza

Según NTP 400.037

Agregado Grueso

Según la Norma Técnica Peruana, define como el material retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma citada, el agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc.

Agregado fino

Se define como aquel que pasa el tamiz de 3/8" y queda retenida en el tamiz N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

2.2.1.9.1.2. Por su procedencia

Tenemos clasificación según (Pasquel Carbajal, 1993)

Agregados naturales.

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto como las rocas y minerales que constituyen los agregados para concreto. (Pasquel Carbajal, 1993)

**Agregados Artificiales.**

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. El potencial de uso de estos materiales es muy amplio, en la medida que se van investigando y desarrollando otros materiales y sus aplicaciones en concreto, por lo que a nivel mundial hay una tendencia muy marcada hacia progresar en este sentido de desarrollar materiales artificiales en aquellas regiones, estimulando en las Universidades la investigación orientada hacia la solución técnica y económica de estos problemas. (Pasquel Carbajal, 1993)

2.2.1.9.1.3. Por su gradación

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla # 4). Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo. (Rivva Lopez, 2000)

2.2.1.9.1.4. Por su densidad

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con $G_e > 2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso. (Rivva Lopez, 2000)

2.2.1.9.1.5. Arena

La arena puede ser natural o fabricada. La natural es siempre producida por la acción erosiva de los ríos sobre las rocas y puede encontrarse en depósitos ribereños, lacustres, marinos o eólicos, dependiendo del tipo de depósito, los granos de arena pueden ser angulosos o redondeados. La arena fabricada ya sea específicamente o como sub producto, es por naturaleza angulosa; se admite usualmente que contenga más finos que los señalados en los límites granulométricos que se detallan en la tabla N° 5. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

En general, todas las arenas son aplicables en la elaboración de morteros en la medida en que satisfagan los requisitos físicos de la granulometría que se señalan en la siguiente tabla, o de otra granulometría que pueda resultar accesible siempre y cuando se verifique su satisfactoria adecuación a las características deseables del mortero. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

Tabla 5
Granulometría de la arena para mortero

Tamiz ASTM	% que pasa
N.º 4	100
N.º 8	95 - 100
N.º 16	70 - 100
N.º 30	40 - 75
N.º 50	10 - 35
N.º 100	2 - 15
N.º 200	—

Fuente: (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)



En cualquier caso la arena debe estar libre de sustancias deletéreas tales como partículas friables o livianas, impurezas orgánicas o exceso de arcilla. Las normas señalan, usualmente, un límite de 1% para el contenido de arcilla y de 0.5% para partículas que flotan en un líquido de peso específico 2, si resulta excesivo estos materiales deben ser removidos antes de la utilización de la arena. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

2.2.1.10. Agua

El agua deberá ser potable, libre de materias orgánicas y de sustancias deletéreas (aceite, ácidos, etc.). El uso de agua de mar produce eflorescencia en los ladrillos por las sales que contiene. El agua para uso doméstico es siempre satisfactoria. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

2.2.1.10.1. Requisitos para el uso de agua no potable

Se utilizará aguas no potables sólo si:

- Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias que puedan ser dañinas a la mezcla.

- Al seleccionar el agua deberá recordarse, que aquellas con altas concentraciones de sales deben ser evitadas, debido a que afectan el tiempo a la mezcla. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

2.2.1.11. Propiedades de la unidad de arcilla (ladrillo)

Según Héctor Gallegos las principales propiedades de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que llega hacer la albañilería y las principales propiedades relacionadas son:

Variabilidad dimensional.- con relación a la unidad nominal, o mejor con la relación a la unidad promedio y, principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.

Alabeo.- medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.

Succión o la velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.

Absorción.- retención de agua de las unidades de albañilería

Resistencia a la compresión.- resistencia de las unidades de albañilería a cargas.

Resistencia a la tracción.- medida como: resistencia a la tracción indirecta ó tracción por flexión.

2.2.1.11.1. Variabilidad dimensional. (NTP 399.613 y 339.604)

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. (Casabonne & Gallegos, 2005)

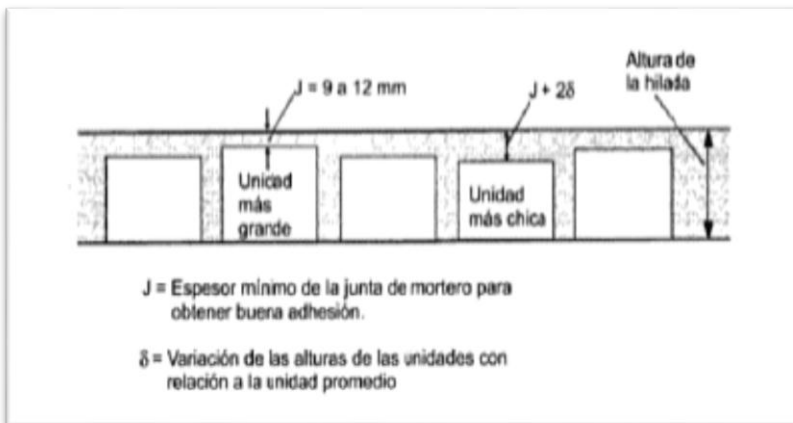


Figura 11. Determinación de la altura de la hilada. Fuente: (Casabonne & Gallegos, 2005)

2.2.1.11.2. Alabeo. (NTP 399.613)

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas



más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sísmico y diseño estructural., 1994)

2.2.1.11.3. Succión. . (NTP 399.613)

La succión es la medida de la avidéz de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las características fundamentales para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. (Casabonne & Gallegos, 2005)

Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. (Casabonne & Gallegos, 2005)

Una manera práctica de evaluar la succión (método de campo) consiste en colocar un volumen definido de agua sobre un recipiente de sección conocida (midiendo la altura de agua con una wincha). Luego, vaciar una parte del agua a una bandeja; posteriormente, apoyar la unidad sobre 3 puntos, de modo que la superficie por asentar esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto. Después de retirar el ladrillo, vaciar el agua de la bandeja al recipiente y volver a medir el volumen de agua. La diferencia de volúmenes será el peso de agua succionado ($1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ gramo de agua}$) y este peso extrapolarlo a un área normalizada de 200 cm. (www.udocz.com, s.f.)



2.2.1.11.4. Absorción. (NTP 399.613 y 339.604)

El ensayo de absorción se mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. (Casabonne & Gallegos, 2005)

2.2.1.11.5. Resistencia a la compresión. (NTP 399.613 y 339.604)

La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad. (Casabonne & Gallegos, 2005)

La resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no solo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Consecuentemente, los valores obtenidos son solo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentadas con mortero o llenas con concreto líquido. Asimismo, su durabilidad debe ser juzgada acompañando

al resultado del ensayo de compresión los valores de la absorción máxima y del coeficiente de saturación. (Casabonne & Gallegos, 2005)

2.2.1.11.6. Resistencia a la tracción. (ASTM E-518 y ASTM C-1006)

En un muro sometido a compresión, la falla ocurre por tracción transversal de la unidad de albañilería, mientras ella se encuentra en una situación de cargas triaxiales. Esto demuestra la importancia del conocimiento de esta propiedad. Lamentablemente, su medición solamente puede hacerse, para obtener resultados significativos, en testigos razonablemente macizos. Dos ensayos son usuales: el ensayo de tracción indirecta y el ensayo de tracción por flexión o de módulo de ruptura (Albañilería Estructura, 1989)

2.2.1.12. Proceso de elaboración de unidades de albañilería

De acuerdo a la Guía de Buenas Practicas Ladrilleras Artesanales (aprobado por Resolución Ministerial N°102-2010-PRODUCE del 19.04.210) el proceso de fabricación artesanal consta de las siguientes etapas:

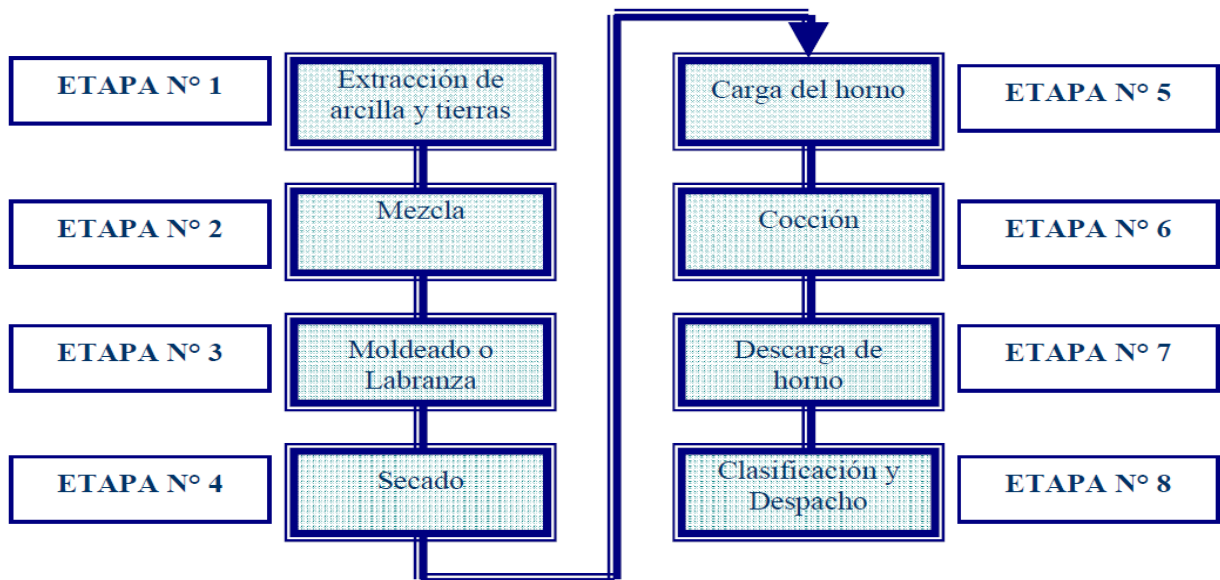


Figura. Proceso de elaboración de unidades de albañilería
Fuente: Guía De Buenas Prácticas Ladrilleras Artesanales.



2.2.1.12.1. Extracción de arcilla y tierras

La extracción de Arcilla y Tierra Arenosa se puede realizar en lugares alejados de la zona de producción o en la misma zona de producción. El procedimiento de extracción para los ladrilleros artesanales es por excavación manual de canteras con y sin denuncia. La mediana y gran industria ladrillera (de 500 a mil millares por mes) extrae el material de canteras con denuncia minero utilizando equipo pesado de remoción de tierras. El material tal como es extraído se carga en camiones y se transporta a la zona donde están los hornos de cocción. (Ministerio de la Producción, 2010).

2.2.1.12.2. Mezcla

a) Mezclado a Mano: La mezcla a mano se realiza al final del día luego de concluir las labores de labranza. Con ayuda de una pala o lampa se prepara en las fosas de mezclado, una pre-mezcla de arcilla y arena humedecidas amasando con manos y pies hasta que desaparezcan los terrones más grandes de arcilla. Algunos artesanos añaden otros agregados que pueden ser aserrín, cáscara de arroz o de café, cenizas. Se deja reposar esta masa hasta el día siguiente para que los terrones más pequeños se deshagan, la mezcla se vuelva consistente y adquiera la textura requerida para el moldeo o labranza. (Ministerio de la Producción, 2010).

Las impurezas de la arcilla y tierra como raíces de plantas, restos de arbustos y piedras son separadas manualmente. Algunas pocas veces se hace pasar la arena por un tamiz para eliminar impurezas u obtener un grano más homogéneo. La materia prima no se selecciona ni es sometida a molienda para control granulométrico. La formulación y características finales de la mezcla son definidas en base a su consistencia según la experiencia, necesidades o disponibilidad de materiales de cada artesano. (Ministerio de la Producción, 2010).



b) Mezclado mecánico: Esta mezcla se efectúa utilizando una mezcladora o batidora accionada por algún tipo de energía que puede ser eléctrica, mecánica o de tracción animal (buey, caballo, acémila), lo que elimina el amasado a mano, reduce el tiempo de amasado y eleva el rendimiento. (Ministerio de la Producción, 2010).

El procedimiento no requiere tiempo de reposo la pre - mezcla de arcilla y arena humedecidas, junto con otros agregados si fuera el caso, se vierte en el acceso o tolva de entrada de la mezcladora donde se amasa hasta obtener la consistencia requerida; la mezcla obtenida se puede volver a pasar cuantas veces sea necesaria agregando arcilla, arena, agua. (Ministerio de la Producción, 2010).

La composición de la mezcla es variable en las diferentes zonas del país y depende mayormente de la calidad de la arcilla como también de su disponibilidad (distancia de las canteras al centro de producción). Por ejemplo, en Arequipa el contenido de arcilla en la mezcla puede ser de 30%, mientras que en el Cusco llega hasta el 70%. (Ministerio de la Producción, 2010).

En Piura se han realizado pruebas introduciendo en la mezcla aserrín de madera y ceniza de cáscara de arroz, obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro siguiente: (Ministerio de la Producción, 2010).

Clase de ladrillo	Tipo de mezcla	Resistencia a la compresión (kgf/cm ²)	Densidad (g/cm ³)
King kong tradicional	Con arena	75,5	1,61
King kong tradicional	Con aserrín	42,5	1,32
King kong tradicional	Con ceniza	50,5	1,45
King kong extruido	Con arena	169,0	1,47
King kong extruido	Con ceniza	160,5	1,35

Figura. Valores de resistencias con diferentes mezclas

Fuente: Programa de Energía de ITDG-Perú, Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en Ladrilleras

2.2.1.12.2. Moldeo o labranza

El material mezclado se moldea para darle la forma de ladrillo requerido: sólidos (King Kong) y huecos, (pasteleros, para techo, etc.). Se puede hacer en forma manual o también con extrusoras mecánicas. (Ministerio de la Producción, 2010).

a) **Moldeo manual.**- Se utilizan moldes metálicos o de madera. Los moldes no tienen tamaños estandarizados, difieren de un artesano a otro y de una región a otra. Generalmente utilizan arena muy fina (cenicero) como desmoldante para facilitar el retiro de la mezcla del molde. (Ministerio de la Producción, 2010).

En condiciones climáticas normales, o sea sin lluvias, un labrador rinde semanalmente en jornada de 8 horas de lunes a sábado por cada tipo de ladrillo lo siguiente: (Ministerio de la Producción, 2010).

- Ladrillos King Kong por semana 2400 – 2500 ladrillos /hombre
- Ladrillos Pandereta por semana 1200 – 1400 ladrillos / hombre.



Prensa de moldeo con tolva de mezclado y mesa de corte



Prensa de moldeo con tolva de mezclado y mesa de corte
accionamiento manual



Molde metálico para ladrillos sólidos (Arequipa)



Molde de madera o gavera (Cuzco)



Gavera para ladrillos pandereta (Piura)



Combinación mezcladora y extrusora de accionamiento eléctrico (Cuzco)

Figura. Proceso de elaboración y moldeo del ladrillo
Fuente: Guía De Buenas Prácticas Ladrilleras Artesanales



b) Moldeo mecánico: El moldeo mecánico permite incrementar la densidad del ladrillo y por tanto su resistencia. Se emplean desde prensas de moldeo accionadas manualmente capaces de producir 60 ladrillos por hora con moldes individuales, hasta extrusoras industriales que pueden producir más de un millar por hora. El punto intermedio está representado por pequeñas máquinas extrusoras manuales que pueden producir entre 120 y 400 ladrillos por hora. Estas máquinas también pueden producir ladrillos tipo pandereta y techo sólo con un cambio de molde. (Ministerio de la Producción, 2010).

La extrusora es una máquina accionada eléctricamente o por motor a diesel o gasolina, que se compone de cuatro partes principales: (Ministerio de la Producción, 2010).

- Manivela y mecanismo de empuje
- Tanque para llenado de la mezcla
- Molde extrusor que es intercambiable según el tipo de ladrillo a fabricar
- Mesa de corte de ladrillos.

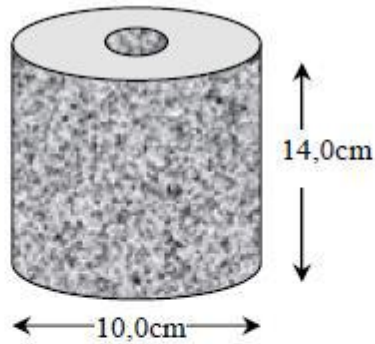
Con el uso de la mezcladora y extrusora se puede producir más de un millar de ladrillos crudos por hora.

c) Moldeo de briquetas.- En forma similar a los ladrillos se moldea también briquetas de carbón para utilizarlas como combustible. Las briquetas son una mezcla humedecida de carbón en polvo con arcilla; esta mezcla se vierte en moldes especiales de diferentes formas y tamaños: (Ministerio de la Producción, 2010).

- Cilíndrico pequeño con un solo agujero en el centro
- Cilíndrico grande con varios agujeros en todo el cuerpo
- Rectangulares con las mismas dimensiones de los ladrillos

Luego se secan al aire por dos a tres días.

Briquetas cilíndricas



Fórmula para Briquetas	para	Carbón	Arcilla	Agua
		1Kg.	120gr	100cm ³

Figura. Briquetas Cilíndricas

Fuente: Guía De Buenas Prácticas Ladrilleras Artesanales

2.2.1.12.3. Secado

Los ladrillos crudos recién moldeados se depositan en canchas de secado o tendales, que son espacios de terreno plano habilitados para este fin generalmente lo más cerca posible a la zona de moldeo. (Ministerio de la Producción, 2010).

Los ladrillos se secan aprovechando la acción natural del sol y el viento. Cuando llueve y no están bajo sombra, se cubren con mantas de plástico para protegerlos aunque esto no siempre evita que se dañen por lo que es más recomendable construir cobertizos techados para el secado. (Ministerio de la Producción, 2010).

El secado se realiza hasta que el ladrillo crudo pierde aproximadamente un 13% de humedad y queda listo para ser cargado al horno; el período de secado depende del clima y puede variar entre cinco a siete días en promedio. A partir del tercer o cuarto día se van girando las caras expuestas para un secado parejo, raspando en cada giro las partes que estaban en contacto con el suelo a fin de desprender la tierra o polvo que podrían haber capturado. En la etapa final del



secado, se van colocando los ladrillos de canto uno encima de otro formando pequeñas torres de un ladrillo por lado y de aproximadamente 1 m a 1,20m de alto. (Ministerio de la Producción, 2010).

2.2.1.12.4. Carga del horno

Primero se arma el “malecón” o arreglo de encendido acomodando los ladrillos secos de manera que, siguiendo el perfil de la ventana de aireación, formen una bóveda por encima del canal de encendido a todo lo largo del horno. En la quema con carbón, la base de esta bóveda se arma como una especie de parrilla formada con ladrillos enteros y tallados manualmente, sobre la cual se arman briquetas de carbón en tres o más capas dependiendo de la forma y tamaño de la bóveda. Debajo de esta parrilla está el canal del malecón donde se coloca la leña para el encendido. (Ministerio de la Producción, 2010).

A la altura de la parte superior de los lados de la bóveda formada por los ladrillos crudos en el interior del horno e inmediatamente por encima de la bóveda, se colocan briquetas de carbón en una disposición apropiada una al lado de otra a casi todo lo largo y ancho de la sección del horno para conseguir un frente de fuego horizontal. (Ministerio de la Producción, 2010).

Las briquetas utilizadas generalmente son de forma cilíndrica de 10cm de diámetro por 14,0cm de alto con un agujero en el medio para favorecer su encendido. (Ministerio de la Producción, 2010).

Por encima de la bóveda armada como malecón de encendido, los ladrillos son colocados en capas horizontales sucesivas cada una transversal respecto a la anterior (en ángulo de 90 grados), descansando sobre su lado más largo hasta llenar toda la altura del horno. En los techos abovedados se hace la misma disposición pero siguiendo la forma de la bóveda. (Ministerio de la Producción, 2010).



Otra manera de armar es en la secuencia 1 ½, que consiste en colocar un ladrillo a lo largo seguido de un ladrillo a lo ancho, luego un ladrillo a lo largo y así sucesivamente. Entre ladrillo y ladrillo se deja una separación de tres a cinco milímetros para permitir el flujo de aire y de los gases calientes producto de la combustión, así como para permitir la transmisión de fuego y calor durante la cocción. (Ministerio de la Producción, 2010).

El carguío y armado del horno se realiza en jornadas de uno a más días dependiendo del tamaño y capacidad del horno. En promedio un horno de 10 millares se carga en 10 horas con cinco personas: cuatro para alcanzar los ladrillos (bolear) y una para el armado. (Ministerio de la Producción, 2010).

2.2.1.12.5. La cocción

Se realiza en los hornos ladrilleros. El horneado o quemado es una operación netamente artesanal que el Maestro Hornero va ajustando según los resultados que se van obteniendo. Los canales de encendido están contruidos a la altura del piso, atraviesan el horno de lado a lado y sus ventanas o bocas están en los lados de mayor longitud. Las dimensiones y características de las bocas dependen del tipo de combustible que se va a quemar. En el Anexo 1 Manual para operadores de horno tradicional se incluyen diagramas de dimensiones de los canales y ventanas de encendido. (Ministerio de la Producción, 2010).

La cocción tiene dos partes bien diferenciadas: El Encendido y la Quema propiamente dicha. (Ministerio de la Producción, 2010).

El Encendido.- El objetivo es hacer prender las briquetas colocadas en la parte superior del malecón de encendido a fin que éstas a su vez generen suficiente calor para encender el cisco de carbón colocado en las sucesivas capas horizontales. El proceso de encendido en los hornos tradicionales de Arequipa dura de 8 a 24 horas y a veces hasta 48 horas. Para iniciar el fuego se



utilizan llantas, plásticos y en el mejor de los casos paja, viruta de madera y leña de eucalipto o algarrobo. Cabe mencionar que algunos grupos de ladrilleros como los de la Asociación Primero de Mayo en Socabaya, Arequipa donde se condujo un Proyecto Demostrativo, han dejado de utilizar llantas o plásticos y actualmente para el encendido solo utilizan leña principalmente de eucalipto a veces remojando ligeramente los trozos iniciales con kerosén. (Ministerio de la Producción, 2010).

La Quema.- Consiste en lograr que el fuego vaya ascendiendo en forma homogénea a través de las sucesivas capas horizontales de ladrillos encendiendo las respectivas capas de cisco de carbón hasta su agotamiento en las capas superiores con lo que se completa la cocción de toda la carga. (Ministerio de la Producción, 2010).

La cocción con carbón de piedra en los hornos tradicionales de Arequipa puede durar de siete a veinte días según el tamaño del horno. La cocción en los hornos de Piura dura siete días. La cocción en los hornos del Cusco dura 24 horas. (Ministerio de la Producción, 2010).

El proceso de cocción se inicia cuando han prendido totalmente las briquetas de la segunda capa del malecón de encendido pues entonces también ya ha prendido el cisco de carbón junto a estas briquetas; en este momento se empieza a sellar el horno tapando primero las mirillas y ventanas opuestas a la dirección del viento, reduciendo el tamaño de las ventanas ubicadas en la dirección del viento y finalmente sellando todas las ranuras de la última fila de ladrillos en el techo del horno, dejando pequeñas aberturas en las esquinas superiores para observar el avance. A partir de este momento solo se trata de mantener el fuego encendido hasta que llegue a la parte superior del horno. (Ministerio de la Producción, 2010).



2.2.1.12.6. Descarga del horno

Una vez que el fuego ha llegado al extremo superior y se ha consumido todo el carbón, se van abriendo poco a poco las ventilaciones del horno para dejar enfriar lo cual puede durar de cuatro a seis días. El enfriamiento es de abajo hacia arriba por efecto de las mismas corrientes de aire que han contribuido a la combustión. (Ministerio de la Producción, 2010).

Antes de proceder con la descarga se espera que el horno se enfríe. En épocas de alta demanda los ladrillos se empiezan a descargar cuando todavía están calientes sin esperar el período de enfriamiento normal, la descarga dura un día menos que el tiempo que se utilizó en cargar. (Ministerio de la Producción, 2010).

2.2.1.12.7. Clasificación y despacho

Los ladrillos se descargan y se apilan en los alrededores del horno clasificándolos según el resultado de la cocción: (Ministerio de la Producción, 2010).

- Bien cocidos (coloración rojiza intensa y sonido metálico a la percusión, son duros y presentan el grano fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular)
- Medianamente cocidos o “bayos” (color menos rojizo)
- Crudos o no cocidos

Estos últimos se tienen que volver a cocer, mientras que los otros son adquiridos por los compradores a precios diferenciados pagándose obviamente menos por aquellos que no están bien cocidos. (Ministerio de la Producción, 2010).



2.2.2. Ensayos

2.2.2.1. Ensayo de variabilidad dimensional de la unidad de albañilería

La prueba de Variación Dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sismico y diseño estructural., 1994)

Para este ensayo se calcula la variación de cada unidad de albañilería en porcentaje de cada dimensión específica, y promediar los valores obtenidos de todas las muestra y dividiéndolo entre la dimensión específica y multiplicado por 100.

$$V = \frac{DE - MP}{DE} * 100$$

En donde:

V: Variación de dimensión en porcentaje. (%)

DE: Dimensión especificada en milímetros. (mm)

MP: Medida promedio en cada dimensión en milímetros (mm)

2.2.2.2. Ensayo de alabeo de la unidad de albañilería

El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad. (San Bartolome, Construcciones de albañilería - comportamiento sismico y diseño estructural., 1994)

Los aparatos a utilizar son: una varilla de acero con borde recto, una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm, o alternativamente una cuña de medición de 60 mm

de longitud por 12.5 mm de ancho por 12.5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo, la cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm, y una superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y plana en el rango de 0.025 mm. Se usa como especímenes las unidades seleccionadas para determinar el tamaño, a las cuales se les eliminará el polvo adherido a las superficies con una brocha. (NTP 399.613 INDECOPI, 2005)

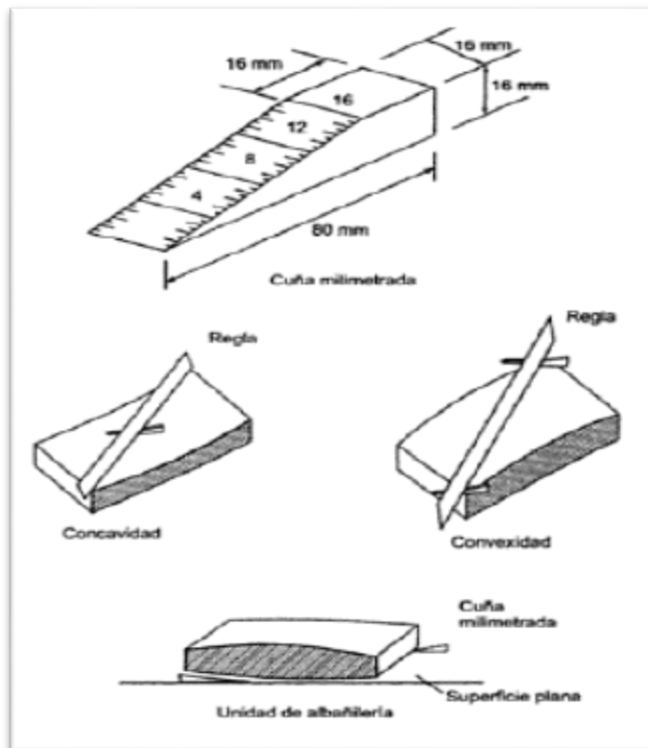


Figura 12. Medida de alabeo en unidad de albañilería. Fuente: (Casabonne & Gallegos, 2005)

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponde a una cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie, a ser medida adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto, usando la regla de acero o cuña para medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie. (NTP 399.613 INDECOPI, 2005)



Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde y es cóncava, colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido.

Seleccionar la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla con borde recto, usando la regla o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y se registra como la distorsión cóncava del borde. (NTP 399.613 INDECOPI, 2005)

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen. (NTP 399.613 INDECOPI, 2005)

Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde convexo, colocar la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Seleccionar la distancia más grande del borde del espécimen a la varilla, usando la regla de acero o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como distorsión convexa del borde. (NTP 399.613 INDECOPI, 2005)

2.2.2.3. Ensayo de absorción de la unidad de albañilería

El ensayo de absorción se mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. (Casabonne & Gallegos, 2005)

$$\text{Abs} = \frac{(W_{\text{sat.}} - W_{\text{seco}}) * 100}{W_{\text{seco}}} \%$$

Dónde:

Abs = Porcentaje de Absorción (%)

Wseco = Peso seco del ladrillo (gramos)

Wsat = Peso saturado en agua del ladrillo (gramos)

2.2.2.4. Ensayo de succión de la unidad de albañilería.

El ensayo de succión emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en su estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo. (Casabonne & Gallegos, 2005)

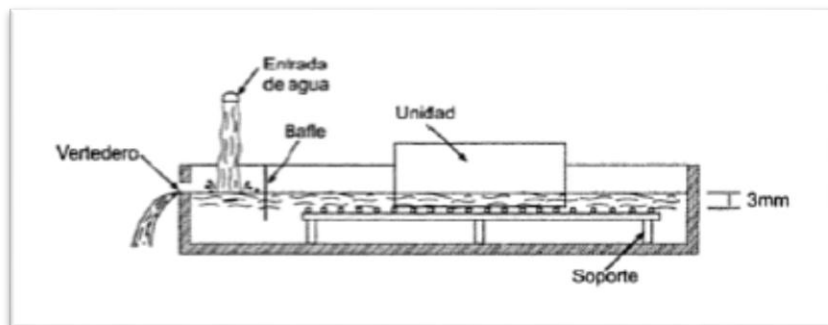


Figura 13. Disposición para ensayo de succión para unidades de albañilería. Fuente: (Casabonne & Gallegos, 2005)

El espécimen, después de pesado (P_s), se coloca sobre los soportes durante un minuto; luego se retira, se seca la superficie con un paño y se pesa (P_m). La succión se obtiene de: (Casabonne & Gallegos, 2005)

$$\text{Suc} = \frac{P_m - P_s) * 200}{A}$$

Dónde:

P_m = Peso mojado y secado con paño del ladrillo, (gramos)

P_s = Peso seco del ladrillo, (gramos)



A = Área de contacto de la unidad con el agua, (cm²).

Suc = Succión del ladrillo, en gramos/200cm²/minuto o simplemente, gramos.

Cuando se desea efectuar este ensayo a pie de obra se puede obviar la provisión de agua para mantener la inmersión constante de 3 mm de la unidad. La diferencia de volumen en centímetros cúbicos a 200cm² será la succión. (Casabonne & Gallegos, 2005)

2.2.2.5. Ensayos de compresión de la unidad de albañilería.

La resistencia a compresión es la principal propiedad de las unidades de albañilería. Los valores altos señalan una buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición, los valores bajos en cambio señalan unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

La resistencia a la compresión (f_b) se determina dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida o tubular y el área neta (A) cuando es hueca o perforada; la norma peruana, sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente. Así se obtiene el valor. (Casabonne & Gallegos, 2005)

$$f_b = \frac{P_u}{A}$$

Dónde:

f_b = Resistencia a la compresión, (Kg/cm²)

P_u = Fuerza de compresión, (Kg)

A = Área donde se aplica la fuerza de compresión (cm²).

Usualmente la prueba consiste en dos o tres ensayos. Las pruebas se evalúan estadísticamente para obtener el valor característico que, generalmente, está referido a la aceptación de 10% de resultados de pruebas defectuosas.



Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería se seguira el procedimiento indicado en la normas NTP 399.613 y 399.604 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016)

2.2.2.6. Ensayo de tracción por flexión de la unidad de albañilería

El ensayo de módulo de ruptura según la norma ASTM E-518, consiste en producir un esfuerzo de tracción por flexión hasta la ruptura de la unidad. El resultado del ensayo es el módulo de ruptura (F'_{br}). se ejecuta en la máquina de compresión sobre una unidad de albañilería entera la cual se apoya en una luz no mayor a 18 cm. Y se carga en el centro. La velocidad de desplazamiento de la prensa es lenta y constante. Se obtiene la ecuación siguiente: (Copa Pineda, Sanchez Garcia, & Taipe Huisa, 2003)

$$F'_{br} = \frac{3}{2} \times \frac{P_u * L}{b * (T_t)^2}$$

Dónde:

P_u = Carga de rotura, (Kg)

L = Luz entre ejes de apoyo, (cm)

b = Ancho de la unidad, (cm)

T_t = Altura de la unidad, (cm)

2.2.2.7. Ensayos de resistencia a tracción indirecta a la unidad de albañilería.

El ensayo de resistencia a la tracción indirecta según la norma ASTM C-1006, se efectúa en la máquina de compresión sobre la unidad entera seca a la cual se ha fijado con precisión arriba y abajo el plano de ruptura, una barra de acero de pequeño diámetro. Se debe tener presente que las unidades mecanizadas presentan alveolos, su resistencia varia por tener una menor área sometida a la tracción en comparación con las unidades macizas. A menor área de corte la resistencia a tracción indirecta se reduce. (Copa Pineda, Sanchez Garcia, & Taipe Huisa, 2003)



$$F'bt = 2 \frac{Pu}{\pi \cdot b \cdot Tb}$$

Donde:

Pu = carga aplicada (Kg)

b = Ancho de la unidad (Cm)

Tb = Altura de la unidad (Cm)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La evaluación comparativa de los ladrillos elaborados con arena y arcilla de la cantera de Piñipampa y combinación entre ambas canteras Piñipampa y San Jerónimo, con respecto a un ladrillo elaborado con arena y arcilla de la cantera de San Jerónimo, elaborados según tecnología y dosificación (70% arena + 30% arcilla) usada en la ladrillera Latesan; para verificar que si cumplen los parámetros de la Norma Técnica Peruana E.070.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub hipótesis N° 1

La variación dimensional máxima de todas las unidades estudiadas es $\pm 2\%$.

Sub hipótesis N° 2

El alabeo máximo en las unidades estudiadas es de 2mm.

Sub hipótesis N° 3

Los valores de absorción encontrados están entre 12% y 15%

Sub hipótesis N° 4

Los valores de succión fluctúan entre 10 y 20 gr/200 cm²-min



Sub hipótesis N° 5

La resistencia a compresión mínima para todas las unidades estudiadas es 180 kg/cm².

Sub hipótesis N°6

La resistencia a tracción mínima será para todas las unidades estudiadas es 20 kg/cm².

Sub hipótesis N° 7

Todas las unidades de ladrillo evaluadas se clasifican mínimamente como tipo IV,

2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables dependientes

Arcilla: Peso de la arcilla en los ladrillos King Kong 18 huecos.

Arena: Peso de la arena en los ladrillos King Kong 18 huecos

Indicadores de variable dependientes

Peso de la arcilla (kg)

Peso de la arena (kg)

Granulometría (tamiz)

2.4.2. Variables independientes

Propiedades del ladrillo como unidad de albañilería: Propiedades físico mecánicas

Indicadores de variables independientes

Variabilidad dimensional (%): Variaciones en las dimensiones de las unidades de albañilería

Alabeo (mm): Variaciones en las caras (cóncavo y convexo) de contacto con el mortero.

Succión (gr/cm²): Absorción de una de las caras del ladrillo.

Absorción (%): Absorción de la totalidad de la unidad de albañilería.

Compresión (kg/cm²): Someter las unidades de albañilería a una carga constante.

Tracción (kg/cm²): Someter las unidades de albañilería a una carga constante.



2.4.3. Cuadro de Operacionalización de variables

Tipo De Variable	Denominación de la variable	Descripción de las variables	Indicadores	Nivel	Instrumentos
independientes	arcilla	Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados	peso de la arcilla.(kg)	dosificación	guías de observación de laboratorio fichas de laboratorio
	arena	La arena es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de pequeño tamaño.	peso de la arena.(kg)	agregado fino	
			Granulometría (tamiz)	mallas	
dependientes	variabilidad dimensional	Variaciones en el ancho, largo y altura	variación: ancho, largo, altura (mm)	± 2 %	guías de observación de laboratorio fichas de laboratorio formatos de evaluación de resistencia Norma Técnica Peruana 339.613 y 339.604
	alabeo	Variaciones cóncavo, convexo	concavidad, convexidad (mm)	Max 2 min	
	succión	Absorción de la unidad durante 1 min.	Volumen H ₂ O gr/200cm ² xmin	comprendida 10 y 20 gr/200 cm ² - min	
	absorción	Absorción de la unidad durante 24 hrs.	Volumen H ₂ O (%)	hasta 22%	
	Compresión	comportamiento de la unidad bajo fuerzas aplicada	fuerza/área(kg/cm ²)	180kg/cm ²	
	Tracción	comportamiento de la unidad bajo fuerzas aplicada	fuerza/área(kg/cm ²)	20 kg/cm ²	



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Aplicativo cuantitativo

Es aplicativo ya que se estudió un fenómeno para su aplicación directa a la solución de un problema ya que utiliza un conjunto de conocimientos para obtener un resultado dentro de una ciencia y resolver un problema, su objetivo fue determinar recomendaciones que mejoren las condiciones actuales de estudio referente al tema investigado y además se aplicó los conocimientos adquiridos.

Cuantitativo, porque se elaboró una hipótesis que se demostró por medio de la deducción de valores obtenidos en la investigación y el estudio está orientado hacia la descripción, predicción, dirigido hacia datos medibles u observables.

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y que estos pueden ser reproducidos con las mismas condiciones en cualquier momento. Además, nos permite hacer el uso de datos numérico. (Hernandez Sampieri, 1999)

3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

Descriptivo

El estudio se considera como descriptivo pues busca determinar las propiedades y características de los materiales empleados en la albañilería. Así como los procesos empleados en la construcción. Previo al estudio se definió y conceptuó las variables medidas, para así recolectar los datos necesarios.



En los estudios descriptivos se miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo, se selecciona varios factores (denominados variables) y después se mide o reúne información sobre cada uno, para representar lo que investiga. (Hernandez Sampieri, 1999)

3.1.3. Método de investigación

Hipotético deductivo

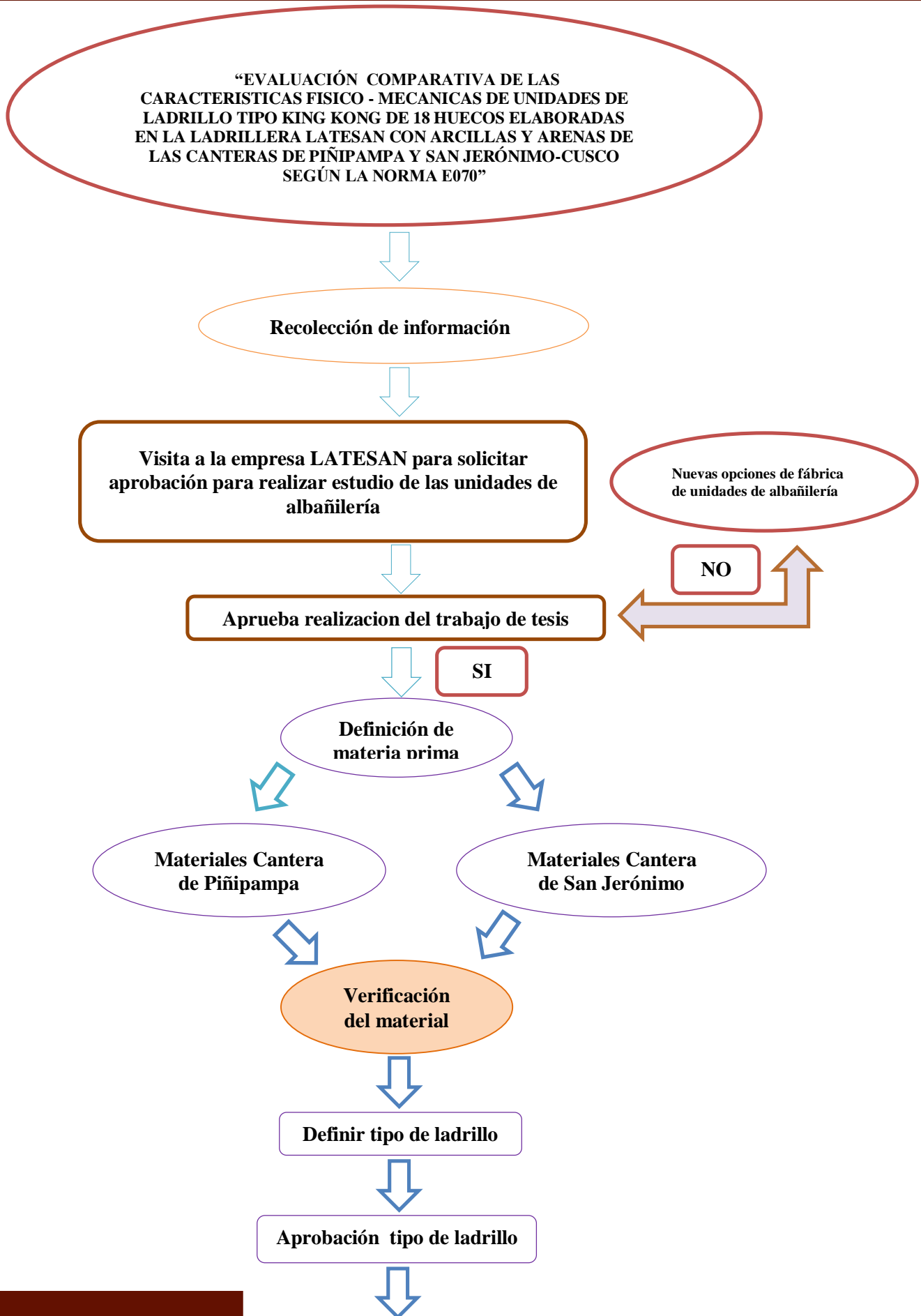
En la investigación realizada se aplicó el método hipotético deductivo, ya que se centró en la elaboración de una hipótesis, que es un criterio previo o un acercamiento hacia la respuesta a las interrogantes de la investigación, es así que el trabajo de la investigación consistió en contrastar esta hipótesis. Los pasos esenciales para realizar este método fueron: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

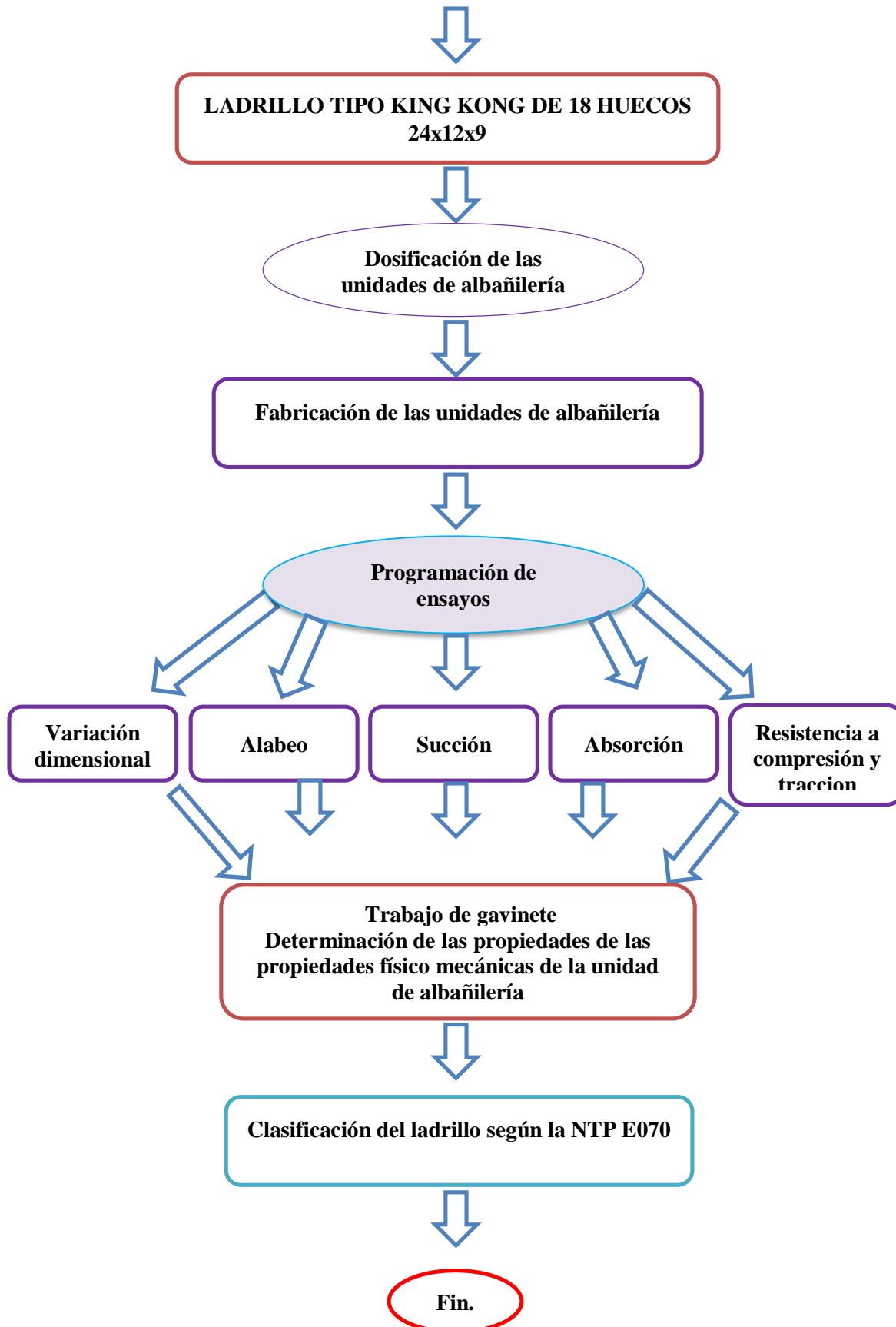
3.2. Diseño de Investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El propósito de la investigación fue responder al planteamiento de objetivos y preguntas, y también someter las hipótesis a prueba. La investigación tiene un diseño experimental, ya que hay manipulación intencional de una o más variables independientes, hay medición de variables dependientes y finalmente contraste de valores.

3.2.2. Diseño de ingeniería







3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población de la presente tesis está compuesta por unidades de albañilería ladrillos King Kong de 18 huecos con medidas de 24x12x9 cm. manejables con una sola mano (ladrillos) elaborados con arcilla y arena de las canteras de San Jerónimo y Piñipampa, en la ciudad del cusco.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de la población comprende todas las unidades de albañilería (ladrillos). Para poder analizar las unidades, se elaboró 460 unidades de ladrillos King Kong de 18 huecos 24x12x9 cm., de las cuales fueron seleccionadas 240 para los ensayos realizados.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra es un subgrupo de la población, es un subconjunto de elementos que pertenecen al universo. La muestra de la presente tesis son los ladrillos King Kong 18 huecos elaborados con material de las canteras de Piñipampa distrito de Andahuaylillas-Quispicanchi y la cantera Puca Orcco, del distrito San Jerónimo Cusco.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

El tamaño de la muestra será de 240 unidades de albañilería ladrillos King Kong de 18 huecos con medidas de 24x12x9 cm. elaborados con material de las canteras de Piñipampa y San Jerónimo, distribuidos para cada ensayo de la siguiente forma:

Tabla 6
Distribución del Ensayo

ENSAYOS	NUMERO DE LADRILLOS
Variabilidad dimensional	40
Alabeo	40
Succión	20
Absorción	20
Resistencia a la compresión	40
Resistencia a la tracción por flexión	40
Resistencia a tracción indirecta	40

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.3. Método de muestreo

El método de muestreo consiste en la elección por métodos no aleatorios de una muestra cuyas características sean similares a las de la población objetivo.

El muestreo empleado es probabilístico, ya que todas las unidades tienen la misma probabilidad de ser elegidas para formar parte de una muestra y, consiguientemente, todas las posibles muestras de tamaño tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas.

Sólo este método de muestreo probabilístico nos asegura la representatividad de la muestra extraída y es, por tanto, el más recomendable.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Los criterios para la evaluación de la muestra, es en base a ensayos.

Para la unidad de albañilería se realizaron los ensayos de:

Variabilidad



Alabeo

Succión

Absorción

Resistencia a Compresión

Resistencia a la tracción por flexión y tracción indirecta

3.3.3. Criterios de inclusión

Para la presente investigación de los diferentes ensayos, variabilidad, alabeo, succión, absorción y esfuerzos a compresión y tracción se consideró los siguientes puntos como criterios de inclusión.

Ladrillos King Kong de 18 huecos de medidas 24 x 12 x 9 cm. Elaborados en la empresa Latesan, del distrito San Jerónimo de la ciudad del Cusco.

Las unidades de albañilería ladrillo King Kong de 18 huecos de 24x12x9cm. Con arena y arcilla de la cantera de Piñipampa distrito de Andahuaylillas provincia de Quispicanchi.

Las unidades de albañilería ladrillo King Kong de 18 huecos de 24x12x9cm. Con arena y arcilla de la cantera Puca Orcco, del distrito San Jerónimo provincia del Cusco.

Las unidades de albañilería ladrillo King Kong de 18 huecos de 24x12x9cm. Con arena de la cantera de Piñipampa distrito de Andahuaylillas provincia de Quispicanchi y arcilla de la cantera Puca Orcco, del distrito San Jerónimo provincia del Cusco.

Las unidades de albañilería ladrillo King Kong de 18 huecos de 24x12x9cm. Con arena de la cantera Puca Orcco, del distrito San Jerónimo provincia del Cusco y arcilla de la cantera de Piñipampa distrito de Andahuaylillas provincia de Quispicanchi.

Agua potable.

Empleo de equipo de compresión.



Las técnicas de ensayo para todos los ensayos se realizó en base a lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Para la presente tesis se empleó las siguientes fichas técnicas de laboratorio; que se encuentran en la parte de “anexos”.

Formato de laboratorio Nro.: VD: Variación dimensional.

Formato de laboratorio Nro. : AL: Alabeo.

Formato de laboratorio Nro. : SU: Succión.

Formato de laboratorio Nro. : AB: Absorción.


Formato de laboratorio Nro.: RC: Ensayos de resistencia a la compresión en unidades.

Formato de laboratorio Nro.: TF: Ensayos de resistencia a tracción por flexión en unidades.

Formato de laboratorio Nro.: TI: Ensayos de resistencia a tracción indirecta en unidades.



Formato VD (variación dimensional)

 NRO: YD -01	FECHA:
	NORMA:
LUGAR DE ENSAYO:	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS DE LA U.A.C.
TESIS :	
REALIZADO POR:	
MUESTRA:	

UNIDAD	LARGO (mm)					ANCHO(mm)					ALTURA (mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom
	L PROMEDIO		Lo			A PROMEDIO		Ao			H PROMEDIO		Ho		

Suma Menores Lo	
P máximo Lo	

Suma Menores Ao	
P mínimo Ao	

Suma Menores Ho	
P mínimo Ho	

Suma Mayores Lo	
P mínimo Lo	

Suma Mayores Ao	
P máximo Ao	

Suma Mayores Ho	
P máximo Ho	

VARIACIÓN L (%)	
+ V (%)	
- V (%)	

VARIACIÓN A (%)	
+ V (%)	
- V (%)	

VARIACIÓN H (%)	
+ V (%)	
- V (%)	

Fuente: Elaboración propia



Formato AL (alabeo)

	ENSAYO :	FECHA:
	ALABEO EN UNIDADES DE LADRILLO	
LUGAR DE ENSAYO:		
TESIS		
REALIZADO :		
MUESTRA:		NÚMERO :

UNIDAD	Cara A		Cara B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
A1				
A2				
A3				
A4				
A5				
A6				
A7				
A8				
A9				
A10				
PROMEDIO				


CONCAVIDAD PROMEDIO	
---------------------	--

CONVEXIDAD PROMEDIO	
---------------------	--

Fuente: Elaboración propia



Formato SU (succión)

 NRO : SU - 01	ENSAYO :		FECHA:
LUGAR DE ENSAYO:			
TESIS			
REALIZADO :			
MUESTRA:		NÚMERO :	


UNIDAD	PESO (gr)		DIMENSIÓN (cm)				Área bruta (cm ²)	área perforada (cm ²)	área en contacto con el agua (cm ²)	SUCCIÓN
	P sec.	P suc.	Ancho	Largo	área promedio de huecos	N° de huecos				
A1										
A2										
A3										
A4										
A5										

SUCCIÓN PROMEDIO		gr/200 cm ² x min
------------------	--	------------------------------

Fuente: Elaboración propia



Formato AB (absorción)

 NRO : AB - 01	ENSAYO :	FECHA:	mar-19
LUGAR DE ENSAYO:			
TESIS			
REALIZADO :			
MUESTRA:		NÚMERO :	


UNIDAD	PESO (gr)			ABSORCION (%)
	SECO 1 (ANTES DE METER AL HORNO)	SECO 2 SACADO DEL	24 H. INMERSION	
A1				
A2				
A3				
A4				
A5				

ABSORCIÓN PROMEDIO	
--------------------	--

Fuente: Elaboración propia



Formato RC (resistencia a compresión)

 NRO: RC -01	ENSAYO:	FECHA:
		NORMA:
LUGAR DE ENSAYO:		
TESIS :		
REALIZADO POR:		
MUESTRA:		NÚMERO :

UNIDAD	LARGO (cm)			ANCHO(cm)			ALTURA(cm)		ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	fb
	L1	L2	Lprom	A1	A2	Aprom	H1	H2	cm2	kg	Kg/cm2
U1											
U2											
U3											
U4											
U5											
U6											
U7											
U8											
U9											
U10											


fb		kg/cm2
σ		kg/cm2

fb	kg/cm2
----	--------

Fuente: Elaboración propia



Formato TF (tracción por flexión)

 NRO: TF -01	ENSAYO:	FECHA:
		NORMA:
LUGAR DE ENSAYO:		
TESIS :		
REALIZADO POR:		
MUESTRA:		NÚMERO :

UNIDAD	LARGO (cm)			ANCHO(cm)			ALTURA(cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS	ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	fbr
	L1	L2	Lprom	A1	A2	Apr om	H1	H2	Apr om	L	cm2	kg	Kg/cm2
U1													
U2													
U3													
U4													
U5													
U6													
U7													
U8													
U9													
U10													


fbr		kg/cm2
σ		kg/cm2

f _b	kg/cm2
----------------	--------

Fuente: Elaboración propia



Formato TI (tracción indirecta)

 MRO: TI -01	ENSAYO:	FECHA:
		NORMA:
LUGAR DE ENSAYO:		
TESIS :		
REALIZADO POR:		
MUESTRA:		NÚMERO :

UNIDAD	LARGO (cm)			ANCHO(cm)			ALTURA(cm)			ÁREA BRUTA	CARGA MÁXIMA	fb
	L1	L2	Lprom	A1	A2	Aprom	H1	H2	Aprom	cm2	kg	Kg/cm2
U1												
U2												
U3												
U4												
U5												
U6												
U7												
U8												
U9												
U10												

fb		kg/cm2
σ		kg/cm2

fb	kg/cm2
----	--------

Fuente: Elaboración propia



3.4.2. Instrumentos de ingeniería

En la presente investigación se ha utilizado el siguiente equipo e instrumental técnico:

Máquina de Compresión:

Este equipo, tiene suficiente capacidad y es capaz de mantener una velocidad de carga continua y uniforme, deberá tener espacio suficiente para colocar la muestra de ensayo con comodidad, así como los dispositivos de calibración. La máquina está provista de dos bloques de acero de superficie sólida en las cuales se comprime los especímenes sometidos al ensayo. Este equipo fue adaptado para el desarrollo de los ensayos de compresión de las unidades de albañilería.

Materiales Secundarios:

Fueron también empleados diversos elementos propios del laboratorio, tal es el caso de vernier, reglas metálicas, cuña metálica para medir el alabeo, adaptadores para la maquina a compresión, horno y equipos menores.

3.5. Procedimiento de Recolección de Datos

3.5.1. Ensayos de unidad de albañilería ladrillo

Las unidades de albañilería ladrillo estudiadas provienen de la empresa Latesan con materiales de la cantera de Piñipampa distrito de Andahuaylillas Provincia de Quispicanchi y la cantera Puca Orcco distrito de San Jerónimo Provincia del Cusco, de medidas 12x 24 x 9 cm (largo, ancho y altura). Estas unidades son fabricadas de forma semi industrial. Son empleadas para la ejecución de obras de edificaciones.



Figura 14. Ladrillos para los diferentes ensayos. Fuente: Elaboración propia

3.5.1.1. Ensayo de variabilidad dimensional

Para la realización del ensayo de variabilidad dimensional se seleccionaron aleatoriamente 20 unidades dentro de una muestra de 400 unidades de ladrillo, asimismo, el siguiente procedimiento corresponde a lo especificado en la NTP 339.613 y NTP 399.604.

EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA PRUEBA

Brocha.

Regla metálica.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento del ensayo de variabilidad dimensional se describe a continuación:

Se seleccionó la muestra a ensayar y fue llevada al laboratorio de la universidad Andina.

Se hizo la limpieza de las unidades de ladrillo con una brocha.

Con una regla metálica se procedió a medir cada una de las aristas de las unidades de ladrillo en un número de 4 mediciones en (mm) por arista para obtener un valor promedio.



Figura 15. Selección de muestras para realizar el ensayo de variabilidad dimensional. Fuente: Elaboración propia

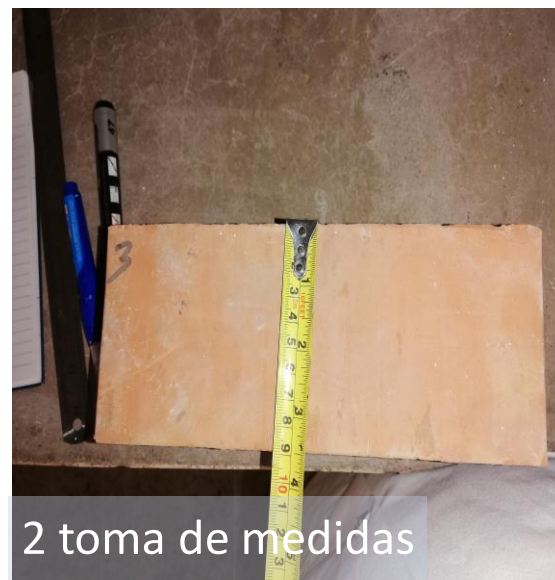
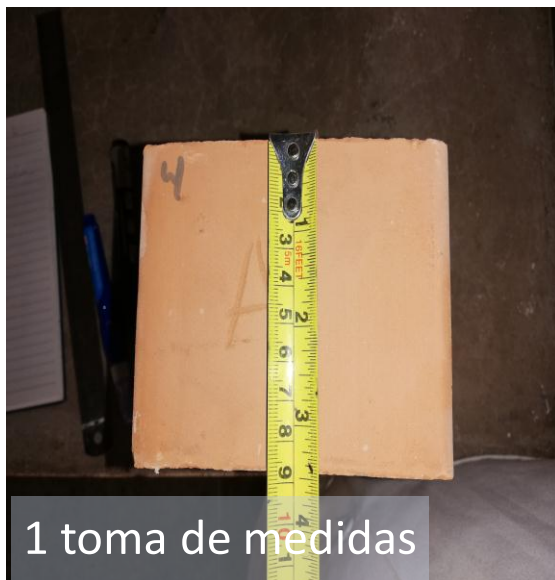


Figura 16. Medidas de ladrillo. Fuente: Elaboración propia




TOMA DE DATOS

LADRILLO TIPO A

Tabla 7

Arcilla de Piñipampa y arena de Piñipampa

 NRO: YD -01	ENSAYO:	FECHA: <i>may-14</i>
	VARIACIÓN DIMENSIONAL	NORMA: <i>NTP 399.613 NTP 399.604</i>
LUGAR DE ENSAYO:	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS DE LA U.A.C.	
TESIS :	"EVALUACION COMPARATIVA DE LAS CARACTERISTICAS FISICO - MECANICAS DE UNIDADES DE LADRILLO TIPO KING KONG DE 18 HUECOS ELABORADAS EN LA LADRILLERA LATESAN CON ARCILLAS Y ARENAS DE LAS CANTERAS DE PIÑIPAMPA Y SAN JERONIMO - CUSCO SEGÚN LA NORMA E 070"	
REALIZADO POR:	CORNEJO CUEVA ALDO	
MUESTRA:	UNIDADES DE LADRILLO ARCILLA DE PIÑIPAMPA+ ARENA DE PIÑIPAMPA	NÚMERO : 10 UNIDADES

UNIDAD	LARGO (mm)					ANCHO(mm)					ALTURA (mm)					
	L1	L2	L3	L4	Lprom	A1	A2	A3	A4	Aprom	H1	H2	H3	H4	Hprom	
U1	241.0	242.0	242.0	243.0	242.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	89.0	88.0	89.0	88.0	88.5	
U2	242.0	242.0	243.0	243.0	242.5	121.0	120.0	120.0	119.0	120.0	89.0	89.0	88.0	89.0	88.8	
U3	243.0	243.0	243.0	244.0	243.3	123.0	120.0	120.0	118.0	120.3	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	
U4	242.0	243.0	242.0	244.0	242.8	120.0	119.0	120.0	120.0	119.8	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	
U5	240.0	242.0	242.0	241.0	241.3	120.0	122.0	120.0	121.0	120.8	90.0	89.0	90.0	89.0	89.5	
U6	242.0	242.0	241.0	241.0	241.5	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	
U7	243.0	240.0	243.0	242.0	242.0	120.0	120.0	120.0	121.0	120.3	89.0	91.0	90.0	89.0	89.8	
U8	243.0	243.0	243.0	243.0	243.0	120.0	120.0	120.0	122.0	120.5	90.0	80.0	90.0	89.0	87.3	
U9	242.0	243.0	242.0	243.0	242.5	120.0	109.0	120.0	108.0	114.3	90.0	80.0	90.0	89.0	87.3	
U10	242.0	243.0	241.0	239.0	241.3	120.0	118.0	118.0	119.0	118.8	90.0	80.0	90.0	80.0	85.0	
	<u>L PROMEDIO</u>				<u>Lo</u>	242.2	<u>A PROMEDIO</u>			<u>Ao</u>	119.4	<u>H PROMEDIO</u>			<u>Ho</u>	88.5

Fuente propia