

**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”
HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
LOS LADRILLOS EN LA PROVINCIA DE AMBO – HUÁNUCO 2019”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

BACH. DANTY ANDRÉ ÁVALOS CÓRDOVA

ASESOR:

ING. MARX LENIN TUCTO TARAZONA

HUÁNUCO-PERÚ

2019



DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la fortaleza y haberme iluminado para seguir adelante y permitirme llegar a este punto de la vida de poder realizar este proyecto.

A MI MADRE SONIA

Por haberme demostrado con hechos el sacrificio de trabajar arduamente y la recompensa del esfuerzo; y porque sin ella yo no estaría aquí.

A MI PADRE MIGUEL

Por estar siempre pendiente de mí y mi carrera, por su apoyo incondicional y animarme a seguir luchando en al arduo camino de la vida.

A MI HERMANA

Porque el tan sólo contar con su presencia me brinda esas fuerzas para seguir adelante y no dejarme vencer por nada. Te quiero mucho.



AGRADECIMIENTO

Para la realización del presente trabajo de investigación, conté con el apoyo de muchas personas, a las cuales quisiera agradecer.

En primer lugar, agradecer a Dios por darme salud, por ser mi guía y mi fortaleza en los momentos difíciles.

A mis padres porque siempre me brindaron su apoyo para terminar mi carrera que será para mi futuro, eso se los debo a ustedes.

Al Ing. Omar encargado del laboratorio de la FIC, por las facilidades y el apoyo brindado para la realización de los ensayos necesarios en esta tesis.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, por ser mi alma mater en especial a la E.P INGENIERÍA CIVIL, por haberme acogido en sus aulas durante los años de mi formación profesional.

A todas las personas que de alguna manera han colaborado en esta investigación y en mi formación profesional.

¡Muchas gracias!



RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación, contiene la evaluación de las características físicas y mecánicas de las unidades de albañilería artesanales producidas en la provincia de Ambo, Departamento de Huánuco, se realizará específicamente estudios de las siguientes ladrilleras: Fábrica de ladrillo CHAPACUETE, ladrillera artesanal-rústica del Sr. Agurio Gallardo, ladrillera rústica ANDAHUAYLAS y ladrillera TEODORO HERRERA, teniendo como finalidad determinar sus propiedades mediante ensayos y ser evaluados de acuerdo a las exigencias mínimas de control de calidad que indica la Norma Técnica Peruana E.070 - Albañilería, 2006. Siendo una investigación de tipo descriptiva – experimental ya que se van a describir las propiedades y características de los ladrillos mediante ensayos en laboratorio. Para lograr los objetivos se ha estructurado la investigación comenzando con una breve descripción de la problemática que se tiene en la provincia de Ambo, se justifica el trabajo y se presentan las limitaciones de ésta. Se definen términos y se mencionan las normas en relación con el tema de investigación. Que se va a realizar, teniendo en cuenta la norma que los rige. Los ensayos que se realizaron son: variabilidad dimensional ($V\%$), alabeo, resistencia a la compresión ($f'c$), resistencia a la tracción (ftb), peso específico (γ), absorción (Abs%), succión(S).



SUMMARY

The research work presented below, contains the evaluation of the physical and mechanical characteristics of the artisan masonry units produced in the province of Ambo, Department of Huánuco, specifically studies of the following brickworks will be carried out: Brick factory CHAPACUETE, artisan-rustic brick of Mr. Agurio Gallardo, rustic brickwork, ANDAHUAYLAS and brick TEODORO HERRERA, having as purpose to determine its properties by means of tests and to be evaluated according to the minimum requirements of quality control indicated in the Peruvian Technical Standard E.070 - Masonry, 2006. Being a descriptive - experimental type of research, since they are going to describe the properties and characteristics of the bricks through laboratory tests. To achieve the objectives, the research has been structured starting with a brief description of the problems that exist in the province of Ambo, the work is justified and the limitations of it are presented. Terms are defined and rules are mentioned in relation to the research topic. What is going to be done, taking into account the rule that governs them. The tests that were carried out are: dimensional variability ($V\%$), warping, compressive strength ($f'c$), tensile strength (ftb), specific weight (γ), absorption ($Abs\%$), suction (S).



ÍNDICE

RESUMEN	iv
SUMARY	vi
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Fundamentación del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.	6
1.2.1. Problema general:.....	6
1.2.2. Problemas específicos:	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo general:	7
1.3.2. Objetivos específicos:.....	8
1.4. Justificación e importancia:	8
1.5. Limitaciones:	10
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN:	12
2.2. BASES TEÓRICAS:	16
2.2.1. Aspectos Generales	16
2.2.2 Unidades de Albañilería	17
2.2.3. Tipología	20
2.2.4 Limitaciones de aplicación estructural.....	22
2.2.5 Clasificación para fines estructurales	23
2.2.6 La Desviación Estandar	25
2.2.7 Propiedades de las Unidades de Albañilería	29
2.2.8 Definición y desarrollo de ensayos	31
2.2.9 Propiedades de Albañilería simple.....	51
2.2.10 Mortero.....	55
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	64
3.1. Hipótesis:	64
3.1.1 Hipótesis general:	64



3.1.2 Hipótesis específica:	65
3.2. Tipo de la investigación:	65
3.3. Nivel de la investigación:	65
3.4. Diseño de la investigación:	66
3.5. Sistema de variables:	67
3.6. Operación de variables	68
3.7. Determinación del universo / población:	70
3.8. Selección de la muestra:	70
3.9 Procesamiento y presentación de datos:	73
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1 Resultados.....	74
4.1.1. Ensayo de Variación Dimensional.	74
4.1.2. Ensayo de Alabeo.....	81
4.1.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión (f´b).....	83
4.1.4. Ensayo de Tracción por flexión (ftb).	86
4.1.5. Densidad y Humedad Natural.	88
4.1.6. Ensayo de Succión	90
4.1.7. Ensayo de Absorción, absorción máxima y coef. de saturación	92
4.2. Discusión de Resultados.....	94
4.2.1. Ensayo de Variación dimensional	94
4.2.2. Ensayo de Alabeo.....	95
4.2.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión (f´b).....	96
4.2.4. Ensayo de Tracción por flexión (ftb).	97
4.2.5. Densidad y Humedad Natural.	99
4.2.6. Ensayo de Succión	101
4.2.7. Ensayo de Absorción, absorción máxima y coef. de saturación ..	102
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA.....	111

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO B: PANEL FOTOGRAFICO



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1.	Aplicabilidad de los métodos de formado a las diferentes materias primas para unidades de albañilería.....	16
Tabla N°2.	Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	21
TablaN°3.	Clasificación de la unidad de Albañilería para fines estructurales.....	22
Tabla N°4	Coefficientes de variación representativos de materiales de ingeniería.....	25
Tabla N°5.	Coefficientes de variación de la resistencia en compresión de unidades de Albañilería para diferentes fábricas peruanas.....	26
Tabla N°6.	Propiedades generales de las unidades de Albañilería.....	28
Tabla N°7.	Variación dimensional según la norma E.070.....	30
Tabla N°8.	Alabeo según la norma E.070.....	32
Tabla N°9.	Resistencia a compresión en unidades según la norma E.070..	36
TablaN°10.	Valores mínimos de módulo de ruptura según el tipo de ladrillo.....	39
Tabla N° 11.	Valores de densidad según la norma ITINTEC 331.017.....	41
Tabla N° 12.	Resistencia a compresión en pilas según la norma E.070 de Albañilería.....	51



Tabla Nº 13.	Factores de corrección de f'm por esbeltez según la norma E.070.....	51
Tabla Nº 14.	Factores de corrección de f'm por esbeltez según NTP339.605.....	51
Tabla Nº 15.	Granulometría del agregado.....	54
Tabla Nº 16.	Proporción cemento y arena.....	55
Tabla Nº 17.	Proporción cemento, cal y arena.....	55

RESULTADOS

Tabla Nº 18.	Número de especímenes para las unidades de albañilería.....	71
---------------------	---	----

Variación dimensional

Tabla Nº 19.	Largo - Chapacuate	75
Tabla Nº 20.	Ancho - Chapacuate	76
Tabla Nº 21.	Altura - Chapacuate	76
Tabla Nº 22.	Largo – Agurio Gallardo	77
Tabla Nº 23.	Ancho – Agurio Gallardo	77
Tabla Nº 24.	Altura- Agurio Gallardo	78
Tabla Nº 25.	Largo - Andahuaylas.....	78
Tabla Nº 26.	Ancho - Andahuaylas.....	79



Tabla Nº 27.	Altura - Andahuaylas.....	79
Tabla Nº 28.	Largo - Teodoro Herrera	80
Tabla Nº 29.	Ancho – Teodoro Herrera	80
Tabla Nº 30.	Altura – Teodoro Herrera	81
Tabla Nº 31.	Resumen de dimensiones promedio para cada ladrillera	81
Alabeo		
Tabla Nº 32.	Chapacete	82
Tabla Nº 33.	Agurio Gallardo.....	82
Tabla Nº 34.	Andahuaylas	83
Tabla Nº 35.	Teodoro Herrera	83
Tabla Nº 36.	Resumen del Alabeo promedio para cada ladrillera	84
Resistencia a compresión en unidades		
Tabla Nº 37.	Chapacete	84
Tabla Nº 38.	Agurio Gallardo.....	85
Tabla Nº 39.	Andahuaylas	85
Tabla Nº 40.	Teodoro Herrera	86
Tabla Nº 41.	Resumen de resistencia a compresión promedio para cada ladrillera.....	86



Tracción por flexión

Tabla Nº 42.	Chapacúete	87
Tabla Nº 43.	Agurio Gallardo.....	87
Tabla Nº 44.	Andahuaylas.....	88
Tabla Nº 45.	Teodoro Herrera	88
Tabla Nº 46.	Resumen de tracción por flexión promedio para cada ladrillera	88

Densidad y humedad natural

Tabla Nº 47.	Chapacúete	89
Tabla Nº 48.	Agurio Gallardo.....	89
Tabla Nº 49.	Andahuaylas.....	90
Tabla Nº 50.	Teodoro Herrera.....	90
Tabla Nº 51.	Resumen de Densidad y humedad natural promedio para cada ladrillera.....	90

Succión

Tabla Nº 52.	Chapacúete.....	91
Tabla Nº 53.	Agurio Gallardo.....	91
Tabla Nº 54.	Andahuaylas.....	92
Tabla Nº 55.	Teodoro Herrera.....	92
Tabla Nº 56.	Resumen de Succión promedio para cada ladrillera.....	92



Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación

Tabla N° 57. Chapacúete.....	93
Tabla N° 58. Agurio Gallardo.....	93
Tabla N° 59. Andahuaylas.....	94
Tabla N° 60. Teodoro Herrera.....	94
Tabla N° 61. Resumen de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación promedio para cada ladrillera.....	94

DISCUSIÓN

Tabla N° 62. Clasificación de los ladrillos por variabilidad Dimensional.....	95
Tabla N° 63. Clasificación de los ladrillos por Alabeo.....	96
Tabla N° 64. Clasificación de los ladrillos por resistencia a compresión.....	97
Tabla N° 65. Comparación de Resistencia a tracción con la resistencia a compresión.....	98
Tabla N° 66. Clasificación de la unidad por densidad según ITINTEC 331.017.....	100
Tabla N° 67. Humedad natural de cada ladrillera.....	101
Tabla N° 68. Comparación de resultados obtenidos del ensayo	



	de succión con la norma E.070.....	102
Tabla Nº 69.	Comparación de resultados obtenidos del ensayo de Absorción con la norma E.070.....	103
Tabla Nº 70.	Comparación de resultados obtenidos del ensayo de Absorción máxima con la norma E.070.....	104
Tabla Nº 71.	Coeficientes de saturación.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1.	Sismicidad en el Perú.....	1
Figura Nº 2.	Ubicación de la provincia de Ambo.....	2
Figura Nº 3.	Vulnerabilidad de las viviendas de ladrillo confinado.....	4
Figura Nº 4.	Mano de obra y materiales.....	4
Figura Nº 5.	Curva normalizada para los diferentes tipos de materiales de las unidades de albañilería.....	21
Figura Nº 6.	Unidades de albañilería.....	22
Figura Nº 7.	Unidades huecas.....	23
Figura Nº 8.	Unidades tubulares o pandereta.....	23
Figura Nº 9.	Variación del espesor de la junta.....	35
Figura Nº 10.	Concavidad y Convexidad.....	38
Figura Nº 11.	Similitud entre la falla en el ensayo de corte (Compresión diagonal) y un sismo.....	56
Figura Nº 12.	Ensayo a Compresión del Mortero.....	64



INTRODUCCIÓN

La albañilería es un sistema de construcción que resulta de la superposición de unidades de ladrillo unidas entre sí por un mortero formando un conjunto monolítico llamado muro. La albañilería confinada se origina por un sistema de muros de ladrillos reforzado en sus extremos por columnas de amarre y en la parte superior por una viga, con la finalidad de hacer la estructura más rígida y poder actuar de manera positiva frente a diversos movimientos sísmicos.

Vivimos en un país con un alto riesgo sísmico, por lo que las edificaciones tienen que ser convenientemente analizadas, diseñadas y construidas adecuadamente, de modo que tengan un buen comportamiento ante todo tipo de sollicitación. Este análisis debe comenzar por tener el conocimiento de cada uno de los materiales que conforman a la estructura, que en este caso tiene que ver con la albañilería por lo tanto es importante determinar las propiedades de las unidades de albañilería en nuestro medio (INDECI,2011).

Para el desarrollo de la presente tesis se plantearon los siguientes capítulos:

Capítulo I: Se titula Planteamiento del problema, los objetivos, la justificación.

Capítulo II: Es el marco teórico, la teoría que respalda la investigación y el procedimiento realizado para los ensayos.

Capítulo III: La metodología a emplear, el enfoque del desarrollo de la tesis.

Capítulo IV: Resultados y Discusión.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.



CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Fundamentación del problema.

El Perú es un país sísmico donde la NORMA E-030 (DISEÑO SISMO RESISTENTE-2016) ubica al Departamento de Huánuco en la zona-02. Por lo cual es muy latente el riesgo de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la infraestructura e incluso llegar a colapsar. Puede afirmarse que dado el bajo nivel económico de la mayoría de pobladores de Ambo, gran parte de sus viviendas se construyen con nula o baja calidad de diseño y materiales, sin una adecuada asesoría técnica y limitándose en la mayoría de casos a contratar la mano de obra y la dirección de personas cuyo conocimiento en técnicas y procedimientos constructivos se basa tan sólo en sus “experiencias” (INDECI, 2011).

Figura 1: Zonas Sísmicas en el Perú



Fuente: <https://www.geogpsperu.com/2016/06/mapa-de-zonificacion-sismica-peligro.html>,2019



Así mismo la albañilería confinada es el sistema que más se emplea en la construcción de viviendas y edificios multifamiliares.

La razón de su popularidad es que estas construcciones, generalmente se realiza a muy poca altura de elevación; entonces resulta muy conveniente que los elementos verticales sean útiles para limitar los espacios, así como también posean funciones estructurales, entonces usualmente, los muros de ladrillos cumplen con estos dos requisitos y adicionalmente otorgan un buen aislamiento térmico y acústico al ambiente.

Figura N°2: Ubicación de la provincia de Ambo



Fuente: http://www.munihuanuco.gob.pe/informacion_general.php,2019

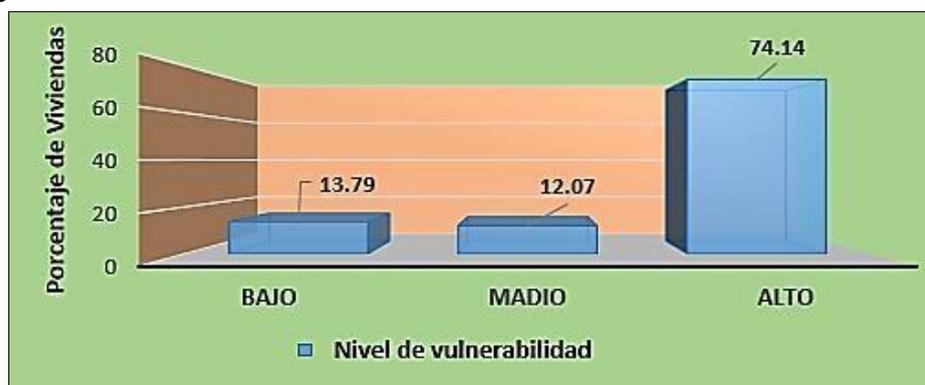


Los materiales utilizados en las construcciones, en su mayoría, no cumplen con los requerimientos técnicos básicos para obtener edificaciones adecuadas que brinden seguridad, tal es el caso de los ladrillos artesanales que presentan resquebrajaduras, estando a la vez mal cocidos y con sus dimensiones variables; para lo cual cabe resaltar que la producción de ladrillos es de carácter familiar, donde las unidades productoras además de ser totalmente informales se caracterizan por tener aspectos como: vulnerabilidad a factores climáticos y fenómenos estacionales, así como también escasa predisposición por parte de los productores para generar actividades organizativas y depender de terceros en las fases productivas y comercializadoras (INDECI,2011).

Debido a que las edificaciones están expuestas, no solamente se presentan las situaciones anteriormente mencionadas; sino, que también existen otros problemas adicionales como el transporte y almacenamiento de las unidades de albañilería, la cual puede generar lesiones más comunes y delicadas, acompañadas de otras, como degradación del ladrillo por agua de lluvia y transporte de partículas contaminantes, que tienden a deteriorar a las unidades de albañilería y por lo tanto deterioran y alteran sus propiedades físicas y mecánicas (INDECI,2011).

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) sobre la vulnerabilidad de las infraestructuras en la provincia de Ambo, comprueban lo mencionado anteriormente con respecto a las construcciones con muros de ladrillos de arcilla y la baja calidad en materiales; los cuales se muestran a continuación:

Figura Nº 3: Vulnerabilidad de las viviendas de ladrillo confinado



Fuente: Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú,2019

Figura Nº 4: Mano de obra y materiales



Fuente: Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú,2019



Es importante que una edificación, técnicamente cumpla las normas vigentes de tal manera que ofrezcan una buena resistencia en sus dos sentidos principales (densidad de muros), pero esto no ocurre en la mayoría de viviendas observadas en la provincia de Ambo. Con respecto a los materiales de construcción, el bajo nivel económico de la mayoría de la población, no les permite adquirir materiales de buena calidad para construir sus viviendas.

Este trabajo de investigación se basa en la evaluación de propiedades físicas (geometría, succión, absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) de los ladrillos en la provincia de Ambo.

En la Provincia de Ambo, al igual que el resto del País, los muros de albañilería confinada son construidos con unidades fabricadas en la propia región, siendo elaboradas por medios tradicionales, de forma artesanal y de manera informal. A pesar de este uso masivo, no se tiene hasta la fecha ninguna información básica sobre las características estructurales de estas unidades de albañilería ni del comportamiento estructural de este sistema constructivo, lo que conlleva en la mayoría de los casos a un diseño aproximado, o la incertidumbre de las soluciones adoptadas.

Siendo el ladrillo un material que por sus características y propiedades físico – mecánicas ofrece gran demanda en la construcción de viviendas en la Provincia de Ambo y de todo el país (INEI, 2007); es indispensable



profundizar conscientemente en la mejora continua la calidad del producto, por parte del fabricante así como del constructor y del usuario.

La razón de elaborar este proyecto de investigación, se fundamenta en comprobar que los ladrillos no cumplen con las especificaciones mínimas que exige la Norma E.070- Albañilería (2006), para ello se determinarán las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería mediante los ensayos correspondientes, además; debe indicarse que nuestra Norma y las investigaciones actuales están dirigidas principalmente a resolver el problema de la vivienda; en consecuencia, para construcciones distintas a los edificios, las disposiciones de la Norma se aplicarán en la medida que sean posible.

1.2. Formulación del problema.

¿En qué porcentaje las propiedades físico-mecánicas de las unidades de Albañilería de las ladrilleras: CHAPACUETE, SR. AGURIO GALLARDO, ANDAHUAYLAS y TEODORO HERRERA de la provincia de Ambo no cumplen con las exigencias mínimas establecidas por la Norma E0.70 de Albañilería?

1.2.1. Problema General:

¿Cuál es la medida de las Propiedades Físicas (geometría, succión, absorción) y Mecánicas (resistencia a la compresión



y flexión) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo?

1.2.2. Problemas Específicos:

- ¿Cuál será la geometría (uniformidad de las dimensiones y el alabeo que se medirá la concavidad y convexidad) que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo?
- ¿Cuál será la medida de la succión (propiedades de las unidades de ladrillos macizos de absorber agua) que tiene las unidades de ladrillos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo?
- ¿Cuál será el porcentaje de la absorción que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo?
- ¿Cuál será la resistencia a compresión y flexión que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General:

Determinar de las Propiedades Físicas (geometría, succión, absorción) y Mecánicas (resistencia a la compresión y flexión)



de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Identificar la geometría (uniformidad de las dimensiones y el alabeo que se medirá la concavidad y convexidad) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.
- Determinar la medida de la succión (propiedades de las unidades de ladrillos macizos de absorber agua) que tiene las unidades de ladrillos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.
- Determinar el porcentaje de la absorción que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.
- Determinar la resistencia a compresión y flexión que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.

1.4. Justificación e Importancia:

El presente trabajo de investigación evalúa las propiedades físicas (geometría, succión y absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.



La determinación e identificación de las propiedades físicas y mecánicas dan a conocer la calidad de los ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, así aportamos sobre la calidad de construcciones de las edificaciones de albañilería de la provincia de Ambo.

La identificación geométrica de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, es importante porque por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales la resistencia a la compresión de la albañilería disminuye hasta un 15% de igual manera la resistencia al corte. Asimismo, la identificación del mayor alabeo (concauidad y convexidad) de la unidad de ladrillo nos conduce a un mayor espesor de juntas y por ende se obtendrá una baja resistencia de muro de albañilería.

Asimismo, la determinación de la succión de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo. La importancia de esta propiedad de los ladrillos en absorber agua, cuando existe una succión excesiva durante los asentados de albañilería se apropia del agua de los morteros el cual se deforma y endurece, lo que impide un contacto íntimo con la cara de asiento de la siguiente unidad. Como resultado se obtiene una baja resistencia de muro de albañilería.



La determinación del porcentaje de absorción que tiene las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, la importancia de esta propiedad es que nos permite saber la permeabilidad de la unidad de albañilería. Cuando este tenga un porcentaje de cantidad considerable las unidades de albañilería deberán ser regadas durante mucho tiempo.

Y por último la determinación de la resistencia a la compresión y flexión de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, nos permite saber el esfuerzo máximo que puede soportar la unidad de ladrillo, bajo una carga de aplastamiento determinada

1.5. Limitaciones.

Las propiedades físicas (geometría, succión y absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocidos fabricados artesanalmente fabricados en la localidad de Ambo, estarán limitadas en las siguientes menciones que se relatan a continuación:

La determinación de las propiedades físicas (geometría, succión y absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo. Solo se basarán en la



evaluación de estas mas no incluirán la “Eflorescencia” que también es una propiedad física de la unidad de ladrillo.

Algunas dificultades que se tuvo cuando se realizó este proyecto de investigación fue el de conseguir que en las ladrilleras de la Provincia de Ambo nos den información sobre cómo obtienen el ladrillo y que nos faciliten algunos de éstos para llevarlos al laboratorio de la universidad y realizar los ensayos correspondientes y así verificar si están en condiciones de ser utilizados para la construcción de edificaciones. Aun siendo un poco complejo este proceso, es muy importante ya que se tendrá datos de laboratorio en donde se conocerá cuáles ladrilleras de la Provincia de Ambo son las que no cumplen con el material necesario para que sea usado en una edificación.

Además el trabajo de investigación se limitó en realizar todos los ensayos de laboratorio necesarios para determinar las propiedades físico-mecánicas; sin embargo, no se realizó el ensayo de consistencia o fluidez del mortero, el ensayo de esfuerzo a corte en muretes y el ensayo de pilas debido a que en el laboratorio no se cuenta con los equipamientos adecuados para dichos ensayos.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES:

2.1.1. Local

Hasta la fecha en el departamento de Huánuco solo existe una sola investigación (a través de una tesis) acerca de las características y propiedades de las unidades de albañilería de arcilla fabricada artesanalmente en la ciudad de Huánuco (zonas de Miraflores y urbanización Santa María).

El nombre de la tesis que realizó el investigador es: **“Unidades de albañilería de arcilla cocida en Huánuco “(1999).** El parecido obtenido con esta tesis se basa en la investigación de las diferentes plantas ladrilleras instaladas en la zona de proyecto y su influencia en las diversas construcciones, nos sirvió de manera positiva para poder ahondar más en el tema de investigación, en lo referido a la forma de trabajo y procedimientos para la obtención de los ladrillos en dicha zona.

Por otra parte es importante tener en cuenta que es demasiada escasa los conocimientos que tenemos sobre los ladrillos a través de investigaciones, a pesar de que las dichas unidades son utilizadas en grandes volúmenes para diferentes fines, tales como cercos perimétricos, tabiquerías, muros portantes, etc. Dentro de edificaciones de diversos usos.



Asimismo se ha observado una proliferación aceleradas de fábricas de ladrillos de arcilla, quienes las elaboran artesanalmente, debido a la gran demanda de dichos ladrillos, a la facilidad en su elaboración y la abundancia de materia prima. Estas fábricas han sido instaladas en terrenos eriazos; elegidas al azar, sin ningún análisis previo del suelo a usarse y muchas veces provisionales, sobre todo en la zona de Miraflores y la urbanización Santa María. Las pertenecientes a la zona de la La Laguna, Colpa Baja y los Carrizales están desactivadas y se limitan a comercializar ladrillos de las Zonas mencionadas anteriormente.

2.1.2. Nacional

Desde el año 1980, existe un esfuerzo sostenido por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), el centro Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería (CISMID-UNI) y el Instituto Nacional de investigación y Normalización de vivienda con el propósito de evaluar las características de albañilería en nuestro país. Esta propuesta ha tenido su primera frente de acción en el análisis de las unidades que abastecen el mercado de Lima, tanto las fábricas artesanalmente como las fabricadas industrialmente.

En la región central, los ingenieros: Natividad Sanchez, Marcos Zapata y Hugo Granados, realizaron un estudio denominado:



“Análisis de las unidades de albañilería producidas en Huancayo”

(1992).

Allí concluyeron que las unidades clasificaban como tipo I, según los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, densidad. Los ensayos resistencia a la comprensión de las unidades f^{''}b, cuyos resultados fueron este estudio que fué publicado en el **IX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL**, Colegio de Ingenieros del Perú, Concejo Departamental de Ica 1992.

Por otro lado también tenemos una tesis realizada en la región central de Junín:

Tesis: “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central de Junín” (2004).

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



Finalmente, se describió la tipología de las construcciones que predominan en la central Junín, mostrando en forma visual y descriptiva los procesos constructivos característicos. De todo el desarrollo de la investigación se concluyó lo siguiente: la variabilidad dimensional y el alabeo clasifican según la norma E.070 de albañilería como tipo IV y V, la resistencia a la compresión en promedio fue de $f'c$ (Resistencia a compresión en las unidades de albañilería) = 39.41 kg/cm², en cuanto a la resistencia a la tracción en ésta tesis no lo considera factible debido a que son valores elevados comparados con la resistencia a la compresión, el peso específico se encuentra entre un rango de 1.4 gr/cm³ a 1.7 gr/cm³, la absorción máxima se encuentra por encima del máximo recomendado por la norma que es de 22%, el valor más bajo de la resistencia a compresión en pilas fue de $f'm$ (Resistencia a compresión en pilas) = 16.74 kg/cm² y la más alta fue de $f'm$ = 35.56 kg/cm², la resistencia a corte en muretes más bajo fue de $v'm$ (Resistencia a corte en muretes) = 3.71 kg/cm² y la más alta fue de $v'm$ = 6 kg/cm², La fluidez del mortero toma un valor promedio de 185.81%, valor alto con respecto al recomendado de 120%, La resistencia a compresión de los cubos del mortero tuvo un valor de $f'c$ (Resistencia a compresión en mortero) = 86.1 kg/cm².

Referente a la historia de cómo llegó la albañilería confinada a la región central (Huánuco y Huancayo), según el Lic. Adm. Villanes Rubén



(1990), la fabricación de unidades de albañilería, en esta parte del país, tendría lugar hacia el año 1945, cuando la constructora Tirado, de la ciudad de Lima, tuvo a su cargo la Construcción de Sanatorio Olavegoya de Jauja. Para ello instaló la primera fábrica de ladrillos dirigida por el maestro Ochoa, quien se casó con una Jaujina, y para conseguir el sustento económico de su familia continuó fabricando ladrillos. La construcción del convenio de Santa Rosa de Ocopa, el Hotel de Turistas de Huancayo, entre otras edificaciones importantes de entonces, deben haber empleado ladrillo de esta fábrica.

2.2. BASES TEÓRICAS:

2.2.1. Aspectos generales

Las bases teóricas referidas al estudio de las unidades de albañilería se dan en su mayoría en la Norma E.070 – Albañilería en su última versión del año 2006, la cual sigue vigente y no presenta modificaciones hasta la actualidad. Esta norma establece los requisitos mínimos para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas por muros confinados y por muros armados.

Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios establecidos por la mecánica



y la resistencia de materiales. Las dimensiones y los requisitos que se estipulan en la norma tienen el carácter de mínimos y no se exigen en ningún caso del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción (Norma E.070, 2006).

2.2.2. Unidad de Albañilería

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería, se elabora de materias primas diversas como la arcilla, concreto y la mezcla de sílice y cal. Se forma mediante el moldeo y compactación; produciéndose a través de fábricas industriales, bajo un control de calidad o en precarias canchas artesanales, sin ningún control de calidad; por lo que no debe extrañar que las formas, tipos, dimensiones y pesos sean variables y pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares. Las unidades de albañilería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que hacen manejables con una sola mano en el proceso de asentado. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo (Bartolomé, 1994).



2.2.2.1. Método de formado de las diferentes materias primas

El formado de las unidades de arcilla se realiza por casi todos los métodos del moldeo: con presión, sin presión y por extrusión (Gallegos y Casabonne, 2005).

En la Tabla N°1 se indican los diferentes tipos de formado y su aplicabilidad a las diferentes materias primas con que se elaboran las unidades de Albañilería.

Tabla N°1: Aplicabilidad de los métodos de formado a las diferentes materias primas para unidades de albañilería.

	Corte	Moldeo				Extrusión
		Sin presión	Con presión	Vibración	Vibro-compresión	
Arcilla		•	•			•
Concreto		•		•	•	
Sílice-cal Piedra	•		•			
Suelo - cemento		•	•			

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

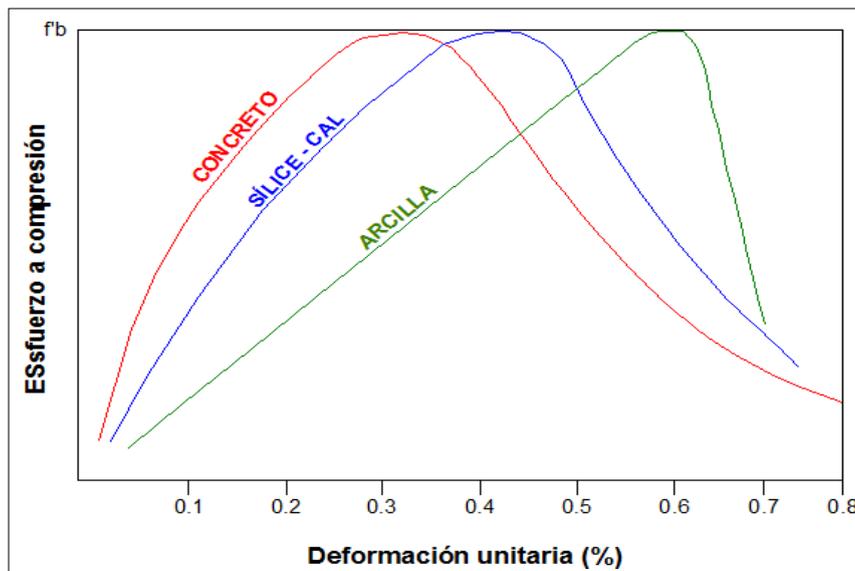
En el caso exclusivo de la arcilla se utiliza también la extrusión. El método de formado define decisivamente la calidad de la unidad de albañilería, la variabilidad de sus propiedades y su textura.

En consecuencia, la gama de productos, su calidad y su variabilidad son prácticamente ilimitadas.



El color de las unidades de arcilla va normalmente de amarillo a rojo. La textura de las unidades de arcilla es lisa cuando ha sido moldeada en contacto con moldes metálicos, y rugosa cuando el moldeo se realiza en moldes de madera arenados; es lisa en las caras formadas por el dado en el proceso de extrusión y rugosa en las caras cortadas por el alambre en el proceso de extrusión. En la Figura N° 5, se muestran curvas normalizadas para unidades de arcilla, concreto y sílice – cal.

Figura N° 5: Curva normalizada para los diferentes tipos de materiales de las unidades de albañilería



Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.



2.2.3. Tipología.

La tipología es la ciencia que estudia los tipos o clases, la diferencia intuitiva y conceptual de las formas de modelo o de las formas básicas (García, 2002). 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 en las características de los alvéolos. La tipología no tiene que ver ni con el tamaño de las unidades ni con la materia prima con que se elaboran. Es decir, para el mismo tipo puede haber ladrillos o bloques. Se denomina ladrillo aquella unidad cuyo peso y dimensión permite que sea manipulada con una sola mano (Norma E.070, 2006).

2.2.3.1. Unidades sólidas o macizas.

Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 30% del área de la sección bruta en el mismo plano como se muestra en la Figura N° 6.

Figura N° 6: Unidades de albañilería.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

2.2.3.2. Unidades huecas.

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. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones como se muestra en la Figura N° 7.

Figura N° 7: Unidades huecas.



Fuente: <https://loimar.com/producto/huecos/ladrillo-hueco-12x18x33,2019>

2.2.3.3. Unidades tubulares o pandereta.

Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento como se muestra en la Figura N° 8.

Figura N° 8: Unidades tubulares o pandereta.



Fuente: <http://www.ladrillospiramide.com/producto/ladrillo-pandereta-rayas/>, 2019.



2.2.4. Limitaciones de aplicación estructural para los tipos de unidades de albañilería.

Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005, mencionan que al margen del valor de la resistencia a la compresión, de las unidades de los diversos tipos, la diferencia del comportamiento radica en la fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, sin fallas explosivas, mientras que todas las otras presentan fallas explosivas o frágiles, ya sea como unidades individuales o como componentes de un muro.

La consecuencia de este hecho es que las unidades huecas y perforadas son admitidas con condiciones, y las tubulares no son admitidas para construcciones de muros portantes, particularmente en zonas sísmicas. Cuando las unidades huecas se llenan con concreto líquido su comportamiento en la falla se modifica, ductilizándose, entonces pueden ser admitidas para la construcción de muros portantes. En la Tabla N° 2, se señala las limitaciones de aplicación estructural de los diferentes tipos de unidades de albañilería.



Tabla N° 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

Tipo	Zona sísmica 2,3 y 4		Zona sísmica 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo el edificio
Sólida Artesanal*	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí celdas totalmente llenas con grout	Sí celdas Parcialmente llenas con grout	Sí celdas Parcialmente llenas con grout
Hueca	No	No	Sí celdas Parcialmente llenas con grout
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: Norma E.070, 2006

2.2.5. Clasificación para fines estructurales

Según la Norma Peruana Técnica E.070 – Albañilería, las unidades de albañilería para efectos estructurales tendrán las características indicadas en la Tabla N° 3.



Tabla N° 3: Clasificación de la unidad de Albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'b$ Mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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: Norma E.070, 2006.

La mayor variación de dimensiones y el mayor alabeo de las unidades, conducen a un mayor grosor de las juntas de mortero (por encima del valor nominal de 10 mm), lo que trae por consecuencia, una reducción de resistencia a compresión y a fuerza cortante en la albañilería. Por ello, para fines de clasificar a la unidad con fines estructurales, debe emplearse los resultados más desfavorables de los ensayos indicados en la Tabla N° 3. Por ejemplo, si por los ensayos de variación dimensional y alabeo de un ladrillo clasifica como clase IV, mientras que por el ensayo de compresión clasifica como clase V, entonces ese ladrillo será clase IV.



La prueba de compresión proporciona una medida cualitativa de las unidades. Una unidad de poca altura tendrá más resistencia que otra de mayor altura, pese a que ambas hayan sido fabricadas en simultáneo. Por ello, INDECOPI, entidad encargada de velar por la calidad de los productos, clasifica a las unidades desde el punto de vista cualitativo (en base a la resistencia a compresión), sin contemplar el producto final que es la albañilería.

En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente (Norma E.070, 1982) se trabajaba con el área neta de la unidad, ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos con grandes perforaciones, lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente, la resistencia se calcula con el área bruta, con lo cual esas unidades clasifican en un rango inferior. Cabe remarcar que las unidades huecas son muy frágiles.

2.2.6. La desviación estándar

La desviación estándar es una indicación de cuan cerca están agrupados los datos alrededor del promedio, los resultados de los ensayos individuales. Si la desviación estándar es grande los resultados están muy esparcidos; y si la desviación estándar (δ) es muy pequeña indica más uniformidad.



El coeficiente de variación (V) relaciona la desviación estándar con el valor promedio (X), que se expresa en porcentaje.

$$V = \frac{\delta}{X} * 100 \dots \dots \dots Ecuación 1$$

Donde:

δ = Desviación estándar.

X = Promedio de la muestra.

La importancia de este modo de presentar la variabilidad de un material de ingeniería aparece al comparar pruebas distintas de un mismo material o pruebas en diferentes materiales. En la Tabla N° 4, se indican los coeficientes de variación típicos en materiales de ingeniería.



Tabla N° 4: Coeficientes de variación representativos de materiales de ingeniería.

Material	Comentario	Coefficiente de variación (%)
Acero estructural Concreto	Se refiere al material industrial medido en ensayos de testigos	1
	a. Obra muy controlada b. Obra sin control	8
Unidades de Albañilería	Resistencia	
	a. Artesanales	25
	b. Industriales	8
	Largo	
	a. Artesanales	5
	b. Industriales	1
Alto		
a. Artesanales	8	
b. Industriales	3	
Mortero	Adhesión	25
Concreto Líquido	Resistencia a la compresión	8
Albañilería	Medida de ensayos de compresión de prismas	1
	a. Obra muy controlada	8
	b. Obra sin control	25

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

Según Gallegos y Casabonne también considera en la Tabla N° 5 el coeficiente de variación de la resistencia de unidades para diferentes materiales y métodos de formado en diferentes fabricas peruanas.



**Tabla Nº 5: Coeficientes de variación de la resistencia en
compresión de unidades de Albañilería para diferentes fábricas
peruanas.**

Tipo de unidad	Clasificación de la fábrica	Coeficientes de variación de la resistencia (%)				
		Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Global
Ladrillo de arcilla moldeado	A	5	9	6	7	7
	B	26	23	24	19	24
	C	58	19	24	11	29
Ladrillo sílico - calcáreo	A	4	4	6	4	5
Ladrillo de arcilla extruido	A	8	11	10	10	10
	B	24	26	19	22	23
Bloque de concreto	A	8	10	10	7	9
	B	20	21	20	15	26
Ladrillo de concreto	B	24	14	11	15	34

A: Industriales

B: Semindustriales C: Artesanales

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

En la tabla puede notarse que si bien en las plantas industriales el coeficiente de variación es razonable para un material de ingeniería, en las fábricas Semi industriales (27%) y en las artesanales (29%) dicho coeficiente es excesivo.

El problema de los coeficientes de variación altos es que proceden de un mal uso de la materia prima y conducen a reducidos valores característicos de las características de los componentes.

Al margen del valor de resistencia a la compresión, de las unidades de los diversos tipos, la diferencia del comportamiento radica en la



fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, fallas explosivas; mientras que todas las otras presentan, al ser rotas en compresión, fallas explosivas frágiles. La consecuencia de este hecho es que las unidades huecas y perforadas son admitidas con condiciones, y las tubulares no son admitidas para la construcción de muros portantes, particularmente en zona sísmicas. Cuando las unidades huecas se llenan con concreto líquido su comportamiento en la falla se modifica, ductilizándose, entonces pasan a ser admitidas para la construcción de muros portantes.

2.2.7. Propiedades de las unidades de albañilería.

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la Albañilería. Según Gallegos y Casabonne (2005) las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión.
- ✓ Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor, con relación a la unidad promedio, y principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad.



- ✓ Alabeos, medidos como concavidades o convexidades en la superficie de asiento.
- ✓ Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.
- ✓ Textura de la cara de asiento.

Asimismo, las propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Absorción
- ✓ Absorción máxima
- ✓ Coeficiente de saturación

De manera general se detallan en la Tabla N° 6 las propiedades de las unidades en función de su materia prima y la calidad de fabricación.

Tabla N° 6: Propiedades generales de las unidades de Albañilería

Propiedad	Arcilla	
	Calcáreas	No Calcáreas
Resistencia (Mpa)	2 - 6	6 - 100
Estabilidad Volumétrica (%)	Expansión 0,00 - 0,015	Expansión 0,00 - 0,015
Densidad (kg/m ³)	1,400 - 1,700	1,600 - 1,900
Variabilidad dimensional (\pm %)	Grande 5 - 8	Media reducida 3 - 5
Succión (gr)	Muy elevada + 60	Elevada a correcta 5 - 40
Características para asentado	Mala	Buena
Absorción máxima (%)	Alta 15 - 30	Buena a muy reducida 1 - 20



Riesgo de eflorescencia	Grande	Grande
Durabilidad	Mala	Buena a excelente
Resistencia al fuego	Moderada	Muy buena
Expansión térmica (x10-6/°C)	5 - 8	4 - 6

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

Se puede notar que ante cargas de compresión, las unidades de diferentes materias primas presentan comportamientos diferentes. Las unidades de arcilla muestran un comportamiento más frágil que el de concreto y sílice – cal (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.2.8. Definición y desarrollo de Ensayos

2.2.8.1. Variación dimensional (NTP 399.613 – 2005)

La variación dimensional es la variación que existe entre las caras opuestas del ladrillo ya sea ancho, largo y altura (Parro, 2015). Las dimensiones en términos generales son características geométricas que ningún ladrillo mantiene perfectamente. Existen pues, diferencias de largo, ancho y alto. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores a las convenientes.

Según Gallegos H. & Casabonne C. (2005), 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.

El ensayo de variación dimensional determina el espesor de las juntas. Se debe mencionar 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 y al corte de la albañilería disminuye en 15% aproximadamente (San Bartolomé, 1998).

Tabla N° 7: Variación dimensional según la norma E.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'b$ Mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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

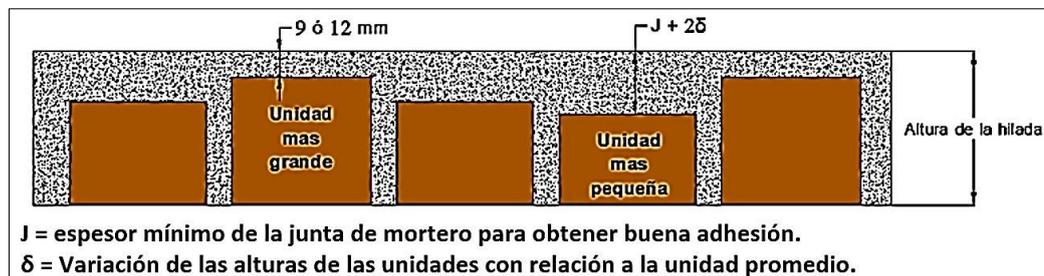
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: Norma E.070, 2006.

– Según Ángel San Bartolomé (1995), La prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de albañilería, y que por cada incremento de 3 mm en el

espesor de las juntas horizontales la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia a corte.

Figura Nº 9. Variación del espesor de la junta



Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

Según la Norma E.070 Albañilería el espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será de 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm y se escoge el que sea mayor.

Procedimiento:

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

- ✓ Se removió el polvo y algunas partículas con la ayuda de una brocha para eliminar un poco las manchas blanquecinas que presentaban las unidades.
- ✓ Se procedió a secar las unidades con la ayuda de un horno por no menos de 24 horas a una temperatura de 110°C.



- ✓ Se midió las dimensiones de la unidad tanto para largo, ancho y su altura. Luego se promediaron los resultados. (ver CAP IV RESULTADOS – variación dimensional)
- ✓ Luego se calculó la desviación estándar (δ) para indicar cuan cerca están agrupados los datos alrededor del promedio. (ver capítulo IV resultados)
- ✓ Se calculó la variabilidad dimensional en porcentaje dividiendo la desviación estándar sobre el promedio para cada dimensión.

$$V = \frac{\delta}{Promedio} * 100 \dots \dots \dots Ecuación 2$$

Donde:

δ = Desviación estándar.

V(%) = Variabilidad dimensional en porcentaje

2.2.8.2. Alabeo (NTP 399.613 – 2005)

El alabeo es la deformación entre las caras opuestas del ladrillo, representadas por espacios vacíos (Cóncono) o elevaciones sobresalientes (Convexo) (Parrro, 2015). El efecto del alabeo es semejante al de la variación dimensional, es decir produce el aumento o disminución en el espesor de las juntas de mortero, que influye en la resistencia a compresión y a fuerza cortante de la 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.

TABLA Nº 8: Alabeo según la norma E.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'b$ Mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Hasta 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: NORMA E.070, 2006.

Procedimiento:

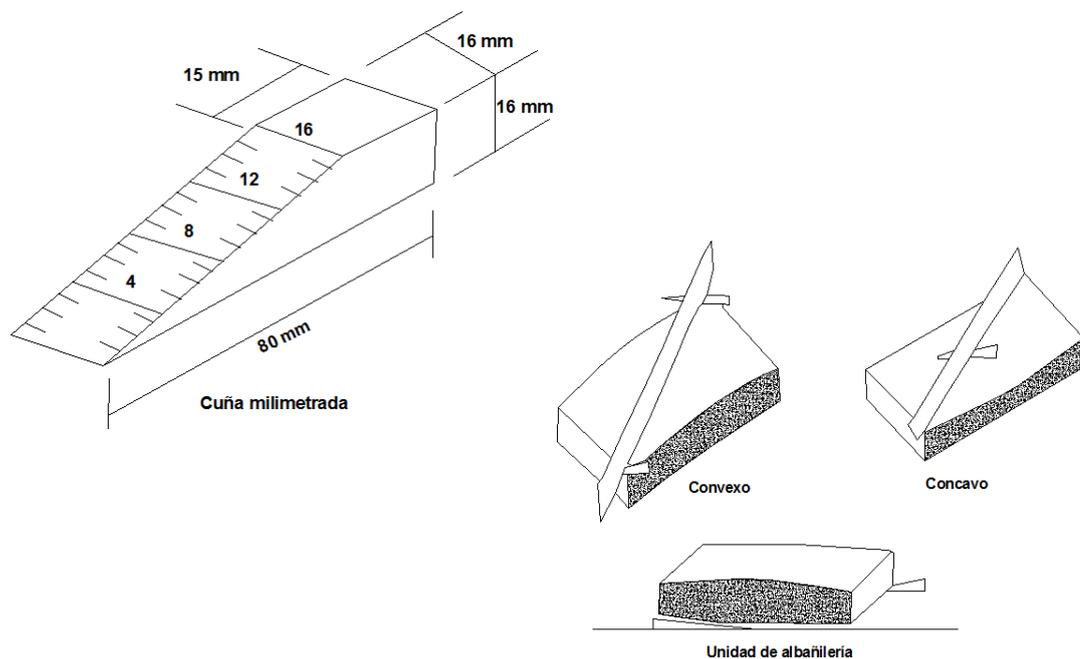
Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

La prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada, también debe

colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos a la unidad para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. Los datos Obtenidos del alabeo de las unidades están en el Cap IV Resultados – Alabeo.

- ✓ La concavidad y la convexidad se medirán con una regla y una cuña de acero o madera graduada como lo estipula la norma NTP 399.613 (2005), como se observa en la Figura N° 23. Para este ensayo se analizó una muestra representativa de 10 unidades de cada ladrillera.

Figura N° 10: Medida de la concavidad y convexidad del ladrillo.



Fuente: NTP 399.613, 2005



2.2.8.3. Resistencia a compresión (NTP 399.613 – 2005)

La resistencia a compresión es la relación directa que existe entre la carga que aplicada a una determinada área de sección (Parro, 2015). La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de la albañilería (Gallegos, 1978). 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. Según la norma ITINTEC 331.017, 1978 la resistencia a la compresión de la albañilería ($f'm$) es la propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ($f'b$), la



perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

De todos los componentes anteriormente citados, los pertinentes a una norma de ladrillo son la resistencia a la compresión y la geometría del ladrillo.

TABLA Nº 9: Resistencia a Compresión en Unidades según la norma e.070.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA A LA 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: Norma E.070, 2006.

Procedimiento:

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 5 medias unidades secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:



- Las unidades fueron puestas en el horno a una temperatura de 110° C por no menos de 24 horas para que estén completamente secas.
- Luego se marcó una medida casi exacta en su longitud para que puedan ser cortadas a la mitad mediante una moledora, con la finalidad de obtener especímenes aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras.
- Luego se refrenó las caras opuestas con una capa delgada de yeso de no menos de 3 mm; esto es debido a que las unidades de albañilería presentan deformaciones en las caras que son detectables en el proceso de recibir la carga en la máquina de compresión, es por eso que se coloca una capa de capping (yeso) y así las cargas puedan ser distribuidas uniformemente en toda el área de contacto de la unidad. Después de realizar este proceso se debe dejar secar el yeso por un tiempo no menor de 24 horas antes de ser ensayadas.
- Para el ensayo en la máquina de compresión, se aplica una carga vertical con una velocidad controlada por el técnico de tal manera que no llegue a la rotura en unos 3 a 5 minutos. Luego se debe anotar cada 500 kg de carga su respectiva deformación el deformímetro.
- Por último se calcula la resistencia a compresión de la unidad



dividiendo la carga última entre el área de contacto como se muestra en la Ecuación N° 3.

$$f'b = \frac{Pu}{\text{Área}} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

f'b = Resistencia a la compresión de la unidad en (Kg/cm²).

Pu = Carga última aplicada en el espécimen.

Área = Área de las caras de apoyo de la unidad

Los datos obtenidos de la resistencia a la Compresión de las unidades están en el Cap IV Resultados – Resistencia a la Compresión.

2.2.8.4. Resistencia a tracción por flexión (ftb) (NTP 399.613 – 2005)

La resistencia a tracción por flexión es la relación que existe entre una carga aplicada a una determinada distancia de un área de sección (Parro, 215). Al igual que la resistencia a compresión, la resistencia a tracción sólo constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando se esté en la incertidumbre de utilizar una unidad tipo IV o tipo V, o cuando se tenga un alto alabeo, que puede conducir a la unidad a una falla de tracción por flexión.



Según la norma IITINTEC 331.017 nos muestra la Tabla N° 10 a manera de referencia se indica a continuación el valor mínimo aproximado obtenible para cada tipo de ladrillo:

Tabla N° 10: Valores mínimos de módulo de ruptura según el tipo de ladrillo.

Tipo	Módulo de Ruptura (daN/cm ²)
I	6
II	7
III	8
IV	9
V	10

Fuente: Norma ITINTEC 331.017, 1978.

Donde:

daN = Decanewton, que equivale a 1.019716212978 kilogram-force.

Procedimiento:

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

- Para este ensayo se requiere apoyar a la unidad sobre dos barras de acero sólidos de 12.7 mm de diámetro (3/8”). Estas barras estarán separadas 18 cm en la cara inferior del ladrillo.
- El ensayo consiste en aplicar una carga vertical concentrada; es decir en el centro de la unidad con la misma máquina para en ensayo a compresión.



- La resistencia a tracción por flexión se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{tb} = \frac{3PL}{2 * b * h^2} \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P = Es la carga máxima aplicada al espécimen.

L = longitud entre apoyos

b = Ancho de la unidad

h = Altura de la unidad

Los datos obtenidos de la resistencia a la flexión de las unidades están en el Cap IV Resultados – Resistencia a la flexión.

2.2.8.5. Densidad (NTP 399.613 – 2005)

La densidad es la relación que existe entre la masa de un objeto con su volumen (Parro, 2015). Varios investigadores han tratado de establecer la relación entre la densidad de la unidad de albañilería y su resistencia a la compresión. Cuando se ha tratado de buscar una ley general, incluyendo en ella materiales diferentes de distintas extracciones, la evidente gran dispersión existente lo ha impedido. Sin embargo para los mismos materiales básicos, o por ejemplo, para arcillas de una misma zona utilizadas en diferentes fábricas- es claro que existe una relación



directa, con escasa dispersión, entre densidad y resistencia a la compresión. A mayor densidad más resistencia.

La Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería sí considera a la densidad como un requisito obligatorio de determinar el tipo de ladrillo lo que no se indica en la norma E.070 de albañilería.

Tabla N° 11: Valores de densidad según la norma ITINTEC 331.017.

Tipo	Variación dimensional (1) (máx. en %)			Alabeo (2) (máx. en mm)	Resistencia a la compresión (mínima daN/cm ²)	Densidad (mínimo en gr/cm ³)
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativa mente	± 8	± 6	± 4	10	Sin límite	1.50
					60	Sin límite
II Alternativa mente	± 7	± 6	± 4	8	Sin límite	1.60
					70	1.55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1.60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1.65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1.70

(1) La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

(2) El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

Fuente: Norma ITINTEC 331.017, 1978.

Procedimiento:

Este ensayo se efectúa para una muestra representativa de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tiene el siguiente procedimiento de cálculo:

- Para determinar el peso específico se aplica la Ecuación N° 5:



$$\gamma = \frac{P_{seco}}{V} \dots \dots \dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$$V = P_1 - P_2$$

P1 = Peso del espécimen saturado (3hrs en ebullición), en gramos

P2 = Peso del espécimen saturado sumergido por 24 horas, en gramos.

P seco = Peso del espécimen seco, en gramos.

V = Volumen en centímetros cúbicos.

γ = Peso específico en gramos por centímetro.

- Para determinar la humedad natural se aplica la Ecuación N° 6:

$$H(\%) = \frac{P_0 - P_1}{P_1} \dots \dots \dots \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$$V = P_1 - P_2$$

P0 = Peso en estado natural, en gramos

P1 = Peso del espécimen seco, en gramos, después de haber sido secado en el horno.

2.2.8.6. Succión (NTP 399.613 – 2005)

Según Héctor Gallegos, 1978 la succión es la medida de la avidez del agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la



interfase de contacto y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería.

Según la norma ITINTEC 331.017 la succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por el ladrillo en un área fijada de 200 cm².

La succión es una propiedad importante en las unidades de arcilla calcinada ya que cuando la succión es muy alta, producirá uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas. El mortero, debido a la rápida pérdida del agua – que es absorbida por la unidad -, se deforma y endurece, no logrando un contacto completo con la cara del ladrillo superior. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y muros permeables al agua.

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso.

Procedimiento:

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 10 unidades enteras y secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

- Las unidades fueron puestas en el horno a una temperatura de 110° C por no menos de 24 horas para que estén completamente secas.



- Se toma datos del peso de las unidades secas. Luego se elige un recipiente totalmente plano donde se colocará dos soportes para el ladrillo, que pueden ser dos varillas de acero de 6 mm de diámetro aproximadamente.
- Se adiciona agua al recipiente con una precisión de 3mm sobre los apoyos, luego se coloca encima de los apoyos a la unidad en estudio por un periodo de 1 minuto, después de eso tiempo se retira a la unidad, se seca la cara en contacto con el agua e inmediatamente se registra el datos de su peso en la balanza.
- Esta succión se evalúa sobre un área de contacto de 200 cm² y es expresada por la Ecuación N° 7:

$$\text{Succión} \left(\frac{\text{gr}}{200\text{cm}^2} / \text{min} \right) = \frac{200(P_m - P_s)}{A} \dots \dots \dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

A = Área de contacto

P_s = Peso seco de la muestra, en gramos

P_m = Peso de la muestra húmeda, en gramos, después de la succión.

Los datos tomados de peso seco y peso de la muestra húmeda se encuentran en el Cap IV Resultados – Succión.



2.2.8.7. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación

(NTP 399.613 – 2005)

La **absorción** es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, frecuentemente se toma como medida de la porosidad (ITINTEC, 1978), lo que a su vez se considera indicativa de:

- ✓ La posible filtración a través del ladrillo y
- ✓ La tendencia a la desintegración cuando los ladrillo húmedos son sometidos a congelación y descongelación alternas.
- ✓ De modo general, un ladrillo poroso no será tan resistente como un ladrillo más denso a la acción de las cargas, o tan tenaz a la acción del tiempo o a cualquier otro fenómeno de intemperismo. Las variaciones de absorción son causas por diferencias en el material utilizado, método del moldeo del ladrillo.
- ✓ La medida de la **absorción máxima** es la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada, es considerada como una medida de su impermeabilidad.
- ✓ Los valores indicados en la norma como máximos, se aplica a condiciones de uso en que se requiere utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno sin recubrimiento protector. Según la norma ITINTEC 331.017 la absorción máxima del ladrillo es considerada como una



medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector. Tal es el caso de cisternas, jardineras y albañilería de ladrillo visto en zonas muy lluviosas.

- ✓ También podemos decir que es una medida normalizada de la cantidad de agua absorbida por un ladrillo sumergido en agua mantenida en ebullición durante 5 horas. Se aconseja que la absorción máxima no sobrepase el 22% (Bartolomé, 1998).

El **coeficiente de saturación** es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie. El coeficiente de saturación es la relación que existe en las pruebas estandarizadas de absorción y absorción máxima (Bartolomé, 1998).

A mayor coeficiente de saturación, mayor será el agua absorbida por el ladrillo e inferior a su resistencia a la intemperie. Así, un ladrillo con coeficiente de saturación menor de 0.8, es poco absorbente y puede ser usado en cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente (muy poroso), y por lo tanto poco durables.



Procedimiento:

Este ensayo se efectuó para una muestra representativa de 10 medias unidades secas por cada ladrillera en estudio. Para lo cual se tuvo el siguiente procedimiento de cálculo:

- Las unidades se sumergieron en un recipiente contenido de agua para saturarlas en su totalidad esto en un rango a próximamente de 24 horas
- Luego se prosiguió a retirarlas del agua completamente saturada, para proceder a ventilarlas, de este modo obteniendo un peso superficialmente seco de las unidades y tomando el mismo con una balanza debidamente calibrada.
- Posteriormente las unidades ingresaron al horno a una temperatura de 110° C por no menos de 24 horas para que resulten completamente secas y verificando nuevamente el peso de este resultado con la balanza calibrada.

Obteniendo de esta manera la absorción de la unidad. La absorción se muestra en porcentaje como se indica en la Ecuación N° 8:

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{Psat - Ps}{Ps} * 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación 8}$$

Donde:

Psat. = Peso saturado 24 horas en agua fría en kg.

Ps = Peso seco en kg.



- Para la absorción máxima se utilizaron los mismos ladrillos sumergidos en agua fría. Estas unidades se sumergen en agua que tenga una temperatura entre 15 a 30°C y luego calentar el agua hasta llegar al punto de ebullición para después dejarlos hervir por un periodo de 5 horas.
- Luego de ese tiempo se deja enfriar el agua antes de sacar los ladrillos, para luego ser pesados en la balanza nuevamente registrándose su peso sumergido por 5 horas en ebullición como se muestra en la siguiente ecuación N°9:

$$\text{Absorción Máxima}(\%) = \frac{P_{\text{ebull}} - P_s}{P_s} * 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación 9}$$

Donde:

P_{ebull} = Peso saturado 5 horas en agua caliente en kg.

P_s = Peso seco en kg.

- Para hallar el coeficiente de saturación se relaciona los pesos anteriormente hallados con la siguiente ecuación N°10:

$$\text{Coeficiente de Saturación} = \frac{P_{\text{sat}} - P_s}{P_{\text{ebull}} - P_s} \dots \dots \dots \text{Ecuación 10}$$

Los datos tomados de peso natural, peso seco, peso sumergido 24 horas y 5 horas en ebullición se encuentran en el Cap IV Resultados – Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación.



Según el Ing. Flavio Abanto Castillo (2007), para prevenir el fenómeno de la eflorescencia destructiva debemos realizar lo siguiente:

No utilizar las unidades de albañilería que, en muestras escogidas al azar y sumergidas en agua hasta la cuarta parte de su altura en un recipiente con agua, muestres polvo blanco en su superficie que originalmente seca en el plazo de una semana.

- ✓ No utilizar agua o arenas de mar para elaborar el mortero.
- ✓ Incluir cal hidratada como ingrediente de los morteros de asentado y enlucido.
- ✓ Proteger las unidades y los muros de contacto con el agua en todas las etapas de la construcción.
- ✓ Evitar el contacto permanente con el suelo o con la humedad.

2.2.9. Propiedades de la albañilería simple

2.2.9.1. Resistencia a la compresión (Ensayos en pilas)

Una pila es la probeta formada por la superposición de al menos tres piezas (tabique o bloque) y con el número suficiente de hiladas para que la relación altura-espesor se encuentre entre 2 y 5 (Parro, 2015). El espécimen para determinar la resistencia a compresión de la albañilería está prácticamente estandarizado en el ámbito mundial, y consiste en una unidad asentada sobre otra. Lo prismas se construyen si son para investigación, de acuerdo con los objetivos del programa de ensayos, y



si son para control de obra se emplean la unidad, el mortero, el espesor de junta técnica, la mano de obra, etc. Que se van a utilizar en obra.

Según Ángel San Bartolomé (1994) las pilas fallan principalmente por tracción ortogonal a la compresión aplicada (grieta vertical); este se debe a que el mortero trata de expandirse lateralmente en mayor proporción que la unidad y puesto que debe existir compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero trabajara a compresión y la unidad a tracción lateral. Otro tipo de fallas es por aplastamiento (de la unidad o del mortero), producida cuando se emplean materiales de baja resistencia. Los muros y muretes fallan por fuerza cortante en forma escalonada a través de las juntas, o cortando las unidades (tracción diagonal); lo último se produce cuando se desarrolla una buena adherencia entre el mortero y la unidad.

Según la norma E.070 indica que de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla N° 12, correspondiente a pilas y muretes construidos con mortero 1:4, cuando la unidad es de arcilla.



Tabla Nº 12: Resistencia a compresión en pilas según la norma E.070 de Albañilería.

Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm ²)				
Materia prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f'_b	f'_m	v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Sílice - Cal	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armado.

Fuente: Norma E.070, 2006

El valor f'_m han sido obtenido de acuerdo a los **coeficientes de corrección** por esbeltez del prisma que aparecen en las Tablas Nº 13 y 14.

Tabla Nº 13: Factores de corrección de f'_m por esbeltez según la norma E.070.

Esbeltez	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma E.070, 2006

Tabla Nº 14: Factores de corrección de f'_m por esbeltez según NTP 339.605

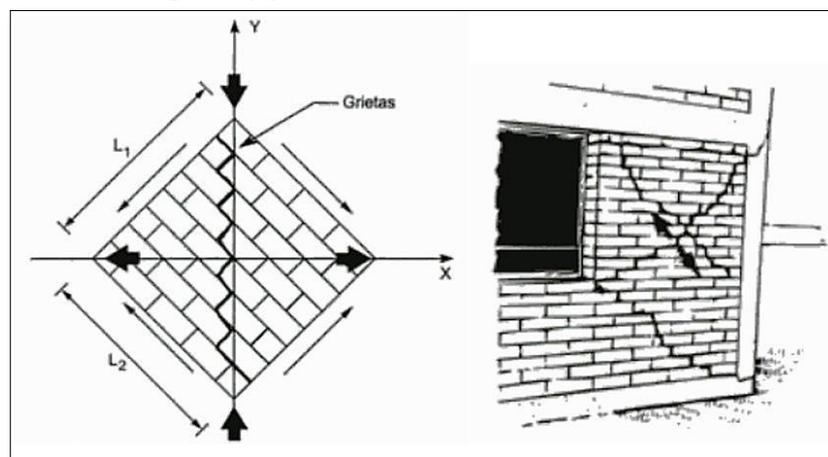
Esbeltez	1.30	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Factor	0.75	0.86	1.00	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: NTP 339.605, 2013

2.2.9.2. Resistencia al corte (Ensayos en muretes)

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal es, probablemente, el de corte o compresión diagonal. Seguramente por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, muchos investigadores, lo han considerado como un ensayo representativo ideal, cuando en realidad las condiciones de borde son, por lo general, totalmente diferentes entre ensayo y realidad. Estrictamente hablando, el valor de este ensayo es ser un método simple y práctico de evaluar las resistencias al corte y a la tracción diagonal en diferentes albañilerías (Gallegos y Casabonne, 2005).

Figura N° 11: Similitud entre la falla en el ensayo de corte (compresión diagonal) y un sismo.



Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005



2.2.10. Mortero

El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas así como también sellar las juntas contra la penetración de aire y de la humedad con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y para formar, en última instancia, un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción. (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.2.10.1. Componentes del mortero

El mortero está compuesto por cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena gruesa y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado inerte (Abanto, 2007).

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, en tanto que la cal le proporciona trabajabilidad y retentividad (evita que el agua se evapore rápidamente). La función de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, permitiendo el asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo; adicionalmente la arena atenúa la contracción por secado, por lo que se recomienda: no usar arena fina y lavar la arena gruesa si ella tuviese mucho polvo. La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar al cemento. En



tanto la utilización de cal hidratada en el mortero, tienen las siguientes ventajas:

- ✓ Permite unir en forma óptima las unidades de albañilería y el mortero.
- ✓ Le confiere monolitismo e impermeabilidad al muro.
- ✓ Le confiere durabilidad.

2.2.10.2. Proporciones para el mortero

La cantidad adecuada de agua de amasado de las mezclas para asentado de ladrillos es aquella que asegura la efectiva adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería, y a la vez, confiera al mortero la necesaria trabajabilidad (Abanto, 2007).

Para lograr una adhesión óptima es necesario que:

- ✓ La arena este limpia, libre de materia orgánica y que cumpla la siguiente granulometría.

Tabla N° 15: Granulometría del agregado

Malla	% que pasa
N°4	100
N°8	95-100
N°100	25 mínimo
N°200	10 mínimo

Fuente: Norma E.070, 2006.

- ✓ La unidad de albañilería debe ser humedecida antes de ser asentada; para evitar una succión excesiva.
- ✓ El agua debe ser bebible, limpia, libre de sustancias



deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Las proporciones en volumen a utilizar, según la Norma Técnica de edificación

E.70 de albañilería son:

- ✓ Cuando se emplea solo cemento Portland Tipo I.

Tabla N°16: Proporción cemento y arena

Tipo	Cemento	Arena
P1	1	4
P2	1	5
NP	1	6

Fuente: Abanto, 2013.

Cuando se emplea cemento portland Tipo I + Cal hidratada normalizada.

Tabla N°17: Proporción cemento, cal y arena

Tipo	Cemento	Cal	Arena
P1 - C	1	1	4
P2 - C	1	1	5
NP - C	1	1	6

Fuente: Abanto, 2013.

a. Cal hidratada en el mortero

La cal en el mortero es un componente indispensable para lograr pegar las unidades, cualquiera sea su materia prima (arcilla, silico – calcáreas o concreto). Aumenta la plasticidad y retentividad de los morteros, permitiendo que la mezcla sea trabajable y esparcida sobre toda la superficie de



las unidades de albañilería y así desarrollen fuerza de adhesión.

(Abanto, 2013)

Permite que la adhesión sea uniforme con las unidades inferiores y superiores de las juntas de mortero y así logran impermeabilizarlo. Esta imprescindible acción no puede ser satisfecha por el cemento. Los morteros elaborados sin cal, son ásperos y poco retentivos y no permiten su esparcimiento sobre toda la superficie de contacto. Los morteros sin cal obtienen adhesión con los ladrillos inferiores sobre los cuales se esparcen y rápidamente ceden su contenido de agua impidiendo su adhesión con las unidades que se colocan encima (Abanto, 2013).

La cal de los morteros, se combina con el tiempo al reaccionar químicamente con el anhídrido carbónico del ambiente, conformando cristales de carbonato de calcio. Este proceso de endurecimiento por carbonatación, que se desarrolla del exterior al interior, provee durabilidad a la adhesión, al sellar la junta de los morteros y lograr así realmente “soldar” los ladrillos. La cal hidratada debe tener garantía de calidad, para asegurar que cumpla su objetivo (Abanto, 2013).



2.2.10.3. Adherencia unidad – mortero

Una buena adherencia entre la unidad y el mortero se logra cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas. Para favorecer este proceso es necesario que el mortero se extienda sobre toda la superficie (vertical y horizontal) de la unidad por asentar; además, según Ángel San Bartolomé una forma práctica de comprobar la extensión del mortero es separar las dos unidades después de un minuto de haber sido pegadas, con la finalidad de observar si el mortero ha cubierto toda la superficie de la unidad (Bartolomé, 1994).

2.2.10.4. Propiedades y ensayos del mortero

a) Consistencia o fluidez

Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir) o de ser trabajable con el badilejo. Para determinar la fluidez en obra, se puede utilizar la prueba de revenimiento (slump o asentamiento) en el cono de Abrams, recomendándose que ésta sea de 6 pulgadas (Gallegos y Casabonne, 2005).



b) Ensayo de consistencia

El ensayo de consistencia o fluidez, se realiza en el aparato de flujo, que es una mesa plana construida de tal manera que pueda dejarse caer desde una altura de 12mm por medio de una leva rotatoria.

Este ensayo ha sido criticado por muchos investigadores porque ofrece resultados dispersos, sin embargo; en la actualidad se sigue utilizando cuando se trata de ensayos a los morteros. Se define como la consistencia

o fluidez al porcentaje de incremento en el diámetro de un tronco de cono de 10 cm de diámetro en su base y 5 cm de altura después de que la mesa de flujo se ha dejado caer veinticinco veces en quince segundos. Esto es, si el diámetro de la masa de mortero es 20 cm después del ensayo, la consistencia o fluidez del mortero es 100% (Gallegos y Casabonne, 2005).

c) Retentividad

La retentividad se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.



Para determinar la retentividad se realiza una prueba en la mesa de sacudidas, y como muestra se puede utilizar la misma que se empleó en la fluidez; solo que en este caso se extrae el agua en una cámara de vacíos durante un minuto. Se recomienda que la relación entre el diámetro final y el diámetro obtenido en la prueba de fluidez sea mayor que 0.8 (Gallegos y Casabonne, 2005).

d) Ensayo de retentividad

Para el ensayo de retentividad se utiliza el mismo aparato de flujo que se utilizó en el ensayo de consistencia. Se mide la consistencia en dos oportunidades. Una inicial que corresponde al ensayo de consistencia, luego se coloca el mismo mortero en un aparato de vacío, calibrado a un vacío de 51mm de mercurio por un minuto, lo que tiene el efecto de retirarle una parte del agua. Inmediatamente después se repite la medición de consistencia. La relación entre la consistencia final y la inicial se llama retentividad (Gallegos y Casabonne, 2005).



e) Resistencia a la compresión

Esta propiedad es muy importante cuando el mortero se usa en albañilería ya que se exige tenga una resistencia a la compresión mayor o igual al de la unidad, a fin de evitar su falla por aplastamiento y tratar de dar homogeneidad a la albañilería (Gallegos y Casabonne, 2005).

f) Ensayo de Compresión del Mortero

Este ensayo determina la resistencia a la compresión del mortero de asentado de la albañilería. Se preparan testigos cúbicos de 5cm de lado, o cilindros prismáticos de 5cm de diámetro y altura de 5cm. Después de 28 días de ser preparado el testigo, se ensaya en una máquina de compresión, determinando su resistencia (Gallegos y Casabonne, 2005).

Figura N° 12: Ensayo a compresión del mortero.



Fuente: <http://google.com/>, 2019.



g) Ensayo de adhesión

La adhesión no es una propiedad absoluta del mortero, sino que se mide con relación a una determinada unidad de albañilería. El ensayo puede hacer por tracción directa o por flexión, siendo más usual el ensayo a tracción directa. El resultado del ensayo no mide necesariamente la adhesión, entendida como el producto de su valor unitario y la extensión del área de contacto, sino que es más bien una medida del valor unitario de la adhesión. Es por ello que los resultado de este ensayo deben ser analizados en un contexto integral y no juzgados como primordiales para clasificar a la unidad de albañilería, que para efectos de esta tesis no se estaría evaluando (Gallegos y Casabonne, 2005).



CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Hipótesis:

3.1.1. Hipótesis general:

“Las Propiedades Físicas y Mecánicas de los ladrillos de la provincia de Ambo no cumplen en más de un 10% con los valores mínimos de resistencia a compresión, variación dimensional, alabeo, absorción y succión estipulados por la Norma E.070 de Albañilería”

3.1.2. Hipótesis específicas

- Los ladrillos macizos de arcilla cocida obtendrán diferentes geometrías sea uniformidad de las dimensiones y el alabeo en concavidad y convexidad debido a que estas son fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo.
- Los ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo obtendrán un alto grado de succión y no estarán dentro de las limitaciones mencionada en el Reglamento de Edificaciones E.070.
- Los ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, obtendrán un alto porcentaje de absorción y no estarán dentro de las limitaciones mencionadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.070.



- Los ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo, obtendrán una resistencia a la compresión y flexión y no estarán dentro de las limitaciones mencionadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.070.

32. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es Aplicado y Cuantitativo, es aplicada porque los resultados obtenidos servirán para prevenir y advertir a la población de la provincia de Ambo sobre la calidad de ladrillos que emplean en sus construcciones para de ese modo no lamentar futuros daños personales y materiales.

Es una investigación cuantitativa porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

33. Nivel de Investigación

Es una investigación de tipo correlacional ya que el comportamiento de la variable dependiente de la investigación va a variar de acuerdo a la variable independiente; es decir, de acuerdo a las características y propiedades del ladrillo van a depender la calidad de la construcción en



las edificaciones de la provincia de Ambo. Esta investigación es de conocimiento para todas las personas, empresas, etc. que estén relacionadas en el ámbito de la construcción.

3.4. Diseño de la Investigación

Es una investigación de tipo descriptiva-experimental ya que se va a describir las propiedades y características de los ladrillos elaborados en diferentes ladrilleras de la provincia de Ambo y para poder llevar a cabo se realizarán ensayos en laboratorio a los ladrillos. Con respecto a este tipo de investigación, Sampieri (2006) indica que la investigación experimental requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

En el desarrollo de la presente investigación se realizará los diferentes ensayos de laboratorio permitentes para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos en la provincia de Ambo, de este modo posteriormente se procederá a evaluar y comparar dichos resultados con los requisitos mínimos estipulados en la norma E-070 (2006), así verificaremos y demostraremos nuestra hipótesis planteada previamente en este trabajo de investigación.



3.5. Sistema de Variables

3.5.1. Variables Independientes

Resistencia a compresión, resistencia a tracción, variación dimensional, alabeo, absorción, succión

3.5.2 Variable Dependiente

Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos en la provincia de Ambo.



3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<u>TITULO</u>	<u>VARIABLES INDEPENDIENTES</u>	<u>DEFINICION DE VARIBBLES</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>TECNICAS / INSTRUMENTOS</u>
<p><u>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EN LA PROVINCIA DE AMBO.</u></p>	Alabeo.	El alabeo es la deformación entre las caras opuestas del ladrillo, representadas por espacios vacíos (Cóncavo) o elevaciones sobresalientes (Convexo).	mm	<p>formatos, encuestas, fichas, fotografías, videos,etc.</p>
	Variación dimensional.	La variación dimensional es la variación que existe entre las caras opuestas del ladrillo ya sea ancho, largo y altura.	mm	
	Resistencia a compresión.	La resistencia a compresión es la relación directa que existe entre la carga que aplicada a una determinada área de sección.	kg/cm ²	
	Resistencia a tracción	La resistencia a tracción por flexión es la relación que existe entre una carga aplicada a una determinada distancia de un área de sección.	kg/cm ²	
	Succión	Según la norma ITINTEC 331.017 la succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por el ladrillo en un área fijada de 200 cm ² .	gr/200cm ² -min	
	Absorción.	La absorción es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, frecuentemente se toma como medida de la porosidad.	%	



3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

<u>TITULO</u>	<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADORES</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>TECNICAS / INSTRUMENTOS</u>
<p><u>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EN LA PROVINCIA DE AMBO.</u></p>	<p>Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos en la provincia de Ambo.</p>	<p>PROPIEDADES FÍSICAS</p>	ALABEO	mm	<p>formatos, encuestas, fichas, fotografías, videos, etc.</p>
			VARIACIÓN DIMENSIONAL	mm	
			SUCCIÓN	gr/200cm ² -min	
			ABSORCIÓN	%	
		<p>PROPIEDADES MECÁNICAS</p>	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	kg/cm ²	
			RESISTENCIA A TRACCIÓN	kg/cm ²	

Fuente: Elaboración propia, 2019.



3.7. Determinación del Universo/Población

Para la evaluación de las propiedades físicas (geometría, succión, eflorescencia) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) de las unidades de ladrillos macizos de arcilla cocida fabricados artesanalmente en la provincia de Ambo de la presente tesis de investigación tendrá como **Población** a todas los Fabricantes Artesanales de Ladrillos de Arcilla que se encuentre en la provincia de Ambo.

3.8. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra de todo los fabricantes artesanales de ladrillo macizo de arcilla cocida que se encuentra en la provincia de ambo; ubicado a la longitud de la carretera Huánuco-Lima, son elegidos por las mayores demandas en la distribución de ladrillos de arcilla cocida que tienen en la provincia de ambo y estos son:

- Fábrica de ladrillo CHAPACUETE, ubicado en el Centro Poblado de Huancahuasi, provincia de Ambo, Región Huánuco.
- Ladrillera artesanal-rústico del Sr. Agurio Gallardo, ubicado en la carretera central, calle Juan Velazco Alvarado en el Centro Poblado Ayancocha.
- Ladrillera rústica ANDAHUAYLAS, queda ubicado cerca a la granja ecológica Linderos, en el margen izquierdo de la carretera central.



- Ladrillera TEODORO HERRERA, queda ubicado en la localidad de Tomayquichua.

3.8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Las características de las muestras tomadas en las diferentes fábricas así como también hornos artesanales se realizó la toma de muestras según las características físicas y mecánicas (resistencia a compresión y flexión) de las diferentes unidades obtenidas para su estudio y análisis; para su posterior comprobación y ver si dichas muestras cumplen con lo especificado en la Norma E-070 de Albañilería.

Finalmente teniendo criterios anteriores, la población para la evaluación de las propiedades físicas (geometría, succión y absorción) y mecánicas (resistencia a la compresión y flexión), de las unidades de ladrillo macizo de arcilla fabricados artesanalmente en la provincia de ambo.

Se da a continuación:

CÓDIGO CATASTRAL	NOMBRE DE LADRILLERA	UBICACIÓN
C-01	CHAPACUETE	C.P Huancahuasi-Ambo
C-02	AGURIO GALLARDO	C.P Ayancocha-Ambo
C-03	ANDAHUAYLAS	Granja Ecológica Linderos - Tomayquichua
C-04	TEODORO HERRERA	Tomayquichua



Tabla Nº 18: Número de especímenes para las unidades de albañilería.

ENSAYOS	# DE ESPECÍMENES		# de ladrilleras	Total de especímenes
	Unidad de albañilería (NTP 399.613 – 2005)			
Variación dimensional y alabeo	Min 10	(10)	4	40
Resistencia a la compresión	Min 5	(5)		20
Tracción por flexión	Min 5	(10)		40
Densidad	Min 5	(10)		40
Succión	Min 5	(10)		40
Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación	Min 5	(10)		40
TOTAL	35	55	TOTAL	220

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Además según la NTP 399.613 – 2005 en el acápite 5.2 indica que para la determinación del Módulo de ruptura, Resistencia a compresión y la absorción, se ensayaran como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos; para lotes mayores se tomarán 5 especímenes adicionales, por cada 500 00 unidades. Se podrá tomar mayor número de unidades a criterio del comprador.



3.9. Procesamiento y Presentación de Datos

3.9.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica e instrumentos de recolección de las Muestras de unidades de albañilería de diferentes fabricantes artesanales de ladrillos macizos de arcilla cocida que se encuentren en la provincia de Ambo son:

- ✓ Fichas de cálculo de las medidas de la unidad de albañilería.
- ✓ Fichas de ensayo de campo para determinar la succión en la unidad de albañilería.
- ✓ Ficha de ensayo para determinar el porcentaje de absorción en la unidad de albañilería.
- ✓ Fichas de ensayo para determinar la resistencia a la compresión y flexión en la unidad de albañilería.
- ✓ Guías de observación directa.

3.9.2. Procedimientos

Para realizar los ensayos en laboratorio se procedió de acuerdo a la Norma Técnica Peruana vigente para cada ensayo, obtenida de la institución INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual).

3.9.2.1. Norma Técnica Peruana E.070 – Albañilería (2006).



- 3.9.2.2. Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) – UNIDADES DEL ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos.
- 3.9.2.3. Norma Técnica Peruana 339.613 (2005) – UNIDADES DEL ALBAÑILERÍA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.
- 3.9.2.4. Norma Técnica Peruana 339.605 (2013) – UNIDADES DEL ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- 3.9.2.5. Norma Técnica Peruana 334.051 (2013) – CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.
- 3.9.2.6. Norma Técnica Peruana 339.607 (2013) – UNIDADES DEL ALBAÑILERÍA. Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.



CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Ensayo de Variación Dimensional

4.1.1.1. Resultados

Los resultados de variación dimensional fueron calculados según la Ecuación N° 2. Procedimiento de ensayo para variación dimensional en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N° 19: Longitud - CHAPACUETE

Muestra	Largo (mm)					Resultados por cada unidad	
	L1	L2	L3	L4	L Prom	δ	V (%)
1	212.0	213.0	210.0	210.0	211.25	1.50	0.71
2	213.0	213.0	210.0	210.0	211.50	1.73	0.82
3	213.0	214.0	211.0	211.0	212.25	1.50	0.71
4	213.0	214.0	210.0	210.0	211.75	2.06	0.97
5	211.0	212.0	213.0	211.0	211.75	0.96	0.45
6	210.0	211.0	212.0	210.0	210.75	0.96	0.45
7	215.0	215.0	211.0	212.0	213.25	2.06	0.97
8	215.0	215.0	210.0	208.0	212.00	3.56	1.68
9	214.0	216.0	213.0	214.0	214.25	1.26	0.59
10	213.0	214.0	210.0	212.0	212.25	1.71	0.80
Promedio					212.10		
					$\delta =$	1.01	
					V (%) =	0.48	



Tabla N° 20: Ancho - CHAPACUETE

Muestra	Ancho (mm)					Resultados por cada unidad	
	A1	A2	A3	A4	A Prom	δ	V (%)
1	121.0	121.0	123.0	120.0	121.25	1.26	1.04
2	123.0	120.0	121.0	119.5	120.88	1.55	1.28
3	120.0	120.0	123.0	120.0	120.75	1.50	1.24
4	123.0	121.0	121.0	120.0	121.25	1.26	1.04
5	120.5	120.0	121.5	120.5	120.63	0.63	0.52
6	123.0	122.0	120.0	120.0	121.25	1.50	1.24
7	122.0	121.5	120.5	119.0	120.75	1.32	1.10
8	125.0	122.0	121.0	121.5	122.38	1.80	1.47
9	122.0	121.5	120.0	120.0	120.88	1.03	0.85
10	120.0	123.0	121.0	122.0	121.50	1.29	1.06
Promedio					121.15		
δ =					0.52		
V (%) =					0.43		

Tabla N° 21: Altura - CHAPACUETE

Muestra	Altura (mm)					Resultados por cada unidad	
	H1	H2	H3	H4	H Prom	δ	V (%)
1	75.0	80.0	77.0	78.0	77.50	2.08	2.69
2	77.0	75.5	75.0	79.0	76.63	1.80	2.35
3	80.0	81.0	77.0	78.0	79.00	1.83	2.31
4	77.0	77.0	77.0	80.0	77.75	1.50	1.93
5	77.0	75.0	76.0	80.0	77.00	2.16	2.81
6	77.0	75.0	78.0	78.0	77.00	1.41	1.84
7	76.0	80.0	77.0	80.0	78.25	2.06	2.63
8	75.0	76.5	77.0	76.0	76.13	0.85	1.12
9	75.0	80.0	75.0	76.0	76.50	2.38	3.11
10	76.0	77.0	78.0	78.0	77.25	0.96	1.24
Promedio					77.30		
δ =					0.86		
V (%) =					1.12		



Tabla Nº 22: Largo – Sr. AGURIO GALLARDO

Muestra	Largo (mm)					Resultados por cada unidad	
	L1	L2	L3	L4	L Prom	$\bar{\delta}$	V (%)
1	214.0	214.0	212.0	213.0	213.25	0.96	0.45
2	216.0	216.0	215.0	213.0	215.00	1.41	0.66
3	215.0	218.0	212.0	212.0	214.25	2.87	1.34
4	219.0	220.0	210.0	211.0	215.00	5.23	2.43
5	215.0	217.0	217.0	217.0	216.50	1.00	0.46
6	215.0	216.0	218.0	215.0	216.00	1.41	0.65
7	217.0	218.0	218.0	219.0	218.00	0.82	0.37
8	217.0	217.0	217.0	217.0	217.00	0.00	0.00
9	216.0	219.0	213.0	213.0	215.25	2.87	1.33
10	215.0	216.0	211.0	213.0	213.75	2.22	1.04
					Promedio	215.40	
					$\bar{\delta} =$	1.49	
					V (%) =	0.69	

Tabla Nº 23: Ancho – Sr. AGURIO GALLARDO

Muestra	Ancho (mm)					Resultados por cada unidad	
	A1	A2	A3	A4	A Prom	$\bar{\delta}$	V(%)
1	122.0	124.0	125.0	123.0	123.50	1.29	1.05
2	126.0	125.0	126.0	122.0	124.75	1.89	1.52
3	127.0	127.0	126.0	125.0	126.25	0.96	0.76
4	127.0	125.0	127.0	125.0	126.00	1.15	0.92
5	125.0	125.0	126.0	127.0	125.75	0.96	0.76
6	126.0	125.0	127.0	127.0	126.25	0.96	0.76
7	128.0	124.0	128.0	126.0	126.50	1.91	1.51
8	128.0	126.0	127.0	124.0	126.25	1.71	1.35
9	126.0	125.0	126.0	127.0	126.00	0.82	0.65
10	126.0	125.0	123.0	121.0	123.75	2.22	1.79
					Promedio	125.50	
					$\bar{\delta} =$	1.10	
					V (%) =	0.88	



Tabla N° 24: Altura- Sr. AGURIO GALLARDO

Muestra	Altura (mm)					Resultados por cada unidad	
	H1	H2	H3	H4	H Prom	δ	V (%)
1	73.0	73.0	73.0	75.0	73.50	1.00	1.36
2	75.0	73.0	74.0	72.0	73.50	1.29	1.76
3	73.0	73.0	72.0	72.0	72.50	0.58	0.80
4	73.0	71.0	72.0	75.0	72.75	1.71	2.35
5	72.0	75.0	75.0	74.0	74.00	1.41	1.91
6	74.0	75.0	75.0	75.0	74.75	0.50	0.67
7	76.0	77.0	76.0	73.0	75.50	1.73	2.29
8	73.0	77.0	74.0	72.0	74.00	2.16	2.92
9	74.0	72.0	72.0	74.0	73.00	1.15	1.58
10	74.0	74.0	75.0	75.0	74.50	0.58	0.77
Promedio					73.80		
$\delta =$					0.94		
V (%) =					1.28		

Tabla N° 25: Largo - ANDAHUAYLAS

Muestra	Largo (mm)					Resultados por cada unidad	
	L1	L2	L3	L4	L Prom	δ	V (%)
1	209.0	211.0	210.0	210.0	210.00	0.82	0.39
2	209.0	210.0	209.0	207.0	208.75	1.26	0.60
3	210.0	211.0	209.0	210.0	210.00	0.82	0.39
4	210.0	210.0	208.0	208.0	209.00	1.15	0.55
5	206.0	207.0	210.0	206.0	207.25	1.89	0.91
6	211.0	210.0	208.0	208.0	209.25	1.50	0.72
7	210.0	210.0	205.0	207.0	208.00	2.45	1.18
8	206.0	205.0	210.0	210.0	207.75	2.63	1.27
9	210.0	209.0	206.0	206.0	207.75	2.06	0.99
10	210.0	210.0	206.0	208.0	208.50	1.91	0.92
Promedio					208.63		
$\delta =$					0.95		
V (%) =					0.46		



Tabla Nº 26: Ancho - ANDAHUAYLAS

Muestra	Ancho (mm)					Resultados por cada unidad	
	A1	A2	A3	A4	A Prom	δ	V (%)
1	122.0	120.0	123.0	120.0	121.25	1.50	1.24
2	124.0	121.5	123.0	120.0	122.13	1.75	1.43
3	123.0	121.0	122.0	122.0	122.00	0.82	0.67
4	121.0	120.0	121.0	120.0	120.50	0.58	0.48
5	126.0	120.0	120.0	120.0	121.50	3.00	2.47
6	123.0	121.0	122.0	120.0	121.50	1.29	1.06
7	120.0	123.0	120.0	120.0	120.75	1.50	1.24
8	120.0	120.0	120.0	120.0	120.00	0.00	0.00
9	121.0	118.0	120.0	118.0	119.25	1.50	1.26
10	120.0	120.0	121.0	117.0	119.50	1.73	1.45
					Promedio	120.84	
					δ =	1.01	
					V (%) =	0.84	

Tabla Nº 27: Altura - ANDAHUAYLAS

Muestra	Altura (mm)					Resultados por cada unidad	
	H1	H2	H3	H4	H Prom	δ	V (%)
1	75.0	75.0	75.0	77.0	75.50	1.00	1.32
2	74.0	75.0	80.0	77.0	76.50	2.65	3.46
3	71.0	72.0	76.0	77.0	74.00	2.94	3.98
4	75.0	78.0	76.0	75.0	76.00	1.41	1.86
5	73.0	75.0	73.0	73.0	73.50	1.00	1.36
6	76.0	75.0	75.0	75.0	75.25	0.50	0.66
7	77.0	76.0	75.0	77.0	76.25	0.96	1.26
8	76.0	75.0	75.0	77.0	75.75	0.96	1.26
9	75.0	74.0	75.0	73.0	74.25	0.96	1.29
10	75.0	75.0	78.0	76.0	76.00	1.41	1.86
					Promedio	75.30	
					δ =	1.03	
					V (%) =	1.37	



Tabla Nº 28: Largo – TEODORO, HERRERA

Muestra	Largo (mm)					Resultados por cada unidad	
	L1	L2	L3	L4	L Prom	δ	V (%)
1	210.0	210.0	206.0	206.0	208.00	2.31	1.11
2	210.0	210.0	215.0	212.0	211.75	2.36	1.12
3	211.0	210.0	212.0	211.0	211.00	0.82	0.39
4	210.0	211.0	210.0	208.0	209.75	1.26	0.60
5	211.0	214.0	208.0	209.0	210.50	2.65	1.26
6	215.0	215.0	209.0	210.0	212.25	3.20	1.51
7	209.0	210.0	213.0	214.0	211.50	2.38	1.13
8	209.0	210.0	208.0	209.0	209.00	0.82	0.39
9	213.0	214.0	209.0	210.0	211.50	2.38	1.13
10	214.0	214.0	214.0	205.0	211.75	4.50	2.13
Promedio					210.70		
					$\delta =$	1.38	
					V (%) =	0.65	

Tabla Nº 29: Ancho – TEODORO, HERRERA

Muestra	Ancho (mm)					Resultados por cada unidad	
	A1	A2	A3	A4	A Prom	δ	V (%)
1	125.0	123.0	125.0	124.0	124.25	0.96	0.77
2	123.0	123.0	126.0	123.0	123.75	1.50	1.21
3	125.0	122.0	129.0	127.0	125.75	2.99	2.37
4	125.0	125.0	127.0	123.0	125.00	1.63	1.31
5	125.0	122.0	125.0	123.0	123.75	1.50	1.21
6	125.0	125.0	126.0	126.0	125.50	0.58	0.46
7	125.0	126.0	126.0	124.0	125.25	0.96	0.76
8	121.0	119.0	121.0	120.0	120.25	0.96	0.80
9	125.0	121.0	120.0	123.0	122.25	2.22	1.81
10	125.0	123.0	128.0	128.0	126.00	2.45	1.94
Promedio					124.18		
					$\delta =$	1.79	
					V (%) =	1.44	



Tabla Nº 30: Altura – TEODORO, HERRERA

Muestra	Altura (mm)					Resultados por cada unidad	
	H1	H2	H3	H4	H Prom	δ	V (%)
1	73.0	72.0	75.0	73.0	73.25	1.26	1.72
2	73.0	75.0	73.0	73.0	73.50	1.00	1.36
3	73.5	75.0	75.0	77.0	75.13	1.44	1.91
4	73.0	70.0	70.0	70.0	70.75	1.50	2.12
5	75.0	75.0	78.0	78.0	76.50	1.73	2.26
6	75.0	77.0	77.0	75.0	76.00	1.15	1.52
7	73.0	73.0	70.0	73.0	72.25	1.50	2.08
8	75.0	75.0	75.0	75.0	75.00	0.00	0.00
9	75.0	73.0	75.0	75.0	74.50	1.00	1.34
10	75.0	75.0	75.0	75.0	75.00	0.00	0.00
Promedio					74.19		
$\delta =$					1.76		
V (%) =					2.37		

4.1.1.2 Resumen

Tabla Nº 31: Resumen de dimensiones promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Dimensiones en mm		
	L (mm)	A (mm)	H (mm)
Chapacuate	212.10	121.15	77.30
Señor Agurio Gallardo	215.40	125.50	73.80
Andahuaylas	208.63	120.84	75.30
Teodoro Herrera	210.70	124.18	74.19



4.1.2. Ensayo de Alabeo

4.1.2.1. Resultados

Los resultados de alabeo fueron calculados según el procedimiento de ensayo que se describe en el ítem 4.3.1.2 del capítulo 4 para el alabeo.

Tabla Nº 32: CHAPACUETE

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
1	2.00	3.00	3.00	2.00	2.50	2.50	
2	1.50	2.50	0.50	1.00	1.00	1.75	
3	0.50	0.50	0.00	1.50	0.25	1.00	
4	2.00	1.50	1.50	0.00	1.75	0.75	
5	1.00	0.00	0.00	1.50	0.50	0.75	
6	4.05	2.00	1.50	1.00	2.78	1.50	
7	2.00	2.00	1.00	0.50	1.50	1.25	
8	0.00	1.00	1.00	2.50	0.50	1.75	
9	1.00	1.50	1.00	0.50	1.00	1.00	
10	0.00	1.50	0.00	1.00	0.00	1.25	
					Promedio	1.18	1.35

Tabla Nº 33: SEÑOR AGURIO GALLARDO

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo		
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
1	1.50	0.50	0.50	2.50	1.00	1.50	
2	1.50	0.50	1.00	0.00	1.25	0.25	
3	2.50	0.00	1.00	1.00	1.75	0.50	
4	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	1.50	
5	1.00	0.50	3.00	0.00	2.00	0.25	
6	0.00	1.50	1.50	0.00	0.75	0.75	
7	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	
8	1.00	0.00	0.50	0.00	0.75	0.00	
9	4.00	6.00	0.00	5.00	2.00	5.50	
10	0.50	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00	
					Promedio	1.33	1.13



Tabla N° 34: ANDAHUAYLAS

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	4.00	0.00	0.00	2.50	2.00	1.25
2	2.00	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00
3	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
4	3.00	0.00	0.50	0.00	1.75	0.00
5	1.50	1.00	1.00	1.00	1.25	1.00
6	1.00	0.00	1.50	0.00	1.25	0.00
7	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
8	2.50	0.00	1.00	0.00	1.75	0.00
9	2.00	1.00	1.00	0.00	1.50	0.50
10	1.00	0.00	2.00	0.00	1.50	0.00
Promedio					1.45	0.28

Tabla N° 35: TEODORO HERRERA

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	2.00	0.00	1.00	0.00	1.50	0.00
2	0.00	1.50	2.00	0.00	1.00	0.75
3	0.50	0.00	1.00	0.00	0.75	0.00
4	1.00	0.50	1.50	0.00	1.25	0.25
5	1.50	0.00	1.00	0.00	1.25	0.00
6	5.00	0.50	4.00	4.00	4.50	2.25
7	2.00	1.50	1.50	1.00	1.75	1.25
8	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
9	2.50	0.00	3.50	0.00	3.00	0.00
10	0.50	0.00	1.50	1.50	1.00	0.75
Promedio					1.70	0.53



4.1.2.2. Resumen

Tabla N° 36: Resumen del Alabeo promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Alabeo en (mm)	
	Cóncavo	Convexo
Chapacuate	1.18	1.35
Señor Agurio Gallardo	1.33	1.13
Andahuaylas	1.45	0.28
Teodoro, Herrera	1.70	0.53

4.1.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería ($f'b$)

4.1.3.1. Resultados

Los resultados de resistencia a compresión fueron calculados según la Ecuación N°3. Procedimiento de ensayo para resistencia a la compresión en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N° 37: Chapacuate.

Identificación de especímenes	Dimensiones (cm)		Área (cm ²) A	Carga (Kg)	$f'b$ (kg/cm ²)
	Largo	Ancho		Pu	
1	12.40	10.40	128.96	7,471.00	57.93
2	12.10	10.30	124.63	5,353.00	42.95
3	12.20	10.30	125.66	6,796.00	54.08
4	12.15	10.55	128.18	5,426.00	42.33
5	12.20	10.60	129.32	6,046.00	46.75
				Promedio =	48.80
				$\bar{\delta}$ =	6.92
				Prom - $\bar{\delta}$ =	41.89



Tabla N°38: Señor Agurio Gallardo.

Identificación de especímenes	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'b
	Largo	Ancho	A	Pu	(kg/cm ²)
1	12.20	10.50	128.10	5,582.00	43.58
2	12.20	10.50	128.10	6,630.00	51.76
3	12.20	10.20	124.44	4,564.00	36.68
4	12.10	10.40	125.84	5,663.00	45.00
5	12.10	10.30	124.63	5,819.00	46.69
Promedio =					44.742
δ =					5.47
Prom - δ =					39.28

Tabla N°39: Andahuaylas

Identificación de especímenes	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'b
	Largo	Ancho	A	Pu	(kg/cm ²)
1	12.90	10.10	130.29	7,220.00	55.41
2	12.90	10.80	139.32	5,831.00	41.85
3	12.90	10.90	140.61	6,023.00	42.83
4	12.90	11.10	143.19	8,651.00	60.42
5	12.70	10.80	137.16	5,335.00	38.90
Promedio =					47.882
δ =					9.44
Prom - δ =					38.44



Tabla N°40: Teodoro, Herrera

Identificación de especímenes	Dimensiones (cm)		Área (cm ²)	Carga (Kg)	f'b
	Largo	Ancho	A	Pu	(kg/cm ²)
1	12.40	10.20	126.48	5,818.00	46.00
2	12.60	10.30	129.78	5,452.00	42.01
3	12.50	9.95	124.38	5,798.00	46.62
4	12.40	10.10	125.24	5,715.00	45.63
5	12.20	10.35	126.27	4,907.00	38.86
Promedio =					43.82
δ =					3.31
Prom - δ =					40.52

4.1.3.2. Resumen

Tabla N°41: Resumen de resistencia a compresión promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Resistencia a compresión en unidades Kg/cm ²
Chapacúete	41.89
Señor Agurio Gallardo	39.28
Andahuaylas	38.44
Teodoro ,Herrera	40.52



4.1.4. Ensayo de Tracción por Flexión(*ftb*)

4.1.4.1. Resultados

Los resultados de resistencia a tracción por flexión fueron calculadas según la Ecuación N°4. Procedimiento de ensayo para resistencia a la compresión en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N°42: Chapacuate.

Especimen	P (kg)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm ²)
1	287.00	18.00	12.35	7.10	12.45
2	278.00	18.00	12.45	7.50	10.72
3	292.00	18.00	12.30	7.35	11.86
4	280.00	18.00	12.35	7.60	10.60
5	276.00	18.00	12.50	7.50	10.60
Promedio =					11.24
δ =					0.86
Prom - δ =					10.39

Tabla N°43: Señor Agurio Gallardo.

Espécimen	P (kg)	L (cm)	B (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm ²)
1	327.00	18.00	12.65	7.70	11.77
2	217.00	18.00	12.60	7.70	7.84
3	245.00	18.00	12.55	7.55	9.25
4	344.00	18.00	12.55	7.60	12.81
5	325.00	18.00	12.70	7.70	11.65
Promedio =					10.66
δ =					2.05
Prom - δ =					8.61



Tabla N°44: Andahuaylas.

Espécimen	P (kg)	L (cm)	B (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm ²)
1	349.00	18.00	12.00	7.50	13.96
2	297.00	18.00	12.00	7.80	10.98
3	223.00	18.00	12.00	7.70	8.46
4	247.00	18.00	11.90	7.70	9.45
5	258.00	18.00	12.10	7.60	9.97
Promedio =					10.56
δ =					2.11
Prom - δ =					8.46

Tabla N°45: Teodoro Herrera

Espécimen	P (kg)	L (cm)	B (cm)	h (cm)	f'tb (kg/cm ²)
1	244.00	18.00	12.25	7.80	8.84
2	134.00	18.00	12.25	7.80	4.85
3	257.00	18.00	12.15	7.70	9.63
4	234.00	18.00	12.15	7.70	8.77
5	325.00	18.00	12.30	7.80	11.73
Promedio =					8.76
δ =					2.49
Prom - δ =					6.27

4.1.4.2. Resumen

Tabla N°46: Resumen de tracción por flexión promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Resistencia a Tracción por flexión Kg/cm ²
Chapacuate	10.39
Señor Agurio Gallardo	8.61
Andahuaylas	8.46
Teodoro,Herrera	6.27



4.1.5. Densidad y Humedad natural

4.1.5.1. Resultados

Los resultados de densidad y humedad natural fueron calculados según las Ecuaciones N° 5 y 6. Procedimiento de ensayo para determinar el peso específico y la humedad natural en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N°47: Chapacuate.

Especímenes	volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Humedad Natural (%)
1	1990.26	1.58	0.18
2	1839.60	1.58	1.52
3	1876.61	1.62	0.36
4	2007.31	1.55	1.06
5	1970.25	1.54	0.86
Promedio	1940.65	1.57	0.98

Tabla N° 48: Señor Agurio Gallardo.

Especímenes	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Humedad Natural (%)
1	1979.50	1.59	0.64
2	2003.16	1.53	0.13
3	1917.33	1.60	0.15
4	1932.98	1.63	0.66
5	2054.08	1.59	0.38
Promedio	1982.83	1.57	0.39



Tabla N°49: Andahuaylas.

Especímenes	volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Humedad Natural (%)
1	1924.32	1.49	0.77
2	1949.64	1.52	1.04
3	1956.57	1.49	0.95
4	1956.57	1.51	1.11
5	1908.28	1.55	0.93
Promedio	1919.82	1.53	1.04

Tabla N°50: Teodoro Herrera

Especímenes	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	Humedad Natural (%)
1	2185.91	1.34	0.41
2	2053.13	1.39	0.57
3	2036.98	1.39	0.53
4	2053.13	1.39	0.43
5	1972.80	1.47	0.80
Promedio	2036.36	1.41	0.54

4.1.5.2. Resumen

Tabla N° 51: Resumen de Densidad y humedad natural promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Densidad (gr/cm ³)	Humedad natural (%)
Chapacuate	1.57	0.54
Señor Agurio Gallardo	1.57	0.39
Andahuaylas	1.53	1.04
Teodoro, Herrera	1.41	0.98



4.1.6. Ensayo de Succión

4.1.6.1. Resultados

Los resultados de resistencia a compresión fueron calculados según la Ecuación N°7. Procedimiento de ensayo para determinar la succión en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N° 52: Chapacuate.

Especímenes	Área de asiento (cm ²)	Pm - Ps (gr)	Succión (gr/200cm ² /min)
1	270.000	99.800	73.926
2	277.200	59.400	42.857
3	261.360	90.200	69.024
4	276.860	65.500	47.316
5	269.080	101.500	75.442
		Promedio	60.234

Tabla N° 53: Señor Agurio Gallardo.

Especímenes	Área de asiento (cm ²)	Pm - Ps (gr)	Succión (gr/200cm ² /min)
1	256.800	106.200	82.710
2	258.640	52.000	40.210
3	264.120	56.100	42.481
4	253.200	59.600	47.077
5	260.150	63.400	48.741
		Promedio	50.257



Tabla N° 54: Andahuaylas.

Especímenes	Área de asiento (cm ²)	Pm - Ps (gr)	Succión (gr/200cm ² /min)
1	264.120	73.100	55.354
2	258.300	61.700	47.774
3	258.000	61.700	47.829
4	259.530	52.300	40.304
5	262.880	41.100	31.269
Promedio			44.407

Tabla N° 55: Teodoro Herrera

Especímenes	Área de asiento (cm ²)	Pm - Ps (gr)	Succión (gr/200cm ² /min)
1	248.980	51.000	40.967
2	255.600	63.500	49.687
3	247.800	48.900	39.467
4	254.400	51.900	40.802
5	258.300	35.700	27.642
Promedio			40.037

4.1.6.2. Resumen

Tabla N° 56: Resumen de Succión promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Succión (gr/200cm ² /min)
Chapacuate	60.234
Señor Agurio Gallardo	50.257
Andahuaylas	44.407
Teodoro ,Herrera	40.037



4.1.7. Ensayo de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación.

4.1.7.1. Resultados

Los resultados de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación fueron calculados según las Ecuaciones N° 8, 9 y 10 respectivamente. Procedimiento de ensayo para determina la absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación en el capítulo 4 de la presente investigación.

Tabla N° 57: Chapacuate

Especímenes	Absorción (%)	Abs. Máxima (%)	Coef. De saturación
1	15.12	20.74	0.73
2	14.73	20.34	0.72
3	16.35	22.11	0.74
4	14.63	20.45	0.72
5	15.51	21.43	0.72
Promedio	15.49	21.27	0.73

Tabla N° 58: Señor Agurio Gallardo

Especímenes	Absorción (%)	Abs. Máxima (%)	Coef. De saturación
1	22.73	26.90	0.84
2	23.85	28.50	0.84
3	23.96	28.72	0.83
4	23.53	28.08	0.84
5	23.75	28.61	0.83
Promedio	23.50	28.23	0.83



Tabla N° 59: Andahuaylas

Especímenes	Absorción (%)	Abs. Máxima (%)	Coef. De saturación
1	19.60	23.65	0.83
2	19.37	23.46	0.83
3	19.58	25.02	0.78
4	19.75	22.43	0.88
5	18.63	22.85	0.82
Promedio	19.30	23.37	0.83

Tabla N° 60: Teodoro,Herrera

Especímenes	Absorción (%)	Abs. Máxima (%)	Coef. De saturación
1	14.09	17.79	0.79
2	15.29	18.54	0.82
3	15.60	19.11	0.82
4	14.18	17.41	0.81
5	13.71	17.76	0.77
Promedio	14.61	18.29	0.80

4.1.7.2. Resumen

Tabla N° 61: Resumen de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación promedio para cada ladrillera.

Ladrillera	Absorción (%)	Absorción máxima (%)	Coefficiente de saturación
Chapacete	15.49	21.27	0.73
Señor Agurio Gallardo	23.50	28.23	0.83
Andahuaylas	19.30	23.37	0.83
Teodoro,Herrera	14.61	18.29	0.80



4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ensayos a la unidad de Albañilería

4.2.1. Ensayo de Variación dimensional

4.2.1.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra en la Tabla N° 62 que clasifica los resultados de variabilidad dimensional según la Norma E.070 de Albañilería.

Tabla N° 62: Clasificación de los ladrillos por variabilidad dimensional

Ladrillera	Variabilidad dimensional						Clasificación n* Según NTP E.070
	L (mm)	V(%) de L	A (mm)	V(%) de A	H (mm)	V(%) de H	
Chapacuate	212.10	0.48	121.15	0.43	77.30	1.12	Tipo V
Señor Agurio Gallardo	215.40	0.69	125.50	0.88	73.80	1.28	Tipo V
Andahuaylas	208.63	0.46	120.84	0.84	75.30	1.37	Tipo V
Teodoro, Herrera	210.70	0.65	124.18	1.44	74.19	2.37	Tipo V

*Ver tabla N° 7.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla N°62. Nos muestra la gran variación en las dimensiones de largo, ancho y espesor de cada ladrillera, siendo la longitud y el ancho las dimensiones más bajas de la ladrillera Andahuaylas y las más altas de la ladrillera Chapacuate.

Sin embargo ninguna cumple con las medidas indicadas al momento de vender por el fabricante que son de 21x12x8 cm. En cuanto a la clasificación para cada ladrillera, ésta se obtuvo comparando la tabla N° 62 con la tabla



Nº7, resultado que todas las ladrilleras tienen una clasificación de sus ladrillos de tipo V la cual indica que tienen una resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas (ITINTEC 331.017,1978).

En ninguna ladrillera llega a la altura mínima de 8 cm; lo cual genera grandes dificultades en la junta, ya que se aumentaría su espesor y en consecuencia su resistencia a compresión y a corte disminuiría.

4.2.2. Ensayo de Alabeo

4.2.2.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla N° 63 que clasifica los resultados del ensayo de Alabeo y se compara con la clasificación según la Norma E.070 de Albañilería.

Tabla N° 63: Clasificación de los ladrillos por Alabeo.

Ladrillera	Alabeo		Norma E.070	Clasificación n*
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)		
Chapacuate	1.18	1.35	Ladrillo tipo V, el alabeo máximo es de 2 mm.	Tipo V
Señor Agurio Gallardo	1.33	1.13		Tipo V
Andahuaylas	1.45	0.28		Tipo V
Teodoro,Herrera	1.70	0.53		Tipo V

*Ver tabla N° 8

Fuente: Elaboración propia.2019

Esta clasificación se obtuvo con la comparación de la Tabla N° 63 con la Tabla N°8. Todas las ladrilleras presentan un alabeo significativo, sobre todo un



alabeo cóncavo. Esto implica que a mayor alabeo conduce a un mayor espesor de junta como se mencionó en la variación dimensional; 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. Recordemos que por cada 3mm de espesor de mortero la resistencia a compresión disminuye en un 15% (Bartolomé,1995).

4.2.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión de la unidad de Albañilería ($f'b$)

4.2.3.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla N°64 que resume los resultados del ensayo de compresión de la unidad de albañilería y se compara con la clasificación según la Norma E.070 de Albañilería.

Tabla N° 64: Clasificación de los ladrillos por resistencia a compresión.

Ladrillera	$f'b$ (kg/cm ²)	$f'b$ (Mpa)	Tipo I* $f'b$ min (kg/cm ²)	Clasificación Según E.070
Chapacuate	41.89	4.11	50	No clasifica
Señor Agurio Gallardo	39.28	3.85	50	No clasifica
Andahuaylas	38.44	3.77	50	No clasifica
Teodoro,Herrera	40.52	3.97	50	No clasifica

*Ver tabla N° 9.

Fuente: Elaboración propia.2019

Según la tabla N°64 nos muestra que la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de todas las ladrilleras en estudio, no alcanzan ni a la mínima resistencia que exige la norma E.070 que es de 50 kg/cm² para un



ladrillo Tipo I. Asimismo, tampoco cumple con la resistencia de 55 kg/cm² para una ladrillo de arcilla King Kong Artesanal según la Tabla N°9.

Estos valores bajos nos señalan una baja calidad para fines estructurales; es decir, una unidad poco resistente y poco durable. Según Bartolomé (1995), el $f'b$ también depende de la altura de la probeta, a menor altura mayor resistencia.

La resistencia a compresión de la unidades es la propiedad más importante ya que define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro.

4.2.4. Ensayo de Tracción por Flexión (ftb)

4.2.4.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla N° 65 en la que se compara los resultados del ensayo de tracción por flexión, con los ensayos de resistencia a compresión de la unidad de albañilería.

Tabla N° 65: Comparación de Resistencia a tracción con la resistencia a compresión

Ladrillera	Resistencia a tracción	Resistencia a compresión
	ftb (kg/cm ²)	$f'b$ (kg/cm ²)
Chapacnete	10.39	41.89
Señor Agurio Gallardo	8.61	39.28
Andahuaylas	8.46	38.44
Teodoro, Herrera	6.27	40.52

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Al igual que la resistencia a compresión (f'_b), el ensayo de tracción por flexión solo constituye una medida de la calidad de la unidad. Su evaluación se realizó, debido a un alto alabeo que presentan las unidades de albañilería de las ladrilleras en estudio y que pueden conducir a que la unidad de estudio presente una falla de tracción por flexión.

El ensayo de tracción por flexión es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo; para lo cual los valores de la Tabla N° 65 son muy bajos en comparación a su resistencia. En general, esta propiedad no es considerada como requisito para la clasificación del ladrillo puesto que está muy relacionado con la resistencia a compresión.



4.2.5. Densidad y Humedad natural

4.2.5.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla N°66 que clasifica a los resultados del ensayo de densidad según la norma ITINTEC que se muestra específicamente en la Tabla N°11.

Tabla N° 66: Clasificación de la unidad por densidad según ITINTEC 331.017.

Ladrillera	Densidad (gr/cm ³)	Clasificación* Según ITINTEC 331.017	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
Chapacuate	1.57	Tipo II	41.89
Señor Agurio Gallardo	1.57	Tipo II	39.28
Andahuaylas	1.53	Tipo I	38.44
Teodoro,Herrera	1.41	No clasifica	40.52

*Ver tabla N° 11.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La densidad tiene una relación estrecha con la resistencia a compresión; es decir, a mayor densidad existen mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica. Entonces, según lo mencionado anteriormente y según la tabla N° 66, la ladrillera Agurio Gallardo y Teodoro Herrera tienen mayor densidad (1.57 gr/cm³), por lo tanto tendría un buen comportamiento de resistencia. Sin embargo, se observa que solamente Chapacuate cumpliría esta relación ya que presenta la mayor resistencia de 41.50 kg/cm² en comparación con Agurio Gallardo.



Siendo las ladrilleras Chapacuete un ladrillo Tipo II de mediana resistencia y durabilidad, apto para emplearse en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo. En general, si se tendría que escoger una ladrillera por clasificación de densidad y por la relación con la resistencia a compresión se escogería la ladrillera Chapacuete.

No existe ninguna referencia a un valor máximo de expansión por humedad que deba cumplir el ladrillo visto.

Tabla N° 67: Humedad natural de cada ladrillera.

Ladrillera	Humedad Natural (%)
Chapacuete	0.98
Señor Agurio Gallardo	0.39
Andahuaylas	1.04
Teodoro, Herrera	0.54

Fuente: Elaboración propia, 2019.



4.2.6. Ensayo de Succión

4.2.6.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra a Tabla N° 68 compara los resultados del ensayo de succión o periodo inicial de absorción con la norma E.070 de Albañilería.

Tabla N° 68: Comparación de resultados obtenidos del ensayo de succión con la norma E.070

Ladrillera	Succión (gr/200cm ² /min)	Norma E.070
Chapacnete	60.23	Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm ² -min.
Señor Agurio Gallardo	50.26	
Andahuaylas	44.41	
Teodoro,Herrera	40.04	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Según la Norma E.070, nos indica que las unidades deben tener una succión comprendida entre 10 y 20 gr/200cm²/min antes de ser asentadas, para lo cual ninguna de las ladrilleras en estudio cumple lo permitido por la norma y más bien sobrepasa el límite. Estos resultados traen consecuencias al momento de la construcción, en las uniones entre el ladrillo y el mortero. El mortero, debido a una rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo hace que se deforme y endurezca generando una adhesión pobre e



incompleta con la cara de la siguiente unidad, quedando uniones de baja resistencia.

Es por ello, que la norma E.070 recomienda que se deben regar durante media hora a las unidades de albañilería entre 10 y 15 horas antes de ser asentadas. Sin embargo, para el caso de la ladrillera de Chapacuate que tiene una succión de 60.23 gr/200cm²/min y en general para una succión elevada es mejor saturarlos ladrillos inmediatamente antes de ser asentados.

Al asentar ladrillos secos con elevada succión en su estado natural, disminuye la resistencia hasta en 50% en relación a emplear ladrillos regados con agua o un día antes de asentarlos (Bartolomé,2005).

4.2.7. Ensayo de absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación.

4.2.7.1. Interpretación de resultados

A continuación, se muestra la Tabla N° 69 compara los resultados del ensayo de absorción con la norma E.070 de Albañilería.

Tabla N° 69: Comparación de resultados obtenidos del ensayo de Absorción con la norma E.070

Ladrillera	Absorción (%)	Norma E.070
Chapacuate	15.49	La absorción de las unidades de arcilla no será mayor que 22%.
Señor Agurio Gallardo	23.50	
Andahuaylas	19.30	
Teodoro,Herrera	14.61	

Fuente: Elaboración propia, 2019.



Según la norma E.070, la **absorción** de la unidad de albañilería de arcilla no debe sobre pasar el 22%, para lo cual en la Tabla N° 69 todas las ladrilleras cumplen con lo exigido por la norma. Sin embargo, la ladrillera Señor Agurio Gallardo tiene una absorción de 23.50% lo cual indica que su capacidad de absorción es mayor que las otras ladrilleras y se excede en un 1.50% de lo especificado en la norma, debido a que presenta mayor área de porosidad en su composición.

A continuación, se muestra la tabla N° 70 que compara los resultados del ensayo de absorción máxima con la norma ITINTEC331.07.

Tabla N° 70: Comparación de resultados obtenidos del ensayo de Absorción máxima con la norma E.070

Ladrillera	Absorción Máxima (%)	Norma ITINTEC 331.07
Chapacuate	21.27	Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector.
Señor Agurio Gallardo	28.23	
Andahuaylas	23.37	
Teodoro, Herrera	18.29	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La **absorción máxima** es una medida de la impermeabilidad de la unidad. La ladrillera Sr. Agurio Gallardo presenta una absorción máxima de 28.23% que según la norma ITINTEC 331.017, los valores máximos se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante



con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector. Tal es el caso de cisternas, jardines y albañilería de visto en zonas muy lluviosas.

El coeficiente de saturación es una medida de la durabilidad de la unidad. Los coeficientes de saturación mayores a 0.85, son demasiado absorbentes (muy porosas) y por lo tanto, poco durables (Bartolomé, 1995). Por lo mencionado anteriormente y según la Tabla N° 71, ninguna ladrillera que ha sido estudiada sobrepasa el límite de 0.85; esto significa que las unidades son durables y consecuentemente la resistencia a la intemperie no es inferior.

Tabla N° 71: Coeficientes de saturación

Ladrillera	Coeficiente de saturación
Chapacete	0.73
Señor Agurio Gallardo	0.83
Andahuaylas	0.83
Teodoro, Herrera	0.80

Fuente: Elaboración propia, 2019.



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. En función del cumplimiento de la hipótesis se determinó las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de la provincia de Ambo. Y en específico de las ladrilleras Chapacuate, Agurio Gallardo, Andahuaylas, Teodoro Herrera; con la finalidad de obtener una base de datos referencial que nos pueda servir cuando se requiera utilizar en la construcción a cualquiera de estas ladrilleras artesanales.
2. Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería. Las propiedades físicas como son: Absorción, Succión, Densidad, el Alabeo y Variabilidad dimensional. Asimismo, también se determinó las propiedades mecánicas como son: la Resistencia a compresión y la Resistencia a tracción por flexión. De todo esto se concluyó lo siguiente:
 - Ninguna ladrillera en estudio llega a las medidas especificadas por el fabricante al momento de vender (21x12x8). De las 4 ladrilleras en estudio se determinó que la ladrillera Teodoro Herrera presenta mayores variaciones en sus dimensiones ($L=0.65\%$, $A = 1.44\%$ y $H = 2.37\%$), seguida por la ladrillera Andahuaylas ($L=0.46\%$, $A=0.84\%$



y $H=1.37\%$), luego la ladrillera Agurio Gallardo ($L=0.69\%$, $A=0.88\%$ y $H=1.28\%$) y finalmente la ladrillera Chapacuate es la que menos variación presentó en sus dimensiones ($L=0.48\%$, $A = 0.43\%$ y $H = 1.12\%$). Sin embargo, todas las ladrilleras clasifican como ladrillo Tipo V según la norma E.070 de albañilería (2006).

- La ladrillera con mayor alabeo es la ladrillera Teodoro Herrera con unos valores de cóncavo = 1.70 mm y convexo con 0.53 mm; seguida por la ladrillera Andahuaylas con unos valores de cóncavo = 1.45 mm y convexo con 0.28 mm; luego la ladrillera Agurio Gallardo con unos valores de cóncavo=1.33 mm y convexo con 1.13 mm y finalmente la ladrillera Chapacuate con unos valores de cóncavo = 1.18 mm y convexo con 1.35 mm. Sin embargo, todas las ladrilleras clasifican como ladrillo Tipo V según la norma E.070 de albañilería (2006). Esto implica que, a mayor alabeo conlleva a un mayor espesor de junta. Es decir que la ladrillera Teodoro Herrera tendrá un espesor mayor a 1.5 cm. En comparación con las demás ladrilleras.

Ninguna de las ladrilleras en estudio alcanzan a la mínima resistencia que exige la norma E.070 que es de 50 kg/cm² para un ladrillo Tipo I. Siendo 41.88 kg/cm² para la ladrillera Chapacuate, 39.27 kg/cm² la ladrillera Agurio Gallardo, 38.44 kg/cm² la ladrillera



Andahuaylas y finalmente 40.52 kg/cm² en la ladrillera Teodoro Herrera. Estos valores bajos nos señalan una baja calidad para fines estructurales; es decir, una unidad poco resistente y poco durable.

- Los resultados del ensayo de tracción por flexión para cada ladrillera son 10.39 kg/cm² en Chapacuate, 8.62 kg/cm² en Agurio Gillardo, 8.46 kg/cm² en Andahuaylas y 6.27 kg/cm² en Teodoro Herrera. Su evaluación se realizó, debido a un alto alabeo que presentan las unidades de albañilería.
- La ladrillera Chapacuate y Agurio Gallardo tienen mayor densidad (1.57 gr/cm³), por lo tanto tiene un buen comportamiento de resistencia y durabilidad. Sin embargo, no tienen una buena resistencia según la Tabla N° 66 y clasifican como ladrillos tipo II según la norma ITINTEC331.017.
- En el ensayo de succión, todas las ladrilleras estudiadas sobrepasan 10 y 20 gr/200cm²/min que indica la norma E.070. Chapacuate tiene 60.23 gr/200cm²/min, Agurio Gallardo a Tiene 50.26gr/200cm²/min, Andahuaylas tiene 44.41 gr/200cm²/min y Teodoro Herrera tiene 40.04 gr/200cm²/min. Es por ello que se recomienda que las unidades de albañilería se deben de saturar media hora antes de ser asentadas.



- El ensayo de absorción si cumple solo en tres ladrilleras como son: Chapacuate con 15.49%, Andahuaylas con 19.30% y Teodoro Herrera con 14.61%. Con la norma E.070 de no sobre pasar el 22%. Sin embargo, la ladrillera Agurio Gallardo tiene una absorción de 23.50% lo cual indica que su capacidad de absorción es alta debido a que presenta mayor área de porosidad en su composición.
3. En contraste con la hipótesis, se concluye que más del 10% de los valores de cada una de las propiedades físicas y mecánicas de las ladrilleras estudiadas (Chapacuate, Agurio Gallardo, Andahuaylas y Teodoro Herrera) no cumplen con las exigencias mínimas que establece la norma E.070 de albañilería (2006).



5.2. RECOMENDACIONES

1. Continuar con los estudios de los materiales con los cuales se fabrican las unidades de albañilería para determinar las proporciones adecuadas y obtener un ladrillo de mejor calidad.
2. Realizar estudios sobre la temperatura adecuada en el proceso de cocción del ladrillo en el horno ya que es determinante en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.
3. Debido a la presencia de muchas ladrilleras artesanales e informales en la provincia de Ambo, se recomienda realizar estudios para determinar las propiedades físicas y mecánicas de esas ladrilleras y tener una base de datos que pueda ser de utilidad para las personas interesadas en elegir una ladrillera. Pero por el desarrollo del presente proyecto se recomienda a la población realizar las construcciones futuras con la fábrica de ladrillo CHAPACUETE, ya que esta ladrillera es la que más se aproxima a los valores mínimos establecidos en la NORMA E070.
4. Hacer de conocimiento público los resultados como prevención en el sector construcción, así mismo hacer de conocimiento a la autoridad local con el fin de que se adopte las medidas correctivas que correspondan.



BIBLIOGRAFÍA

1. Abanto Castillo, F. 2013. *Análisis y Diseño de edificaciones de Albañilería*. Tercera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit. San Marcos.
2. AGUIRRE Gaspar, Dionisia. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central de Junín. (Título de Ingeniero). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2004.
3. Ángel San Bartolomé. (1994). Construcciones de albañilería comportamiento sísmico y diseño estructural. Lima, Perú.
4. BONILLA Mancilla, Dante. Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez. (Título de Ingeniero). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2006.
5. Fontana Palacios, Alejandro (1999): "Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería producida con Unidades fabricadas en la Región Grau – Piura". Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.}



6. Gallegos, H. y Casabonne, C. 2005. *Albañilería Estructural*. Tercera Ed. Lima, Perú. Fondo Edit.PUCP.
7. Guía de buenas prácticas ambientales para ladrilleras artesanales.(2009).
8. MORANTE Portocarrero, Álvaro. Mejora de la adherencia mortero – ladrillo de concreto. (Título de Ingeniero). Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008.
9. PAREDES Castro, Jonathan. Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica. (Título de Ingeniero Civil).Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú,2009.
10. Parro, Carlos. (2015). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. Lima, Perú.
11. Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú en los departamentos de Puno, Cajamarca, Trujillo, Lambayeque, Piura, Ayacucho, Lima, Tacna, Arequipa y Cusco. Programa regional, Ministerio del ambiente.



12. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006. Lima, Perú.
13. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica 339.613 - Unidades de albañilería – Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2005. Lima, Perú.
14. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica 339.605 - Unidades de albañilería - Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. 2013. Lima, Perú.
15. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (Perú). Norma Técnica E.070 Albañilería, 2006. Lima, Perú.
16. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) (Perú). Norma Técnica E.070 Albañilería, 1978. Lima, Perú.



17. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (Perú). Material predominante en los exteriores de la vivienda. 2007. Lima, Perú.
18. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Riesgo sísmico en el Perú. 2011. Lima, Perú.
19. Búsqueda de imágenes consultado en la página web: <https://www.google.com.pe>, 2019.
20. Mapa de la ubicación de la Provincia de Ambo consultado en la página web: www.google.com.pe/maps/place/Ambo, 2019.
21. Tipos de ladrillo consultado en la página web: <http://www.ladrillospiramide.com/>, 2019.



ANEXOS

- Anexo A** Formato de datos.
Anexo B Panel Fotográfico.



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
*“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS
LADRILLOS EN LA PROVINCIA DE AMBO-HUÁNUCO”*



Anexo A Formato de datos.



Anexo B: Panel Fotográfico



Foto 1. Medida de la longitud de la unidad.



Foto 2. Medida del ancho de la unidad



Foto 3. Medida de la altura de la unidad.



Foto 4. Peso natural de la unidad.



Foto 5. Medida del alabeo de la unidad.

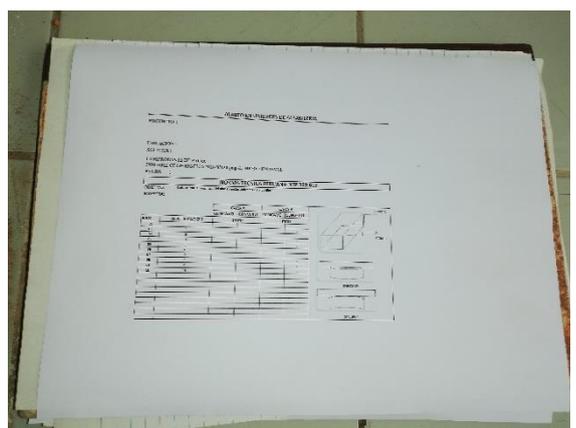


Foto 6. Formato para ingreso de datos en ensayo de alabeo.



Foto 7. Muestras para compresión refrenadas con yeso .

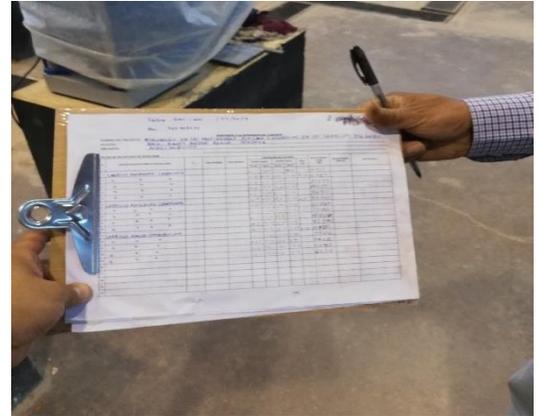


Foto 8. Formato de esfuerzo vs deformación



Foto 9. Colocación de la Muestra



Foto 10. Ensayo a compresión.



Foto 11. Falla de la ladrillera CHAPACUETE



Foto 12. Falla de la ladrillera Agurio Gallardo



**Foto 13. Falla de la ladrillera
ANDAHUAYLAS**



**Foto 14. Falla de ladrillera
Teodoro Herrera**



**Foto 15. Unidades sumergidas durante 24
horas**



**Foto 16. Extracción de unidades
sumergidas.**



Foto 17. Secado superficial de unidades.



**Foto 18. Peso de unidades
superficialmente secas**



Foto 19. Ingreso de unidades al horno de secado durante 24 horas.



Foto 20. Peso de unidades secas previamente extraídas del horno de secado



Foto 21. Balanza correctamente calibrada utilizada en los ensayos.



Foto 22. Recipiente utilizado para la saturación de unidades.



Foto 23. Reglas metálicas utilizadas para determinar el alabeo de las unidades.



Foto 24. Fábrica de ladrillos CHAPACUETE.