

# **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga**

**Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**

**Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil**



## **EFFECTOS PATOLÓGICOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL EN LA REGIÓN AYACUCHO**

**BORRADOR DE TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR:**

Bach. Joel Vicaña Pacheco

**ASESOR:**

Msc.Ing. Ángel Hugo Vílchez Peña

AYACUCHO - PERÚ

2019

# Resumen

En las ladrilleras del centro poblado de Compañía, aún existe la preparación de unidades de albañilería con partículas de roca. Así, considerando la importancia de este material para la industria de la construcción en la región Ayacucho. La presente investigación evalúa los efectos patológicos que producen las partículas de roca, al ser incorporados en las unidades artesanales de albañilería, principalmente la caliza y cuarzo, identificadas en la cantera de arcilla roja de las ladrilleras de centro poblado de Compañía. Ahora bien, se procede a fabricar un grupo de ladrillos con inclusión de partículas de roca como la caliza y cuarzo en la masa, con tamaño máximo de 2", en una proporción de una partícula de roca por ladrillo y otro grupo sin inclusión de roca, con el fin de evaluar la resistencia a la compresión ( $f' b$ ) de la unidad artesanal. Se establece que la presencia de partículas de roca en los ladrillos artesanales originan defectos, tales como: poros, fisuras y grietas, que alteran las propiedades físicas y mecánicas de la unidad artesanal. Por otra parte, existen reacciones químicas y mineralógicas en las unidades artesanales durante el proceso de cocción que originan vacíos y cambio de volumen, producto de la expansión de óxido de calcio (CaO) en la unidad artesanal. Por último, los ladrillos fabricados sin roca, tiene mayor resistencia a la compresión ( $f' b$ ) y clasifica a clase II, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 de Albañilería.

**Palabras claves :** Rocas, caliza, cuarzo, efectos patológicos, poros, fisura, grieta, resistencia, ladrillo artesanal.

# Abstract

In the brickyards of the Company's town center, there is still the preparation of masonry units with rock particles. Thus, considering the importance of this material for the construction industry in the Ayacucho region. The present investigation evaluates the pathological effects produced by rock particles, when they are incorporated into the artisanal masonry units, mainly limestone and quartz, identified in the quarry of red clay from the brickworks of the town of Company's. Now, we proceed to manufacture a group of bricks including rock particles such as limestone and quartz in the mass, with a maximum size of 2", in a ratio of one rock particle per brick and another group without inclusion of rock, in order to evaluate the resistance to compression ( $f' b$ ) of the artisan unit. It is established that the presence of rock particles in artisan bricks cause defects, such as: pores, fissures and cracks, which alter the physical and mechanical properties of the craft unit. On the other hand, there are chemical and mineralogical reactions in the artisanal units during the cooking process that originate voids and volume change, product of the expansion of calcium oxide (CaO) in the artisanal unit. Finally, the bricks manufactured without rock, has greater resistance to compression ( $f' b$ ) and classifies to class II, according to the Peruvian Technical Standard E.070 of Masonry.

**keywords:** Rocks, limestone, quartz, pathological effect, pores, fissure, crack, resistance, handmade brick.

# Introducción

Actualmente, en la región Ayacucho, se conoce muestras sobre las patologías y sus efectos en las unidades artesanales, tales como: fisuras, grietas, porosidad y la eflorescencia. Frente a ese problema que existe en las ladrilleras del centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa se plantea esta investigación. Evaluar los efectos patológicos y proponer una mejora de la calidad de la unidad de albañilería, manteniendo el sistema de producción artesanal, con la finalidad de obtener unidades con mayor resistencia y durabilidad.

La investigación considera un orden respecto de la inclusión de rocas a las unidades de albañilería, con una proporción de una partícula de roca por unidad artesanal, también, diferente peso y volumen con tamaño máximo de 2". Para evaluar los efectos patológicos que alteran las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería artesanal.

El trabajo se basa en identificar, evaluar y analizar, mediante las pruebas realizadas en campo y ensayos llevados a laboratorio, como el ensayo petrográfico y ensayo de difracción de rayos x (DRX). Además, se realiza el ensayo mecánico para la evaluación de la resistencia a la compresión en la unidad y pilas de albañilería, de igual manera, se realizan las pruebas de variación dimensional, alabeo y succión para su clasificación de la unidad artesanal.

La presente investigación es un aporte para la ingeniería de la construcción, que hacen uso este material como es el ladrillo artesanal. Así mismo, sirve de información de base documental para ingenieros, técnicos de la construcción. Esencialmente para la construcción de obras de edificación confinada.

El trabajo de investigación está organizado de la siguiente manera:

*Capítulo uno* - Planteamiento del problema: descripción del problema, delimitación del problema (se detalla la zona que se eligió para el desarrollo de la investigación), formulación del problema, justificación e importancia, limitaciones de la investigación y objetivos.

*Capítulo dos* - Marco teórico: se da a conocer los antecedentes de las investigaciones internacionales y nacionales concernientes a los efectos patológicos, se desarrolla las bases teóricas (se formulan teorías, con soluciones de propuestas

---

comprobadas, bases teóricas de las variables del estudio) y marco conceptual (fundamentación teórica de las variables consideradas en los objetivos, conceptos concernientes a la investigación).

*Capítulo tres* - Método de la investigación: se describe las etapas de desarrollo de la investigación con un enfoque cuantitativo, se muestra el diseño de investigación que es de tipo experimental, se delimita la población y muestra de estudio, se describe la hipótesis, se operacionaliza las variables, se hace uso de técnicas y la metodología para llegar al objetivo planteado en la investigación, finalmente se desarrolla el trabajo de tesis, mostrando los trabajos realizados en campo y resultados de ensayos llevados a laboratorios.

*Capítulo cuatro* - Resultados: contrastación de hipótesis, análisis e interpretación de resultados, presentan los resultados del análisis de las variables identificadas, resultados obtenidos de los ensayos de campo y laboratorio, finalmente la evaluación estadística de las etapas del trabajo de investigación.

*Capítulo cinco* - Conclusiones y recomendaciones: se presenta, según la experiencia adquirida durante el desarrollo de la presente tesis, sobre los efectos patológicos en las unidades de albañilería en relación a los objetivos planteados, además se menciona algunas futuras investigaciones.

*Referencias bibliográficas*: Se presenta información de las literaturas consultadas, citados durante el desarrollo de la tesis.

*Anexos*: contiene información complementaria.

*A mis padres y mis hermanos que me enseñaron y apoyaron para seguir adelante. Quienes han sido mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.*

# Agradecimientos

*Al Msc.Ing. Ángel Hugo Vilchez Peña, asesor de la presente tesis, por sus sugerencias, recomendaciones, apreciaciones y por brindarme la información necesaria para la formulación del presente trabajo de investigación.*

*A mis jurados el Msc.Ing. Moisés N. Barbaran Oriundo y Msc.Ing. Saúl Retamozo Fernández, por todo el apoyo y consejos brindados durante la revisión de este trabajo.*

*Agradezco también al Ing. Gregorio Leguía Damiano, por sus apreciaciones y recomendaciones de la elaboración de este trabajo de investigación.*

*A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por su contribución durante mi desarrollo académico y profesional.*

*A la Sra. Martha Jara por abrirme las puertas de la empresa fábrica de ladrillos en especial al maestro Yave Rojas Najarro, siendo parte esencial en la realización de mi tesis.*

*Finalmente, a mis amigos y compañeros de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a mis padres, por sus esfuerzos y sacrificios durante mi formación personal y profesional, que de una u otra manera han contribuido en la realización del presente proyecto de tesis.*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, JUNIO DE 2019

*Bach. Joel Vicaña Pacheco*

# Índice General

Resumen .....	ii
Dedicatoria .....	vi
Índice General .....	viii
Índice de Figuras .....	xii
Índice de tablas .....	xv
Glosarios .....	xvii
Acrónimos .....	xix
Símbolos .....	xx

## Capítulo I

<b>Planteamiento del Problema .....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema .....	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática mundial .....	1
1.1.2. Descripción de la realidad problemática nacional .....	2
1.1.3. Descripción de la realidad problemática regional .....	3
1.2. Delimitación del problema .....	6
1.2.1. Espacial .....	6
1.2.2. Temporal .....	6
1.2.3. Temática y unidad de análisis .....	6
1.3. Formulación del problema .....	6
1.3.1. Problema general .....	6
1.3.2. Problemas específicos .....	6
1.4. Justificación e importancia .....	7
1.4.1. Justificación .....	7
1.4.2. Importancia .....	8
1.5. Limitaciones de la investigación .....	8
1.6. Objetivos .....	9
1.6.1. Objetivo general .....	9
1.6.2. Objetivos específicos .....	9

**Capítulo II**

<b>Marco Teórico</b> .....	<b>10</b>
2.1. Antecedentes .....	10
2.1.1. Investigaciones internacionales .....	10
2.1.2. Investigaciones nacionales .....	12
2.2. Bases teóricas .....	13
2.3. Marco conceptual .....	16
2.3.1. La arcilla .....	16
2.3.2. El Ladrillo .....	16
2.3.3. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal .....	16
2.3.4. Patología .....	17
2.3.5. Defectos en los ladrillos .....	17
2.3.6. Roca .....	18
2.3.7. Mineral .....	18
2.3.8. Sedimentarias .....	18
2.3.9. Metamórficas .....	19
2.3.10. Metasomático .....	19
2.3.11. Rocas carbonáticas .....	19
2.3.11.1. Carbonatos .....	19
2.3.12. Relación caliza, calcita y la dolomita .....	20
2.3.12.1. Calcita .....	20
2.3.12.2. Dolomita .....	20
2.3.13. Rocas identificadas en la cantera de arcilla roja .....	21
2.3.14. Petrología .....	22
2.4. Marco legal .....	22

**Capítulo III**

<b>Método de la Investigación</b> .....	<b>24</b>
3.1. Enfoque .....	24
3.2. Alcance .....	24
3.3. Diseño de investigación .....	25
3.4. Población y muestra .....	26
3.4.1. Población .....	26
3.4.2. Muestra .....	26

3.5. Hipótesis . . . . .	26
3.5.1. Hipótesis general . . . . .	26
3.5.2. Hipótesis específicas . . . . .	26
3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional . . . . .	27
3.6.1. Operacionalización de variables . . . . .	27
3.6.2. Variables. . . . .	28
3.7. Técnicas e instrumentos . . . . .	28
3.7.1. Técnicas de gabinete . . . . .	28
3.7.2. Técnicas de campo. . . . .	28
3.7.3. Uso de técnicas y herramientas . . . . .	29
3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información . . . . .	29
3.9. Desarrollo del trabajo de tesis . . . . .	30
3.9.1. Identificación de la zona de estudio. . . . .	30
3.9.2. Ubicación y acceso . . . . .	30
3.9.3. Metodología . . . . .	32
3.9.4. Desarrollo de ensayos en campo y laboratorio . . . . .	33
3.9.4.1. Identificación y obtención de las partículas de roca . . . . .	33
3.9.4.2. Ensayo en laboratorio de Petrología . . . . .	37
3.9.4.3. Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX). . . . .	39
3.9.4.4. Proceso de elaboración de unidades artesanales . . . . .	42
3.9.4.5. Elaboración de las unidades artesanales con inclusión de rocas, tamaño máximo 2", en la masa preparada. . . . .	52
3.9.4.6. Ensayos mecánicos de la unidad de albañilería artesanal . . . . .	55

## **Capítulo IV**

<b>Resultados . . . . .</b>	<b>66</b>
4.1. Contrastación de hipótesis. . . . .	75
4.2. Análisis e interpretación . . . . .	86
4.2.1. Sobre ensayo en laboratorio de petrología. . . . .	86
4.2.2. Sobre el ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) . . . . .	86
4.2.3. Sobre los resultados de las muestras de ladrillo preparadas in situ . . . . .	87
4.2.4. Ensayos mecánicos de la unidad de albañilería artesanal . . . . .	92
4.2.4.1. Variabilidad dimensional . . . . .	92

---

4.2.4.2. Alabeo .....	92
4.2.4.3. Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_b$ ) .....	92
4.2.4.4. Resistencia a la compresión de la pila ( $f'_m$ ) .....	93
4.2.4.5. Succión.....	94
<b>Capítulo V</b>	
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>95</b>
Conclusiones .....	95
Recomendaciones .....	96
Trabajos futuros.....	97
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>99</b>
References .....	99
<b>Anexo A</b>	
.....	102
A.1. Ensayo de Difracción de Rayos x (DRX) .....	102
A.2. Tabla pruebas clasificatorias para fines estructurales .....	103
A.3. Tabla resistencia característica de la albañilería .....	104
A.4. Tabla factor de corrección de pilas por esbeltez .....	104
A.5. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería .....	105
A.6. Encuesta realizada in situ en la ladrillera artesanal de Compañía.....	106

# Índice de Figuras

Figura 1	Fisura en la unidad de albañilería. . . . .	4
Figura 2	Eflorescencia en la unidad de albañilería. . . . .	4
Figura 3	Porosidad en las unidades de albañilería. . . . .	5
Figura 4	Daños en las unidades de albañilería. . . . .	5
Figura 5	Génesis de rocas carbonáticas.. . . .	19
Figura 6	Ubicación de la zona de investigación. . . . .	30
Figura 7	Mapa de ubicación de la zona de investigación. . . . .	31
Figura 8	Diagrama de flujo de trabajo de investigación. . . . .	32
Figura 9	Busqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía. . . . .	33
Figura 10	Busqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía. . . . .	34
Figura 11	Busqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía. . . . .	35
Figura 12	Busqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía. . . . .	35
Figura 13	Limpieza de las rocas. . . . .	36
Figura 14	Limpieza de las rocas. . . . .	36
Figura 15	Ácido clorhídrico (HCl) en la caliza.. . . .	37
Figura 16	Identificación de la caliza. . . . .	38
Figura 17	Caracterización de las rocas. . . . .	38
Figura 18	Difractómetro de rayos X, Bruker D8-Focus. Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM. 39	
Figura 19	Difractómetro de rayos X, Bruker D8-Focus. Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM. 40	
Figura 20	Trituración de las partículas de roca, muestra.. . . .	40
Figura 21	Preparación en polvo de la muestra. . . . .	41
Figura 22	Preparación de las muestra. . . . .	41
Figura 23	Registro gráfico de la intensidad del haz difractado.. . . .	42
Figura 24	Diagrama de flujo, proceso de fabricación del ladrillo artesanal. . . . .	43
Figura 25	Proceso de extracción de arcilla. . . . .	44
Figura 26	Proceso de extracción de puzolana. . . . .	44
Figura 27	Proceso de extracción de arcilla negra. . . . .	45

Figura 28	Proceso de mezclado.....	46
Figura 29	Proceso de amasado. ....	46
Figura 30	Proceso de moldeado. ....	47
Figura 31	Proceso de Secado al aire libre.....	48
Figura 32	Proceso de Secado arrumado. ....	48
Figura 33	Uso de carbón mineral en la cocción para la fábrica de ladrillo artesanal. ...	49
Figura 34	Uso de la leña en la cocción para la fábrica de ladrillo artesanal.....	50
Figura 35	Equipo de bomba para acelerar encendido del fuego en el horno para la fábrica de ladrillo artesanal. ....	50
Figura 36	Proceso de selección, descarga y almacenamiento.....	51
Figura 37	Proceso de selección, descarga y almacenamiento.....	51
Figura 38	Inclusión de partículas de roca de tamaño máximo de 1" a 2" en la masa....	53
Figura 39	Inclusión de partículas de roca de tamaño máximo de 1" a 2" en la masa....	54
Figura 40	Unidad artesanal preparada in situ. ....	55
Figura 41	Ensayo de variación dimensional. ....	56
Figura 42	Ensayo de alabeo de la unidad. ....	57
Figura 43	Unidad de albañilería artesanal.....	57
Figura 44	Rotura de la unidad artesanal. ....	59
Figura 45	Rotura de la unidad artesanal. ....	60
Figura 46	Rotura de la unidad artesanal. ....	60
Figura 47	Pilas de albañilería. ....	61
Figura 48	Muestra pila de albañilería .....	61
Figura 49	Rotura de las pilas de albañilería. ....	63
Figura 50	Rotura de las pilas de albañilería. ....	64
Figura 51	Ensayo succión de la unidad.....	65
Figura 52	Caracterización de rocas, tamaño máximo 2" .....	66
Figura 53	Caracterización de rocas, tamaño máximo 2" .....	67
Figura 54	Difractograma de la muestra M2018-003-001-diabasa-caliza. ....	69
Figura 55	Difractograma de la muestra “M2018-003-001-diabasa-caliza” con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.....	70
Figura 56	Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	77
Figura 57	Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	79
Figura 58	Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	81
Figura 59	Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	83
Figura 60	Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.....	85

---

Figura 61	Resultado densidad vs Resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) de la unidad artesanal	87
Figura 62	Resultado densidad vs Resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) de la unidad artesanal	88
Figura 63	Diagrama de flujo de la desintegración de la caliza en la unidad artesanal. . .	89
Figura 64	Efectos de la desintegración de la caliza en la unidad artesanal. . . . .	89
Figura 65	Efectos originadas por la inclusión de roca, con tamaño máximo de 2", en las unidades artesanales . . . . .	90
Figura 66	Defectos originados por la inclusión de roca en las unidades artesanales. . .	91
Figura 67	Diagrama de flujo de la desintegración del cuarzo en la unidad artesanal. . .	91
Figura A.1	Difractograma de la muestra "roca-caliza", antes de la mezcla. . . . .	102
Figura A.2	Difractograma de la muestra "roca-diabasa", antes de la mezcla. . . . .	103

# Índice de tablas

Tabla 1	<i>Patologías en ladrillos cerámicos para la construcción.</i> . . . . .	12
Tabla 2	<i>Curado específico para los diferentes tipos de eflorescencias.</i> . . . . .	15
Tabla 3	<i>Diseño de investigación</i> . . . . .	25
Tabla 4	<i>Operacionalización de variables identificadas.</i> . . . . .	27
Tabla 5	<i>VARIABLES e Indicadores.</i> . . . . .	28
Tabla 6	<i>Resumen de técnicas y herramientas.</i> . . . . .	29
Tabla 7	<i>Peso de las rocas, tamaño máximo 2".</i> . . . . .	52
Tabla 8	<i>Identificación de unidades de rotura.</i> . . . . .	59
Tabla 9	<i>Identificación de Pilas de albañilería.</i> . . . . .	63
Tabla 10	<i>Temperatura de reacción de las rocas.</i> . . . . .	67
Tabla 11	<i>Resultados del ensayo DRX.</i> . . . . .	68
Tabla 12	<i>Datos del ensayo variación dimensional.</i> . . . . .	71
Tabla 13	<i>Datos del ensayo variación dimensional.</i> . . . . .	71
Tabla 14	<i>Resultado ensayo alabeo</i> . . . . .	72
Tabla 15	<i>Resultado ensayo alabeo</i> . . . . .	72
Tabla 16	<i>Datos de ensayo resistencia a la compresión de la unidad (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	72
Tabla 17	<i>Datos de ensayo resistencia a la compresión de la unidad (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	73
Tabla 18	<i>Resistencia <math>f_b^f</math> de la unidad de albañilería en (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	73
Tabla 19	<i>Resultado ensayo de resistencia a la compresión de la pila en (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	73
Tabla 20	<i>Resultado ensayo de resistencia a la compresión de la pila en (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	73
Tabla 21	<i>Resistencia (<math>f_m^f</math>) de la pila de albañilería en (kg/cm<sup>2</sup>)</i> . . . . .	74
Tabla 22	<i>Resultado del ensayo de succión</i> . . . . .	74
Tabla 23	<i>Resultado del ensayo de succión</i> . . . . .	74
Tabla 24	<i>Frecuencia observada y esperada, hipótesis general.</i> . . . . .	75
Tabla 25	<i>Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 1.</i> . . . . .	77
Tabla 26	<i>Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 2.</i> . . . . .	79
Tabla 27	<i>Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 3.</i> . . . . .	81
Tabla 28	<i>Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 4.</i> . . . . .	83
Tabla 29	<i>Descripción de la eflorescencias.</i> . . . . .	90

---

Tabla 30	<i>Descripción de los poros, fisuras y grietas.....</i>	91
Tabla 31	<i>Resultado del ensayo variación dimensional (L).....</i>	92
Tabla 32	<i>Resultado del ensayo variación dimensional (M).....</i>	92
Tabla 33	<i>Resistencia característica (<math>f'_b</math>) de la unidad de albañilería en (<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>) ....</i>	93
Tabla 34	<i>Resistencia característica a la compresión (<math>f'_m</math>) de la pila de albañilería en (<math>\text{kg}/\text{cm}^2</math>).....</i>	94
Tabla A.1	<i>Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales. ....</i>	103
Tabla A.2	<i>Resistencia característica de la albañilería. ....</i>	104
Tabla A.3	<i>Factores de corrección de <math>f'_m</math> por esbeltez. ....</i>	104
Tabla A.4	<i>Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería. ....</i>	105

# Glosarios

**Albañilería** Materia estructural conformada por unidades de albañilería de características definidas, asentadas, unidos con morteros especificados.

**Artesanal** Todo aquel producto que es elaborado a través de técnicas tradicionales o manuales, sin que intervenga un proceso industrial. También hace referencia a todo aquello que indique oficio artesanal, proceso artesanal y tradición artesanal.

**Cal viva** Sustancia alcalina blanca, ligera y cáustica, que en contacto con el agua se hidrata y desprende calor; se emplea en la fabricación de abonos, cementos y materiales refractarios.

**Calcina** Es el proceso de calentar una sustancia a temperatura elevada, (temperatura de descomposición), para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química. El proceso, que suele llevarse a cabo en largos hornos.

**Caliza** Es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita ( $MgCO_3$ ) y otros carbonatos

**Cristalización** En términos generales la cristalización responde a un proceso utilizado en química, de solidificación partiendo de un gas, líquido o incluso de una disolución (de iones, átomos o moléculas), que se enlazan hasta lograr formar una red cristalina. También se puede decir, que es la operación por medio de la cual se separa un componente de una disolución líquida para ser transferido a la fase sólida. En otras palabras, es el proceso inverso al de la disolución.

**Difracción de rayos x** Es un método de ensayo para el análisis químico de una muestra, que identifica por fases.

**Eflorescencia** Se trata de un fenómeno que se produce en la superficie exterior de los cerramientos y consiste en la recristalización de sales que pertenecen al mismo cerramiento distribuidas mediante disolución con el agua que los atraviesa y una evaporación posterior al llegar a la superficie.

**Figuración** Representa de una forma detallada la apariencia externa de los objetos, tratando

de imitar sus rasgos, proporciones, colores y texturas.

**Fluorescencia de rayos X** Es un método de ensayo para el análisis elemental y análisis químico de una muestra.

**Fundente** Sustancia que se añade a otra para facilitar la fusión de esta última.

**Grupo de control** Muestra de ladrillo elaborado sin inclusión de rocas.

**Grupo experimental** Muestra de ladrillo elaborado con inclusión de rocas.

**Hidratación** Es una reacción química en la que se produce la incorporación de agua a un compuesto.

**Mampostería** Sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos).

**Microscopía electrónica de barrido** ensayo de producción de imagen de alta resolución de una muestra, proporcionando información de su forma, textura y composición química.

**Nódulo** Concreción o dureza que se forma en cualquier materia, especialmente en las rocas.

**Oquedad** Espacio hueco en el interior de un cuerpo sólido.

**Percusión** Acción de percutir o dar golpes, es la acción y efecto de percutir (dar golpes repetidos).

**Plasticidad** Propiedad que tiene un material de ser moldeado o trabajado para cambiarlo de forma.

**Quemado** Que se ha quemado o que se está quemando.

**Resistencia** Es un término que se aplica a la capacidad física que tiene un cuerpo de aguantar una fuerza de oposición por un tiempo determinado, sea esta fuerza cualquier agente externo al cuerpo que intente impedir la finalización de esta labor.

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

**Sismo Severo** Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalente al doble de los valores producidos por el “sismo moderado”, es aquél que origina el agrietamiento diagonal de los muros portantes hechos de albañilería.

**Violáceo** Se dice del color que está entre el rojo fuerte y el azul.

# **Acrónimos**

**ASTM** : American Society of Testing Materials

**DRX** : Difracción de Rayos X

**FRX** : Fluorescencia de Rayos X

**KK** : King Kong artesanal sólido

**MEB** : Microscopía Electrónica de Barrido

**NTP** : Norma Técnica Peruana

**SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences

# Símbolos

<b>CaO</b>	Óxido de calcio
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de hierro
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Óxido de silicio
<b>H</b>	Altura de la unidad ensayada [cm]
<b>A</b>	Ancho de la unidad ensayada [cm]
<b>CV</b>	Cara convexa de la unidad ensayada
<b>CC</b>	Cara cóncava de la unidad ensayada
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de calcio
<b>CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	Carbonato de calcio y magnesio
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de magnesio
<b>σ</b>	Desviación estándar [ <i>kg/cm<sup>2</sup></i> ]
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>L</b>	Largo de la unidad ensayada [cm]
<b>PM-1</b>	Muestra de pilas conformado con unidad fabricado con inclusión de rocas
<b>PL-1</b>	Muestra de pilas conformado sin unidad fabricado con inclusión de rocas
<b>M-1</b>	Muestra de unidad fabricado con inclusión de rocas
<b>L-1</b>	Muestra de unidad fabricado sin inclusión de rocas
<b><i>f<sub>b</sub></i></b>	Resistencia característica a compresión de la unidad de albañilería [ <i>kg/cm<sup>2</sup></i> ]
<b><i>f<sub>m</sub></i></b>	Resistencia característica a compresión de pilas de Albañilería [ <i>kg/cm<sup>2</sup></i> ]
<b>S</b>	Succión de la unidad ensayada [g]
<b>CaSO<sub>4</sub></b>	Sulfato de calcio

# Capítulo I

## Planteamiento del Problema

---

### 1.1 Descripción del problema

#### 1.1.1 Descripción de la realidad problemática mundial

El ladrillo constituye una alternativa de mayor aceptación como material de construcción en casi todos los países. En las construcciones de albañilería, las técnicas y sobre todo la calidad de ladrillos de arcilla, varían a nivel mundial, por la calidad de la materia prima, por los procesos de selección, moldeo, secado y cocción; y principalmente por el tipo de proceso de producción, como el caso de los ladrillos artesanales.

El ladrillo, un producto de cerámica usado desde tiempos antiguos, es todavía valorado por su fácil disponibilidad de recursos, resistencia a cargas, estrés ambiental y su calidad estética (Coletti, Cultrone, Maritan & Mazzoli, 2016). Además, el ladrillo es considerado como uno de los materiales de construcción más preciados de la civilización moderna, debido a su bajo precio y sigue siendo una alternativa para las industrias de construcción por su relación costo beneficio, convirtiéndolo en el material más popular en países del tercer mundo (Sikder, Begum, Parveen & Hossain, 2016). Adicionalmente, el ladrillo ha sido usado ampliamente como un importante material en la construcción debido a su resistencia a la intemperie, seguridad, flexibilidad y resistencia (Ukwatta, Mohajerani, Setunge & Eshtiaghi, 2016). Aproximadamente el 87 por ciento de los 1500 billones de ladrillos de arcilla producidos anualmente son hechos en Asia y China, representando dos tercios de la producción global de ladrillo (Weyant et al., 2014). Debido al volumen de producción de ladrillos a nivel global y al uso de fuentes de energía en los hornos, diversas normatividades ambientales han sido requeridas para la regulación en los diferentes procesos de producción de este material.

## 1.1.2 Descripción de la realidad problemática nacional

Las edificaciones en mayor porcentaje en el país es de albañilería confinada, donde se hace uso de los ladrillos artesanales que presentan defectos en sus características físicas y mecánicas como las grietas, fisuras, deformaciones, problemas de porosidad y fenómeno de eflorescencia, estos daños en conjunto afectan la resistencia y la calidad de los ladrillos artesanales.

Se presenta las investigaciones realizadas de las unidades de albañilería y se tiene la resistencia a la compresión, obtenidas en las diferentes áreas geográficas a nivel nacional, mostrando de esta manera la realidad en que se encuentra los ladrillos, usados en la construcción de edificaciones durante estos últimos décadas, observadas en el país.

Las investigaciones de Alejandro Fontana, 1999 (Comportamiento estructural de las unidades de albañilería de arcilla cocida fabricadas en el departamento de Piura.) muestra una resistencia de unidad artesanal entre  $35.31 \text{ kg/cm}^2$  a  $90.22 \text{ kg/cm}^2$  en la región Grau-Piura, Dionisia Aguirre, 2004 (evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín) reporta valores entre  $31.00 \text{ kg/cm}^2$  a  $46.16 \text{ kg/cm}^2$  en la región Junín, Wilson Arquíñigo, 2011 (propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco) alcanzan resistencias a compresión de unidades de  $140.68 \text{ kg/cm}^2$  y  $70.95 \text{ kg/cm}^2$ , clasificando como tipo IV y II, respectivamente en Huánuco, Abelino Mego, 2013 (evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos King Kong producidos en el sector de fila alta-Jaén) con una resistencia de unidad artesanal  $39.81 \text{ kg/cm}^2$  en Cajamarca, Joyce Barranzuela, 2014 (proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura) con valores que oscilan entre  $50 \text{ kg/cm}^2$  y  $\text{kg/cm}^2$  en Piura. De esta manera se observa variados resistencias a la compresión.

La investigación de Vásquez Montenegro, 2016 (Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, bamba-marca, Cajamarca 2016) muestran las unidades de la ladrillera artesanal en Cajamarca, con una resistencia de unidad artesanal de  $76.62 \text{ kg/cm}^2$  siendo considerado como ladrillo Tipo II y unidades de  $102.00 \text{ kg/cm}^2$ , clasificando como tipo III en Cajamarca. La investigación de Guerra Paucar, 2017 (Calidad de las unidades de albañilería de arcilla según norma E.070

en la provincia de Chiclayo) muestran las unidades de la ladrillera artesanal Culpón, con una resistencia de unidad artesanal de  $72.58 \text{ kg/cm}^2$  siendo considerado como ladrillo Tipo II, en la provincia de Chiclayo.

Según los organizadores de Limápolis, la precariedad de las barriadas es un problema que no podemos seguir eludiendo. Los riesgos son múltiples: contaminación, falta de áreas verdes, déficit de equipamiento urbano. Pero lo que más preocupa es la vulnerabilidad ante los desastres. Si ocurriera en Lima un terremoto de magnitud 8, se derrumbarían 200 mil viviendas y otras 350 mil quedarían dañadas, según el PLAM 2035. Los distritos más golpeados serían aquellos donde primó la autoconstrucción como Villa El Salvador o Ventanilla (Leguía, 2018).

### 1.1.3 Descripción de la realidad problemática regional

La demanda de la unidad de albañilería se ve en aumento en estos últimos años, haciendo un uso mayor de este material, de esta manera los ladrillos fabricados en la región Ayacucho, tiene un uso intensivo en las edificaciones, Sin embargo, aún no se cuenta con información técnica sobre la composición para la elaboración de la unidad artesanal que se produce en la zona de investigación; como consecuencia, se toma el riesgo de tener ladrillos elaborados con defectos patológicos, por tanto, edificaciones no seguras ante un futuro sismo severo, propensas a graves fallas estructurales en los muros de albañilería (Alfaro, 2007).

Actualmente el ladrillo artesanal fabricado en la región Ayacucho, no cuenta con investigaciones sobre los efectos patológicos que los producen, su origen y su causa, pero hasta la fecha se conoce las investigaciones de Luis Alfaro, 2007 con una resistencia de unidad artesanal  $69 \text{ kg/cm}^2$  y Gregorio Leguía, 2018 con una resistencia de  $81.54 \text{ kg/cm}^2$ , sin embargo, esto se relaciona con las características físicas y mecánicas, que dependen de las patologías que puedan existir en las unidades de albañilería.

Frente a esa problemática relacionado a las ladrilleras del distrito de Pacaycasa específicamente en el centro poblado de Compañía, se plantea esta investigación.

Para contrastar los efectos patológicos se tiene las siguientes características que se observa en las figuras 1, 2, 3 y 4:

- a) Presencia de fisuras en la unidad debido a efectos patológicos.
- b) Presencia de manchas blancas producto de la cal depositada en la unidad que sale a su superficie por contacto con la humedad.
- c) Deterioro de la superficie de la unidad, debido a exceso de porosidad.
- d) Presencia de oquedad en la unidad, producto de vacíos y la intemperie.



**Figura 1** Fisura en la unidad de albañilería.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2** Eflorescencia en la unidad de albañilería.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Porosidad en las unidades de albañilería.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 4** Daños en las unidades de albañilería.  
Fuente: Elaboración propia

## **1.2 Delimitación del problema**

### **1.2.1 Espacial**

Ubicado en el centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa, región Ayacucho.

### **1.2.2 Temporal**

La investigación se realiza a partir, octubre de 2018 hasta marzo de 2019

### **1.2.3 Temática y unidad de análisis**

La unidad de análisis es el estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en el centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa, región Ayacucho. Evaluados en unidades artesanales King Kong sólido de la fábrica artesanal de la Sra. Martha Jara.

## **1.3 Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema general**

¿De qué manera el estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, serán un factor para mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho?

### **1.3.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo la evaluación de los efectos patológicos podrá ayudar a mejorar la calidad en unidades artesanales en la región Ayacucho?
- b) ¿De qué manera el análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico ayudara a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal?
- c) ¿De qué manera la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX) ayudaran a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal?
- d) ¿Cómo la evaluación de ensayo mecánico permitirán conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal?

## 1.4 Justificación e importancia

### 1.4.1 Justificación

Es conveniente realizar dicha investigación debido al crecimiento de la industria de auto construcción y construcción en la región Ayacucho, existe la necesidad y exigencia del uso del ladrillo artesanal y para garantizar construcciones seguras, es necesario avanzar hacia el uso más eficiente, lo cual hace necesario que se implementen nuevas soluciones, pues parten de la misma necesidad de mejorar la resistencia y la calidad de la unidad de albañilería.

La necesidad de realizar esta investigación es conocer los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal. Principalmente es demostrar las partículas de roca que se encuentran en la materia prima y los efectos que producen durante la fabricación y la obtención de la unidad artesanal.

Cuando en una unidad de albañilería se aprecia una patología, como por ejemplo grietas, fisuras, la eflorescencia, humedades, desprendimientos, estos tienen su origen debido a que sufren procesos patológicos que ha sido originado por una o varias causas, por lo tanto, para ello, se deberá primeramente realizar una evaluación, es decir, llegar a una conclusión de cuál o cuáles son los procesos patológicos que sufren, así como sus orígenes, su evolución y su estado actual.

El diagnóstico es llegar a unas conclusiones que determinen la causa que han ocasionado esas patologías. De esta manera, en la investigación se deberá acudir a pruebas realizadas en campo y resultados de ensayos llevados a laboratorios, llegar a su origen, o la causa. Una vez se conozca el estudio patológico, este permitirá establecer tanto la estrategia de la prevención, con el fin de solucionar la causa o causas que la han producido y una vez resueltas estas, reparar las patologías que se habían ocasionado y que afectaban gravemente a la unidad de albañilería de tal forma que se prevenga la aparición de nuevo de dichas patologías, evitando así que los defectos presentadas puedan dañar la unidad artesanal.

### **1.4.2 Importancia**

Esta investigación es de suma importancia porque tiene por finalidad de encontrar los efectos patológicos y la evaluación de las partículas de roca presentes en la masa, que se usa para la elaboración de la unidad artesanal, con pruebas realizadas en campo y ensayos llevados a laboratorios, cuyos resultados es demostrar las patologías que existen en las unidades artesanales.

Esta investigación será un aporte para servir de base documental para la información de conocimiento sobre sus contenidos, dirigidos preferentemente a profesionales, técnicos de la construcción, de diferentes titulaciones universitarias que tengan relación con dicho trabajo y las obras de edificación.

Por lo tanto, una investigación sobre el estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo es fundamental porque da nuevas soluciones para mejorar la resistencia y la calidad del ladrillo artesanal para las futuras edificaciones.

## **1.5 Limitaciones de la investigación**

La presente tesis de investigación se limita a evaluar las partículas de roca encontradas en la arcilla roja y sus efectos producidos en las unidades artesanales, estudiadas en la ladrillera artesanal de la localidad de Compañía, distrito de Pacaycasa.

La investigación se limitará a ejecutar ensayos petrográficos para la caracterización de las partículas de roca y el ensayo de difracción de rayos x (DRX) para conocer la composición química de las mismas encontradas en la cantera de arcilla roja.

La investigación se limitará a ejecutar ensayos de variación dimensional, alabeo y succión, las pruebas de resistencia a la compresión simple en unidades y finalmente las pruebas resistencia a la compresión de pilas.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Mejorar la calidad de unidad artesanal, mediante el estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas en la región Ayacucho.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- a) Evaluar los efectos patológicos en unidad artesanal en la región Ayacucho.
- b) Analizar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, mediante ensayo petrográfico.
- c) Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX).
- d) Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal por medio de ensayo mecánico.

# Capítulo II

## Marco Teórico

---

### 2.1 Antecedentes

El estudio de los efectos patológicos que existen en la fabricación de las unidades artesanales, llevados a nivel experimental mediante los ensayos de campo y laboratorios, asido estudiado por algunos investigadores.

#### 2.1.1 Investigaciones internacionales

La principal característica de esta investigación es la inclusión de caliza para probar las roturas indicando así que todas las calizas no son igualmente peligrosas. Cuando las calizas poseen gran cantidad de impurezas en estado de fina división, durante la cocción sé produce una sustancial cantidad de reacción y en consecuencia, queda menos cal libre y ésta es menos activa. Las calizas más puras, sobre todo si se hallan en grano grueso, son mucho más peligrosas. Las arcillas, por su parte, también ofrecen comportamientos distintos a la rotura por caliche, bien sea por las mejores o peores características mecánicas que son capaces de desarrollar durante la cocción, o bien por su mayor o menor capacidad de reacción con la cal. Estos peculiares comportamientos de las distintas clases de arcillas y calizas hace que sea difícil dar al problema del caliche unas soluciones universalmente válidas (Verduch, 1963).

Explica las patologías como los defectos producidos durante la preparación y moldeo que son debidos al caliche, esto se debe al aumento de volumen de la cal viva ( $\text{CaO}$ :óxido de calcio), contenida en la pasta arcillosa. Los defectos producidos durante el proceso de secado son las fisuraciones y grietas que se producen como consecuencia de un secado demasiado rápido, o de una cocción de las piezas cuando no han completado el ciclo de secado y las deformaciones se producen cuando el proceso de secado no es uniforme dependiendo, por ejemplo, de

la posición de la pieza en secadero, del flujo de aire caliente. Los defectos producidos durante la cocción son la disminución de la resistencia mecánica al no estar correctamente cocido el material (por no alcanzar la temperatura o no estar el tiempo suficiente) se producirán deformaciones y no se alcanzará la resistencia mecánica prevista, las microfisuraciones se producen si el contenido de cuarzo es elevado o se pasa bruscamente por la temperatura de 573°C se producen microfisuraciones alrededor de cada grano de cuarzo. (Es cambio de fase de cuarzo de baja temperatura alfa a cuarzo de alta temperatura beta) y las deformaciones al igual que durante el secado, las piezas pueden deformarse o fisurarse si han fabricado con arcilla excesivamente plástica (Lopez, Rodriguez, Santa Cruz, Torreño & Ubeda, 2004).

El investigador analiza los defectos que comúnmente se presentan en la fabricación de ladrillos y tejas, se incluye las causas y medidas para prevenirlo. Trata principalmente de: grietas y deterioros en la fabricación, durante el secado, durante la cocción y en ladrillos y tejas terminados; deformaciones durante el secado y la cocción, defectos de colorido y otros que no se pueden determinar inmediatamente en los productos terminados (Splinger, 1954).

Otra investigación, menciona que durante la fabricación del ladrillo Su proceso es complejo y, si no se observan unas condiciones de calidad, se pueden producir las lesiones siguientes: como los Caliches: son concentraciones de óxido de cal que aparecen en los ladrillos; cuando la pieza se moja en agua, aumenta su tamaño, lo que puede dañarla. Cuando en la fabricación del ladrillo hay deficiente preparación y moldeo, se produce el caliche, que constituye nódulos de caliza poco triturada en el proceso. El principal problema estriba en la detección, pues sólo se puede apreciar en la superficie del ladrillo, y se manifiesta en la fábrica, pasados unos tres o cuatro meses de haberse ejecutado. Se manifiesta más rápidamente en verano que en invierno. Debido a la dificultad de solución, se aconseja comprar el material a fabricantes de calidad y a los que se puede exigir el certificado de calidad. Las Exfoliaciones: si se utilizan arcillas excesivamente plásticas, se producen exfoliaciones y roturas frágiles en las piezas. También se las conoce como “erosiones”. Otra patología es durante la Cocción de los ladrillos: los defectos por cocción pueden originarse por dos motivos: que el horno no alcance la temperatura necesaria o que el ladrillo esté menos tiempo del requerido para su cocción. En estos casos no se forman las fases vítreas ni se alcanzan las resistencias mecánicas adecuadas (Tejela, Navas & Machin, 2013).

## 2.1.2 Investigaciones nacionales

La investigación ha consistido en el acopio de muestras de ladrillos con defectos más comunes y frecuentes llegando a la conclusión que en los ladrillos de dicha zona se identificaron seis defectos comunes, de los cuales tres corresponden a patologías ocasionadas por la materia prima y los otros tres a una deficiencia de fabricación. Dicha investigación se realizó en las ladrilleras de la localidad de Compañía, distrito de Pacaycasa en la región de Ayacucho (Inga, 2004).

**Tabla 1** *Patologías en ladrillos cerámicos para la construcción.*

Componente	Patologías ocasionadas por la materia prima	
	Patología 2	Patología 3
Tipificación de patología	Desconchado por pirita.	Desconchado por caliche
Modo de presentación	En el interior presentan un crater con un nódulo de pirita oxidada de color marrón hasta negro grisáceo.	En el interior presentan un crater con un nódulo blanquecino. Se presentan durante el almacen del ladrillo cocido y/o en la obra.
Motivo	Presencia de partículas de pirita	Presencia de calcita, dolomita o carbonatos dobles. Deficiente homogeneización de las pasta cerámica.
Efectos	Disminuye la resistencia mecánica. Hay microfisuras. Mala presentación para ser comercializados.	Mala presentación del producto. Rajaduras e incluso fragmentación de la pieza.
Prevención	Meteorización de la materia prima. Lograr una buena homogeneización de los componentes. Mejorar las condiciones de cocción de la pieza (en tiempo y temperatura).	Prescindir con materias primas con alto contenido de carbonatos(>10 %).

Fuente: Adaptado de (Inga, 2004)

Los principales defectos que podemos advertir en los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Huánuco son, la cocción muy diferenciada entre los ladrillos ubicados en la parte central y superior del horno, así como grietas originadas por contracciones de secado. En tal sentido las propuestas que planteamos están orientadas a controlar las contracciones de secado (con inclusión de 10% de aserrín en la composición del crudo) así como a uniformizar el grado de cocción (con inclusión de vacíos en la cara de asiento manteniendo el molde manual) (Arquíñigo, 2011).

Se evaluó 10 unidades que se secaron en el horno de 100°C a 110°C por un periodo de 24 horas. Al evaluar la eflorescencia se encontró que es más en la zona de La Huaca. Esto confirma la condición de la materia prima observada en este lugar, con presencia evidente de salitre. Sin embargo, todas las zonas presentan algo eflorescencia (Barranzuela, 2014).

## 2.2 Bases teóricas

La base teórica es referente a la evaluación de los efectos patológicos en general, que se generan en las propiedades físicas y mecánicas de la unidad artesanal.

(Verduch, 1963). La composición de la arcilla ha de ser tal que sin recurrir al empleo de elaboradas técnicas de preparación y moldeo, ni al empleo de aditivos, ni a cocciones demasiado elevadas, permita la fabricación de ladrillos de buenas propiedades físicas y exentos de defectos.

El mismo (Verduch, 1963). Dice, al mismo tiempo, la arcilla debe dar, en condiciones normales de cocción, unos ladrillos de colores aceptables. Los ladrillos han de ser capaces además de mantener por mucho tiempo las buenas características que poseen a la salida del horno, aunque se les asignen duras condiciones de servicio. Nos referimos a la ausencia de excesivos hinchamientos por humedad, de roturas retardadas causadas por caliche, de eflorescencias, de desintegración por ciclos de helada, etc. De muchos de estos defectos son responsables los minerales accesorios y las sustancias solubles existentes en la arcilla o formadas durante la cocción.

(Bianucci, 2009). Es común también que entre otros componentes se encuentre el carbonato de calcio (caliza o caliches) que si las partículas son grandes luego de la cocción se convierte en óxido de calcio (cal) que al hidratarse con agua produce oquedades o roturas en el material, que desmerecen su calidad.

(Rincón & Romero, 2001). Dice, si las materias primas son ricas en carbonatos de calcio y/o de magnesio se favorece aún más la formación de sales de sulfatos, especialmente si existe Carbonato de Magnesio ( $MgCO_3$ ). Si además, existe cierto grado de humedad en las materias primas utilizadas, la tendencia a la eflorescencia aumenta.

(Cultrone, De la Torre, Sebastián & Navarro, 2000). Mencionan, la acción fundente de los carbonatos (calcita y dolomita) durante el proceso de cocción está asociada a la reducción de

la temperatura de sinterización, básicamente porque estos minerales influyen en las transformaciones mineralógicas que tienen lugar en los minerales de arcilla durante su tratamiento térmico.

(Cultrone et al., 2000). Las dosis de carbonatos de calcio y magnesio más usadas en la práctica según la literatura están siempre en el rango 15%-35 % en relación al peso de la arcilla. En todos estos casos para temperaturas de quema entre 900-1000°C se reportan caídas de la resistencia a compresión producidos por el aumento de la porosidad. Esta porosidad viene de la presencia de grietas por la expansión del óxido de calcio sin combinar cuando se hidrata, y de la misma estructura porosa del óxido de calcio que se forma.

(Osuna, 1998). Afirma, cuando las arcillas contienen como impurezas carbonatos de calcio o de magnesio, muestran gran tendencia a aumentar su contenido en sulfatos por cocción en atmósferas sulfurosas. Las arcillas que contienen estas impurezas pueden dar ladrillos muy eflorescentes si se cuecen en las mencionadas atmósferas. El carbonato de magnesio en las materias primas es especialmente peligroso a este efecto.

(Verduch, 1963). Si la caliza aparece en grandes bloques y está netamente diferenciada de la arcilla, la solución más inmediata es evitar que dichas piedras entren en el ciclo de fabricación del ladrillo. Si, por el contrario, la caliza se halla mezclada con la arcilla en un grado mayor de división, entonces es aconsejable el extremar su molienda. En general, la caliza de grano fino es menos peligrosa que la de grano grueso.

(Bianucci, 2009). Afirma, que son las pequeñas piedras calizas, (carbonato cálcico) contenidas en la arcilla, que por efecto de la cocción se convierte en óxido cálcico (cal). Al ser un elemento ávido (deseo de tener algo) de agua, con el tiempo, aumenta su volumen y de acuerdo a su tamaño rompe el material produciendo oquedades en la superficie. Si el tamaño del caliche es de 5mm o menor se considera que la expansión de la partícula no producirá efectos negativos.

El mismo (Bianucci, 2009). Dice, las eflorescencias son manchas blanquecinas que aparecen

en la superficie del ladrillo, producidas por la cristalización de sales solubles. Estas sales contenidas en el conjunto del mortero y ladrillo, por efecto del agua, salen en forma de solución salina hacia el exterior por los capilares y por evaporación se cristalizan. En los ladrillos pueden existir sales solubles, cuyo origen puede estar en las arcillas que lo componen o en los combustibles empleados para la cocción. Siendo el más poroso de los componentes de la mampostería provoca la aparición de manchas blanquecinas.

**Tabla 2** *Curado específico para los diferentes tipos de eflorescencias.*

Color	Naturaleza	Método de curado
Blancas	Sulfato	Cepillado y lavado con agua pura.
		Lavado con jabon sódico al 1%.
	Carbonato	Lavado con agua limpia.
		Lavado con ácido clorhídrico al 1:5 ó 1:10.
	Sulfato y Carbonato	Tratamiento con siliconas para impermeabilizar el ladrillo, pero no es recomendable cuando las sales provienen del suelo.
	Amarillo Verdoso	Vanadio
Lavar con agua destilada y solución diluida de soda cáustica, NaOH.		
Se puede usar también una papilla de Bentonita y HCl al 10% depositada sobre la superficie de los ladrillos ( nunca sobre el mortero) y posterior cepillado en seco (procedimiento caro, pero eficaz).		
No vanadio		Se recomienda usar una solución de ácido acético diluido 15 veces y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> de volumen.

Fuente: Adaptado de (Rincón & Romero, 2001).

La Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería menciona las siguientes aceptaciones de la unidad artesanal.

- a) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- b) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- c) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fisuras, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- d) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

## 2.3 Marco conceptual

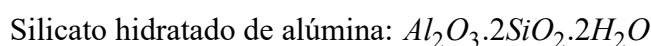
Para este trabajo de investigación, se precisan las variables identificadas en los objetivos y las principales definiciones para complementar y ampliar el conocimiento del mismo, con conceptos concerniente al desarrollo de este trabajo experimental.

### 2.3.1 La arcilla

Material sedimentaria descompuesta, compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos y otros ingredientes.

Genéticamente este material arcilloso de centro poblado de Compañía, está asociado a depósitos Lacustres (depósitos Pleistocénicos) y estratigráficamente, se ubica en el tope de la formación Ayacucho, ubicándose de esta manera los actuales depósitos (Alfaro, 2007).

Fórmula química de la arcilla:



### 2.3.2 El Ladrillo

Pieza cerámica, generalmente ortogonal, obtenida por preparación, moldeo, secado, cocción y enfriamiento a altas temperaturas de una pasta compuesta de arcilla, cuyas dimensiones suelen variar 22 cm x 12 cm x 9 cm. Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques.

### 2.3.3 Proceso de fabricación del ladrillo artesanal

#### 1° Preparación y moldeo

La arcilla extraída en la cantera hay que convertirla en una masa adecuada que consiste en conseguir una perfecta homogeneización de la materia prima para la operación de moldeo en forma de ladrillos. Lo que se consigue con el moldeo es dar al producto una configuración externa. El moldeo tiene repercusión en los procesos subsiguientes por lo que debe cuidarse y controlar su corrección (Villarino, 2011).

#### 2° Secado

Las piezas recién moldeadas si se cocieran se romperían por la que hay que someterlas al pro-

ceso de secado. Se realiza de forma lenta y gradual, para evitar alabeos y resquebrajamientos. El secado de los ladrillos es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede rajarlos y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté, 1969).

### **3° Cocción**

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

### **4° Enfriamiento**

Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la unidad pueda ser manejada y su posterior comercialización.

El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos, la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario, un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos exteriores. Según la Asociación Nacional de Fabricantes de ladrillo y Materiales de Construcción (ANFALIT, 2002).

## **2.3.4 Patología**

Es la especialidad dentro de la tecnología, que estudia las alteraciones que se producen en el estado ideal de equilibrio, de funcionamiento o de servicio de un edificio (Zanni, 2008).

## **2.3.5 Defectos en los ladrillos**

### **. Fisura**

Aberturas que afectan sólo a la superficie del elemento (Arquitectos, 2014).

#### **. Grieta**

Es una abertura que surge en forma incontrolada en un elemento constructivo de forma que afecten a todo su espesor (Arquitectos, 2014).

#### **. Deformaciones**

Se conoce como el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

#### **. Desconchado**

Desprendimiento de una parte superficial del material que hace un cráter de dimensión media mayor de 7mm (Villarino, 2011).

#### **. Eflorescencia**

Son manchas superficiales en las caras de los ladrillos, generalmente blanquecinas, producidas por la cristalización de sales solubles, arrastradas por el agua al exterior a través de los poros de la unidad.

### **2.3.6 Roca**

Es el material formado como consecuencia de un proceso geológico y puede estar formada por uno o varios minerales.

### **2.3.7 Mineral**

Denominamos así a un material de la corteza terrestre caracterizada por su composición química y su estructura interna.

### **2.3.8 Sedimentarias**

Se forman por acumulación de sedimentos, es decir, de material acumulado las cuales son partículas de diversos tamaños que son transportados por el agua, y pasan procesos físicos y químicos para formar un material consolidado.

### 2.3.9 Metamórficas

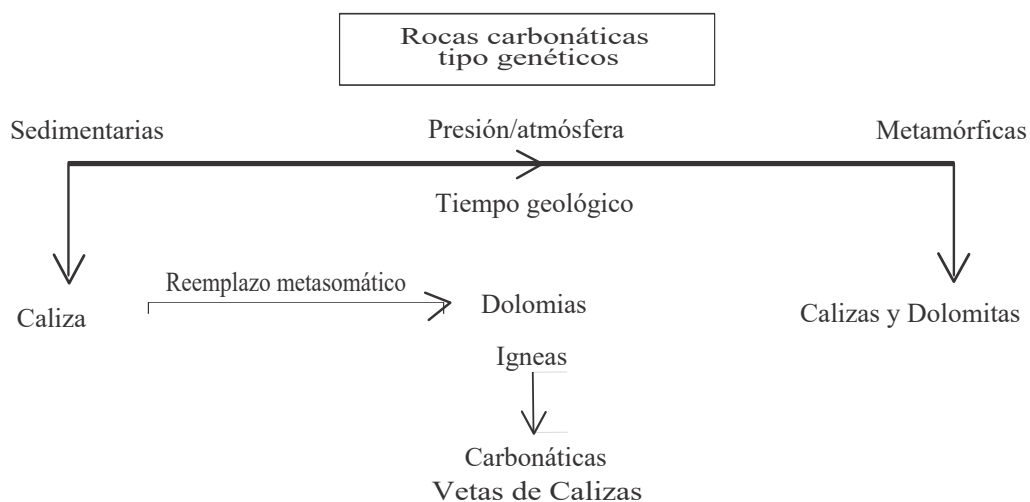
Son formadas por la modificación estructural y mineralógica de otras rocas en el interior de la tierra. A través de calor, presión y tiempo.

### 2.3.10 Metasomático

Proceso de solución y sedimentación simultáneos en el cual un mineral reemplaza a otro.

### 2.3.11 Rocas carbonáticas

Las rocas carbonáticas son poli genéticas y su formación se explica tomando como punto de partida un depósito sedimentario, el cual con tiempo suficiente y acción de la presión y la temperatura llega a transformarse en una roca metamórfica dando lugar a las formas cristalinas de calizas llamadas mármoles. Por otro proceso y en presencia de soluciones portadoras de magnesio, es posible el reemplazo metasomático entre iones de calcio(Ca) por los de Magnesio(Mg), dando lugar a la formación de dolomías (Nielson, 2005).



**Figura 5** Génesis de rocas carbonáticas.

Fuente: Adaptado de Mineralogy and Petrology Group, British Geological Survey

#### 2.3.11.1 Carbonatos

Los minerales carbonatados son aquellos formados por el radical  $(CO_3)^{-2}$  presentándose en la corteza terrestre de muchos modos debido principalmente a la asociación con otros minerales para dar lugar a rocas. Como la calcita y la dolomita (Moreno, Ibáñez & Gisbert, 2000).

### 2.3.12 Relación caliza, calcita y la dolomita

Durante la calcinación de la caliza, en condiciones controladas, desprende dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y queda los óxidos de calcio (CaO) y magnesio (MgO), conocidos con el nombre de cal viva. Este material reacciona con el agua; el proceso se llama apagado de la cal y es exotérmico; produce cantidad considerable de calor. La caliza dolomítica calcinada a temperatura más elevada y por largo tiempo, se convierte en un material que tiene poca actividad química y que se conoce comercialmente con el nombre de dolomita quemada o inerte (Guerrero, 2001).

#### 2.3.12.1 Calcita

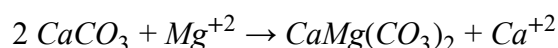
La calcita, que significa cal viva, es un carbonato de calcio  $CaCO_3$ , es muy estable. Es un compuesto muy común en toda la corteza terrestre y se estima que ésta se compone de un 4% en peso de calcita. Asociados con: dolomita, cuarzo, sulfatos, minerales de arcilla, óxidos, etc. Presenta Efervescencia con ácido clorhídrico (HCl) en frío (Moreno et al., 2000).

#### 2.3.12.2 Dolomita

La dolomita es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio [ $CaMg(CO_3)_2$ ], que se forma por la sustitución e intercambio iónico de un catión  $Ca^{+2}$  por otro catión  $Mg^{+2}$  en los carbonatos cálcicos. Suele asociarse a calcita, cuarzo y minerales de arcilla y en este sentido es complicada de identificar. Presenta efervescencia con ácido clorhídrico (HCl) concentrado en caliente, pero no en frío (Moreno et al., 2000).

Sobre los depósitos calcáreos, en dónde se produce una progresiva sustitución del calcio por el magnesio; a este proceso se le denomina dolomitización, y es un caso concreto de los procesos de sustitución en general o metasomatismo (sustitución de una sustancia por otra), también se forma por actividad hidrotermal (Minería, 2016).

Dolomitización:



Carbonato de Calcio + Ion magnesio  $\rightarrow$  Carbonato de calcio y magnesio + Ion calcio

### 2.3.13 Rocas identificadas en la cantera de arcilla roja

#### - Basalto

Es una roca ígnea volcánica de color oscuro, rica en silicatos de magnesio y hierro y en sílice que constituye una de las rocas más abundantes en la corteza terrestre.

#### - Caliza

Las calizas son rocas sedimentarias compuesta en forma predominante de minerales de carbonato, que contienen por lo menos 50% de minerales de calcita ( $CaCO_3$ ) y dolomita  $CaMg(CO_3)_2$  predominando la calcita. Cuando prevalece la dolomita se denomina dolomía (Minería, 2016).

#### - Cuarzo

El cuarzo es un mineral compuesto de sílice. Es el mineral más común de la corteza terrestre estando presente en una gran cantidad de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Destaca por su dureza y resistencia a la meteorización en la superficie terrestre.

#### - Cuarzita

Es una roca metamórfica dura con alto contenido de cuarzo. En composición la mayoría de las cuarcitas llegan a ser más de 90% de cuarzo y algunas incluso 99%.

#### - Diabasa

Es una roca ígnea muy pesada de granulo fino o negro. Se presenta asociada a cuarzo, normalmente amarillenta o verdosa. Su composición mineralógica es casi idéntica a la del gabro con plagioclasas cálcica.

#### - Riolita

Es una roca ígnea, volcánica, de color gris o rojizo con una textura de granos finos y una composición química muy parecida a la del granito.

#### - Riodacita

Roca rica en sodio y cuarzo. La Riodacita es una roca de gran contenido de sílica y, a menudo

existe como depósito volcánicos piroclásticos explosivos.

#### - Vidrio Volcánico

Roca ígnea perteneciente al grupo de los silicatos, con una composición química de silicatos y un gran porcentaje de óxido sílicos. Su composición es parecida al granito y la Riolita.

### 2.3.14 Petrología

Estudio de la composición, formación y transformación de las rocas.

## 2.4 Marco legal

La presente investigación, se basa en las normas mencionadas como: la Norma Técnica Peruana (NTP), American Society of Testing Materials (A.S.T.M.) y Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, para el desarrollo de los ensayos en laboratorio y otros aspectos concerniente a las unidades de albañilería de arcilla cocida.

- El NTP 399.605:2018 Ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería.
- El NTP 399.604 y 399.613 Ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.
- El NTP 399.604 y 399.613 Ensayo para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería.
- El NTP 399.604 y 399.613 Ensayo para la determinación de succión de las unidades de albañilería.
- El NTP 331.017 y 399.613 Ensayo para la determinación de eflorescencia de las unidades de albañilería.
- El NTP 399.613 Ensayo para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería.
- ASTM E4, establece la calibración de toda las maquinas de ensayo de compresión y universales, es decir, verificación de fuerza de las dichas máquinas de ensayo.

- ASTM C-67, Ensayo para el muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla o barro cocido.
- ASTM C-270, establece métodos de colocación de mortero para mampostería.
- ASTM C-1717, Ensayo de resistencia de secciones de muros de mampostería.
- UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, Ensayo físico-químico. Además, establece la calibración.

## Capítulo III

# Método de la Investigación

---

### 3.1 Enfoque

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, en la evaluación de los efectos patológicos en los ladrillos artesanales fabricados en el centro poblado de Compañía. A partir del planteamiento del problema ¿De qué manera el estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, serán un factor para mejorar la calidad de la unidad de albañilería artesanal en la región Ayacucho?. Se consideran los antecedentes, bases teóricas, marco conceptual, y una metodología de investigación. Se sigue los procesos secuenciales como la recolección de los datos, trabajos de campo y de laboratorio. Evaluando las variables consideradas y cuantificadas dentro de la población y la muestra, con uso de técnicas experimentales y métodos estadísticos. En la presente investigación se verifica, los efectos patológicos que se observa por medio de las fisuras, grietas, deformaciones, desconchados y eflorescencia, intentado generalizar un aporte y soluciones para mejorar la calidad de la unidad de albañilería artesanal, con los datos generados válidos y confiables. Y en parte un enfoque cualitativo en la contrastación de la hipótesis que el investigador somete a prueba y la validación de la investigación, por medio de una encuesta.

### 3.2 Alcance

El alcance de la investigación para la presente tesis es exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa.

Es exploratoria, porque ha permitido identificar las diferentes unidades del entorno en la zona de estudio, en los que se ha tenido buenos resultados. Es descriptiva, pues se hace un estudio estadístico de las principales características físicas, mecánicas y calidad de las

unidades de albañilería. Es correlacional, se formulan relaciones para la determinación de las patologías en función de las diferentes variables que incluyen en su determinación. Es explicativa, porque se establecieron relaciones causa-efecto, con la finalidad de explicar el efecto que se genera mediante la aplicación de la hipótesis.

### 3.3 Diseño de investigación

La tipología de investigación para la presente tesis es de tipo experimental, se utiliza un grupo experimental con una sola medición posprueba y un grupo de control. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

**Tabla 3** *Diseño de investigación*

<b>Grupo</b>	<b>Condición experimental</b>	<b>Observación</b>
Experimental	$X_1$	$O_1$
Control	—	$O_1$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

$X_1$ : Representa la variable experimental.

$O_1$ : Representa la observación de la variable experimental y de control.

*Grupo experimental*, corresponde a la fabricación de ladrillos **con** inclusión de las rocas identificadas, la inclusión se hace con rocas de diferentes tamaños, volumen y peso, quemados en la parte superior derecho del horno, en la ladrillera artesanal del centro poblado de Compañía.

*Grupo de control*, corresponde a la fabricación de ladrillos **sin** inclusión de las rocas identificadas siguiendo la misma técnica artesanal, en este grupo el trabajo es reducir la porosidad lo más mínimo posible para obtener ladrillo de mayor resistencia, quemados en la parte superior derecho del horno, en la ladrillera artesanal del centro poblado de Compañía.

## 3.4 Población y muestra

### 3.4.1 Población

Se tiene una población que considera las unidades artesanales *sin* y *con* la inclusión de partículas de roca de tamaño máximo de 2". Fabricados en el centro poblado de Compañía, región Ayacucho. A la cuál se considera muestras que guardan relación de aleatoriedad, homogeneidad y representatividad.

### 3.4.2 Muestra

La muestra de la presente investigación es el grupo de ladrillos artesanales (40 unidades), fabricados in situ *con* inclusión de partículas de roca, con tamaño máximo de 2", en el centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

Sin embargo, también se fabricó 40 unidades *sin* la inclusión de partículas de rocas, siendo un total de 80 unidades fabricadas in situ.

## 3.5 Hipótesis

### 3.5.1 Hipótesis general

El estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, permiten mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

### 3.5.2 Hipótesis específicas

- a) La evaluación de los efectos patológicos puede ayudar a mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.
- b) El análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.
- c) La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX) ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.
- d) La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, por medio de ensayo mecánico permiten conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal.

## 3.6 Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

### 3.6.1 Operacionalización de variables

Tabla 4 Operacionalización de variables identificadas.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Caliza (Calcita y Dolomita)	Cantidad de roca caliza que se incluye a la masa en la etapa de preparación y su posterior evaluación de los defectos en la unidad de albañilería.	Comprende la elaboración de la unidad artesanal <i>con</i> y <i>sin</i> la inclusión de la roca, siguiendo la misma técnica artesanal, la inclusión se hace con rocas de diferentes	% o proporción	Porcentaje en peso de carbonato	%
Basalto, Cuarzo, Cuarzita, Diabasa, Riolita, Riodacita, Vidrio Volcánico	Cantidad de roca que se incluye a la masa en la etapa de preparación y su posterior evaluación de los defectos en la unidad de albañilería.	tamaños, volumen y peso, quemados en la parte superior izquierdo del horno, finalmente se evalúa los defectos en la unidad y su posterior ensayo en laboratorio.	% o proporción	Porcentaje en peso de silicatos	%
Los efectos patológicos	Son daños existentes, que alteran las propiedades físicas y mecánicas.	Son los defectos esperados como resultado del experimento.	Densidad y porosidad	Fisuras, grietas, deformaciones, desconchados y eflorescencia	kg/cm <sup>3</sup> y %
Resistencia de la unidad artesanal	Proceso de aplicar una fuerza que es distribuida uniformemente sobre las secciones en contacto con el cabezal de la prensa.	Se evaluó la resistencia a compresión de la unidad y pila, de acuerdo a la norma E.070 de albañilería, se trabajaron con dos muestras (L) y (M) según sus características.	Calidad y durabilidad	Resistencia a compresión de la unidad y pilas, Variabilidad dimensional, Alabeo, Succión	kg/cm <sup>2</sup> , %, mm y g

Fuente: Elaboración propia

La variable dependiente en este trabajo son los efectos patológicos y la resistencia de la unidad artesanal, las variables independientes, son las partículas de roca identificadas, como la caliza y cuarzo principalmente debido a que hacen mas daño a los ladrillos.

### 3.6.2 Variables

Las variables identificadas para la presente investigación son:

**Tabla 5** *Variables e Indicadores.*

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Dependiente</b>	
Efectos patológicos	Fisuras, grietas, deformaciones eflorescencia
Resistencia de unidad artesanal	Resistencia a compresión, Variabilidad dimensional, Alabeo, succión
<b>Independiente</b>	
Caliza	Cantidad de carbonato de calcio
Basalto, cuarzo, cuarcita, diabasa, riolita, riodacita, vidrio volcánico	Cantidad de óxido de silicio

Fuente: Elaboración propia

## 3.7 Técnicas e instrumentos

### 3.7.1 Técnicas de gabinete

Utilizando como instrumentos fichas textuales y de resumen; se recurrió como fuente a artículos, ensayos, revistas, documentos oficiales concerniente a los efectos patológicos en los ladrillos artesanales, que sirvieron de apoyo para ordenar el desarrollo de los antecedentes, bases teóricas y marco conceptual.

### 3.7.2 Técnicas de campo

#### . Observación directa

Obtener información del proceso de fabricación de las unidades de albañilería, patologías que existen en la zona de estudio, la calidad y la resistencia de los ladrillos artesanales, con el propósito de llevarlos al laboratorio y realizar los ensayos para su posterior investigación en marco del objetivo planteado.

### . Por medio de entrevista

Mediante la solicitud de información cualitativa y cuantitativa a los labradores y trabajadores de la fábrica de ladrillo artesanal del centro poblado de Compañía y una ficha de encuesta con el objetivo de recoger datos relacionadas a patologías, procesos de fabricación, uso de la materia prima y la calidad de la unidad artesanal, existente en las ladrilleras de Compañía.

### 3.7.3 Uso de técnicas y herramientas

El análisis de resultados serán obtenidas de acuerdo a la Tabla 6.

**Tabla 6** *Resumen de técnicas y herramientas.*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Indentificación de rocas	Laboratorio de petrología Ingenieria de Minas - UNSCH
Composición química de las rocas	Laboratorio Facultad de Ciencias Físicas - UNMSM
Resistencia a la compresión	V.G Geotécnia&Ingenieria S.A.C.
Variabilidad dimensional, Alabeo, succión	Laboratorio de estructuras de Ingenieria Civil-UNSCH
Estadística descriptiva	Prueba de hipótesis
Software	Microsoft Office Excel SPSS-23

Fuente: Elaboración propia

## 3.8 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Por medio de estadística descriptiva y uso de las herramientas:

- . Programa estadístico informático (SPSS-23)
- . Hojas de cálculo (Microsoft Office Excel)

## 3.9 Desarrollo del trabajo de tesis

### 3.9.1 Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio, corresponde a centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa. Se ubica en la región Ayacucho y viene a ser una de las principales fábricas del ladrillo artesanal pertenecientes a la provincia de Huamanga. Geográficamente se ubica en el centro sur del Perú entre los paralelos 12°07'30" y 15°37'00" de latitud sur, y entre los meridianos 72°50'19" y 75°07'00" de longitud oeste. Representa el 3.4% del territorio peruano.

### 3.9.2 Ubicación y acceso

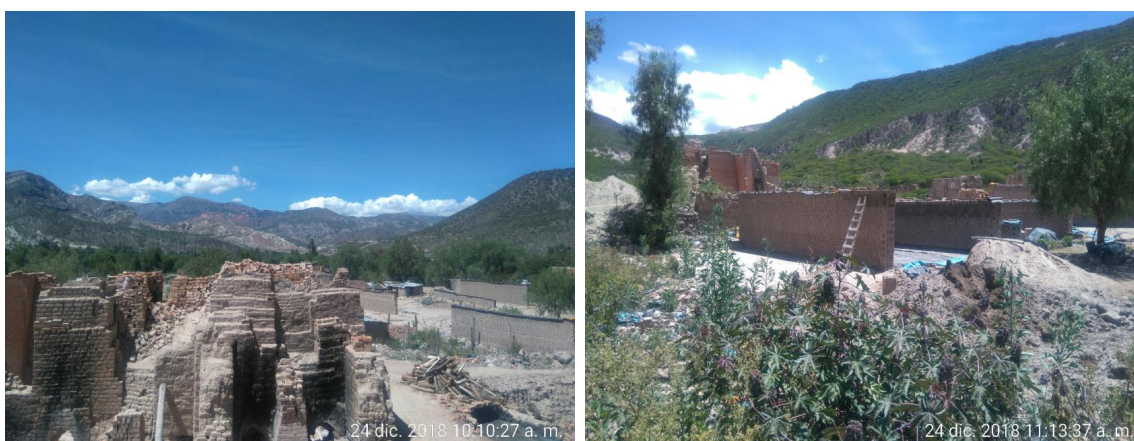
La fábrica de ladrillos artesanal cuya propietaria es la Sra. Martha Jara, produce unidades artesanales, con dos hornos cuya capacidad es de 55 y 84 millares respectivamente. Geográficamente se ubica en centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa, región Ayacucho.

. **Coordenadas:** E=581493, N=8555304

. **Altitud:** 2303 m.s.n.m.

. **Vía de acceso:** Vía asfaltada Huamanga–Huanta, desvío en Lagunilla, dirección a Lircay.

. **Tiempo de viaje:** 30 a 35 minutos aproximadamente desde la ciudad de Ayacucho.



**Figura 6** Ubicación de la zona de investigación.

Fuente: Elaboración propia

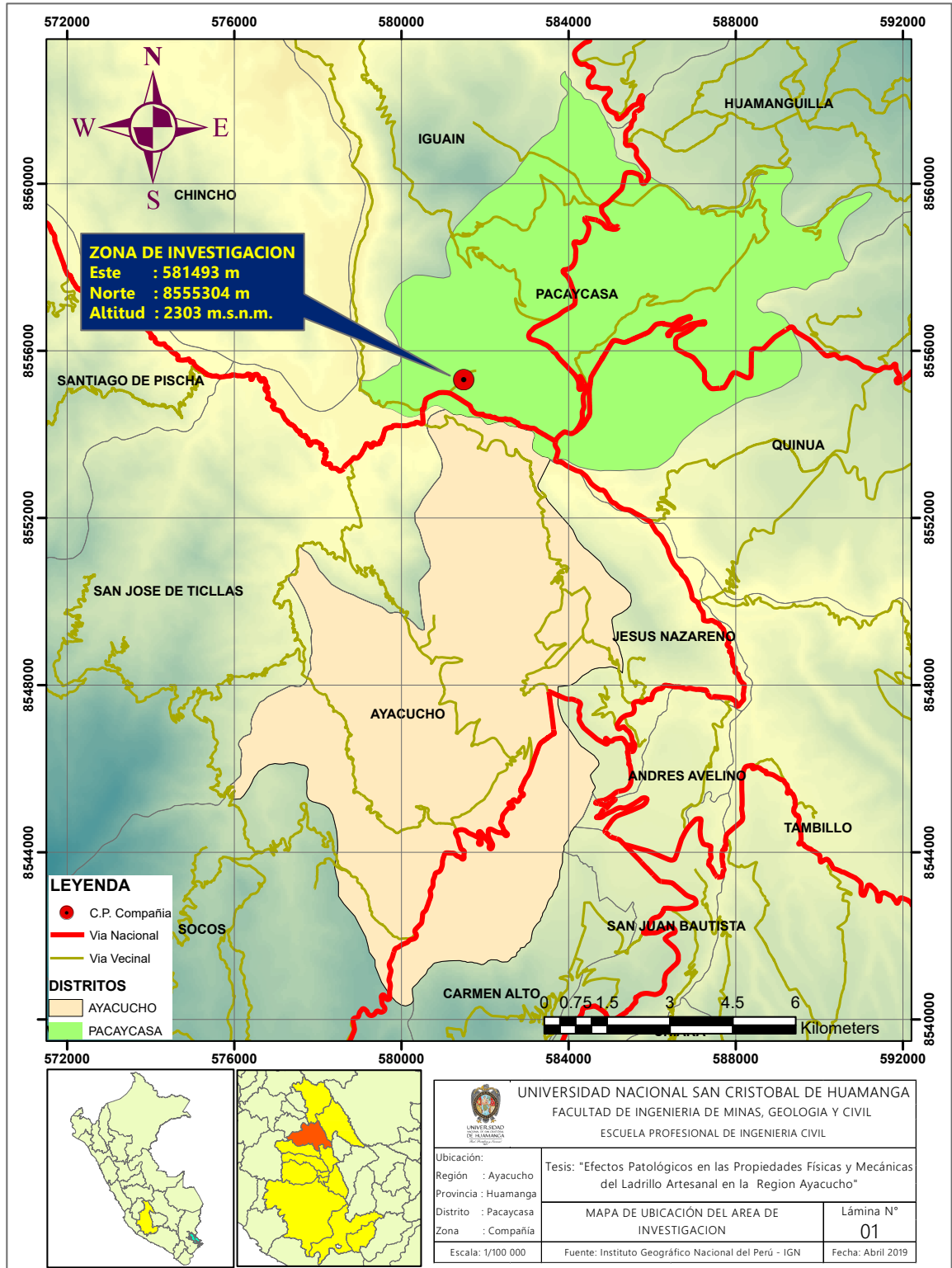
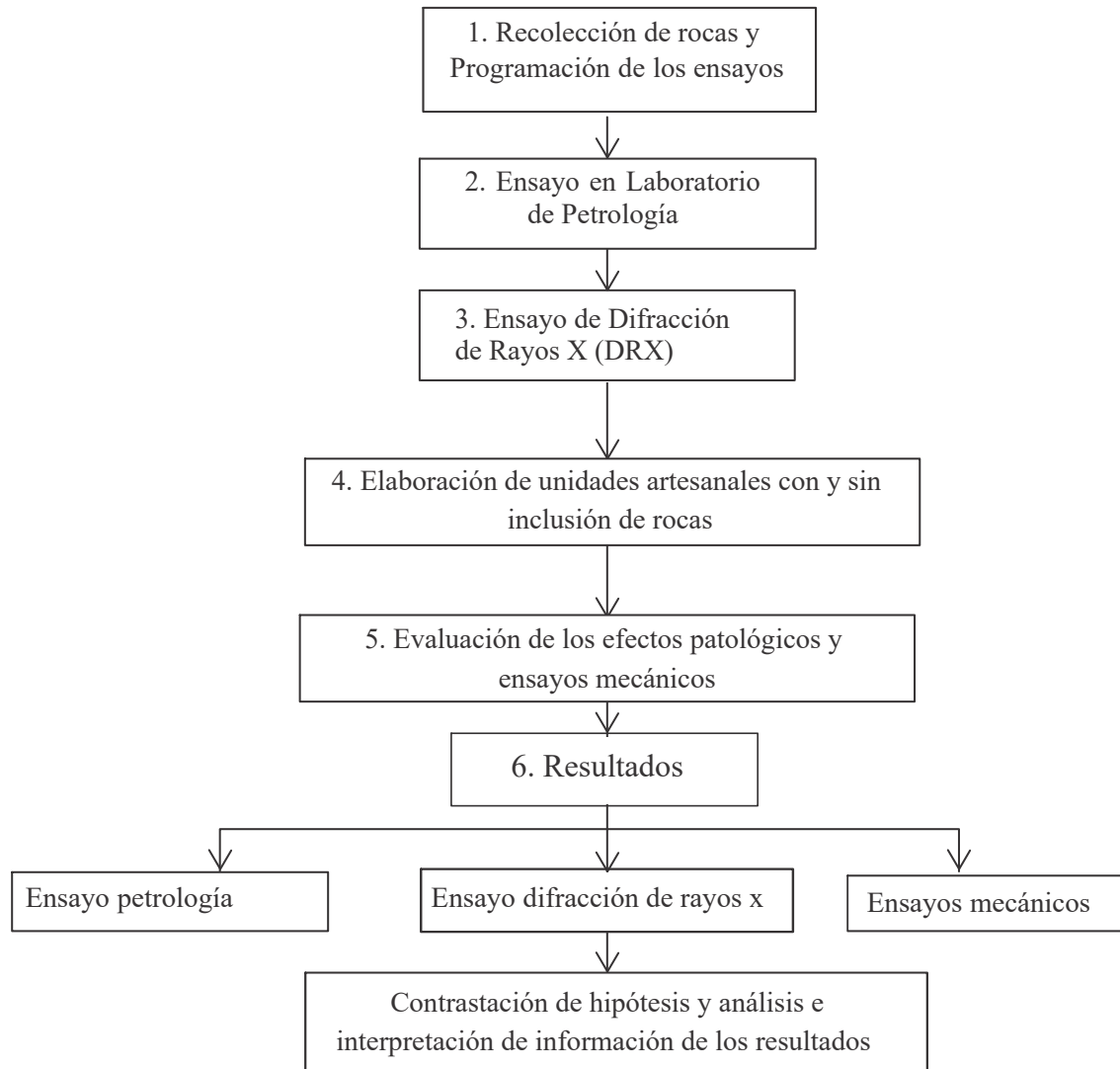


Figura 7 Mapa de ubicación de la zona de investigación.

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.3 Metodología

La metodología utilizada en la presente investigación, se plantea procedimientos de secuencia como se muestra en la figura 8, para evaluar los efectos patológicos en la unidad artesanal elaboradas *sin* y *con* la inclusión de partículas de roca con tamaño máximo de 2" y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería artesanal.



**Figura 8** Diagrama de flujo de trabajo de investigación.

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.4 Desarrollo de ensayos en campo y laboratorio

La recolección de datos se hizo de manera ordenada y empírica en las ladrilleras de Compañía, propiedad de la Sra. Martha Jara, en el distrito de Pacaycasa, región Ayacucho.

#### 3.9.4.1 Identificación y obtención de las partículas de roca

En la presente investigación se demuestra los efectos patológicos existentes y las circunstancias en que se producen, desde años atrás eran ya conocidas estos defectos, desde entonces ya había un interés de conocer algunas soluciones empíricas a dichos problemas, como las fisuras, grietas, oquedades entre otros como el fenómeno de eflorescencia, que existen en las unidades artesanales.

Identificado el problema, se comienza a recolectar las rocas en las canteras de arcilla roja. Con la colaboración del trabajador de la zona de estudio, que nos guió basado en sus años de experiencia, reconociendo de esta maneras las partículas de roca.



**Figura 9** Búsqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 10** Búsqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía.

Fuente: Elaboración propia

- a) En la figura 9, se observa el trabajo de recolección de las partículas de rocas, en la cantera de arcilla roja de las ladrilleras de Compañía.
- b) Como se observa en la figura 10, el trabajo de recolección de las partículas de rocas, se identifica de acuerdo a su tamaño, textura y color.

Sin embargo, cabe mencionar que las rocas identificadas son las que contienen carbonatos y silicio, debido a su reacción a las bajas y altas temperaturas durante la cocción de las unidades artesanales, en los hornos.

En particular, este trabajo se realizó cuidadosamente, ya que existen también otro tipo de partículas de roca en la cantera de arcilla roja, pero que no dañan las unidades artesanales, seleccionar las partículas de rocas de interés para la presente investigación, llevo en dicho estudio a acudir a los labradores de la zona quienes con la experiencia colaboraron en dicho trabajo.



**Figura 11** Búsqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 12** Búsqueda de rocas en la cantera de arcilla roja en C.P. de Compañía.  
Fuente: Elaboración propia

- a) En la figura 11, la recolección de las rocas, se hizo conjuntamente con un labrador de muchos años de experiencia en la elaboración de ladrillos, quien conoce las partículas

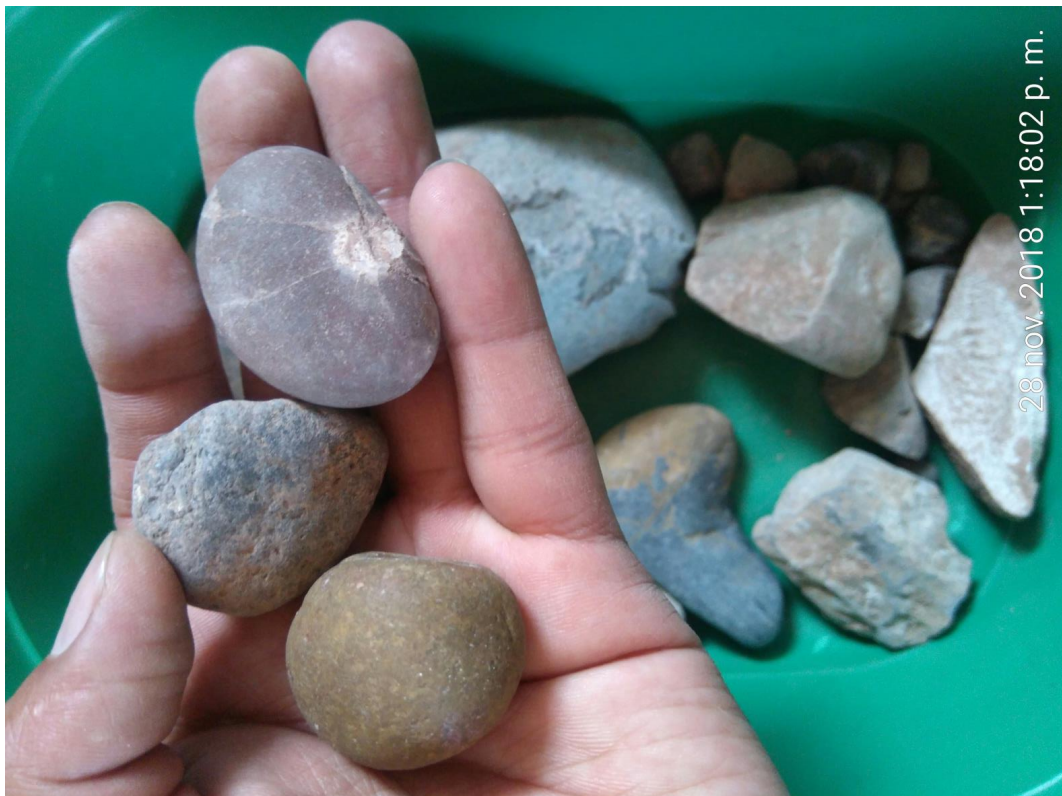
de roca que dañan los ladrillos artesanales.

b) En la figura 12, se identifica partículas de rocas de acuerdo a su tamaño, textura y color.



**Figura 13** Limpieza de las rocas.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14** Limpieza de las rocas.

Fuente: Elaboración propia

a) En la figura 13, se hace la limpieza de las rocas obtenidas de las canteras de arcilla roja.

- b) En la figura 14, se clasifica las rocas, tamaño máximo 2" posteriormente se realizará el ensayo en laboratorio de petrología, para la caracterización de las mismas.

#### 3.9.4.2 Ensayo en laboratorio de Petrología

Seguidamente las partículas de roca, son llevadas a gabinete para hacer el lavado y limpieza. Posteriormente se procede a realizar la caracterización y dar nombre a las mismas, el ensayo se lleva a cabo en el laboratorio de petrología de la Escuela de Ingeniería de Minas-UNSCH. Bajo la asesoría del Ing. Miguel Prado Aronés.

El trabajo en el laboratorio de petrología comprende uno de los objetivos más importantes, la caracterización de las partículas de roca. Otro, conocer el comportamiento a la variación de temperatura en los hornos artesanales en la etapa de cocción.

En este ensayo, para la caracterización de las partículas de roca, el especialista observa la textura y la porosidad. Además, Tiene en cuenta su composición mineralógica y química de las rocas y siguiendo técnicas de cuantificación y técnicas instrumentales de análisis químico y mineral. Se concluye satisfactoriamente con el ensayo.



**Figura 15** Ácido clorhídrico (HCl) en la caliza.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 16** Identificación de la caliza.

Fuente: Elaboración propia

El ensayo se dio inicio haciendo la rotura de la roca para observar la textura, la porosidad, el desgaste y la coloración. En caso de la roca como las calizas su reconocimiento se hizo por medio del ácido clorhídrico (HCl), como se observa en la figura 16, donde al colocar una cantidad mínima del ácido clorhídrico a la caliza esta presenta efervescencia o sale burbujas, porque el Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) está en forma de gas. Haciendo saber que se trata efectivamente de una roca caliza.



**Figura 17** Caracterización de las rocas.

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.4.3 Ensayo de Difracción de Rayos X (DRX)

En esta etapa del trabajo, identificadas y caracterizadas las partículas de roca se procede a conocer la composición química de la roca, el ensayo se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

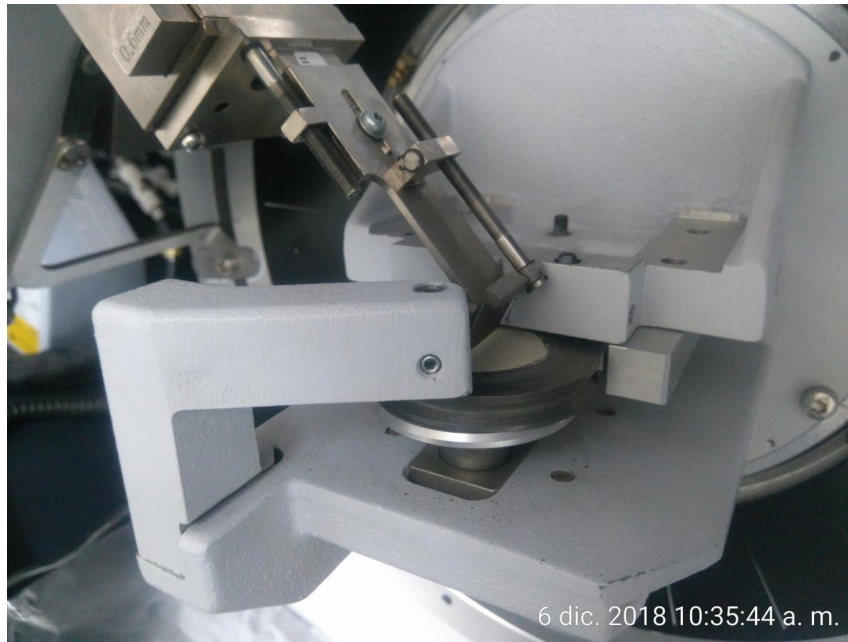
#### a) Condiciones de la medición

El análisis se realizó en un difractómetro marca BRUKER, modelo D8-FOCUS. El equipo consta de un ánodo de Cu sometido a una corriente de 40mA y a una diferencia de potencial igual a 40kV y el rango angular de análisis o toma de medidas es ( $2\theta$ ):

- . **Inicio:**  $2\theta=5^\circ$
- . **Final:**  $2\theta=100^\circ$
- . **Paso (resolución):**  $0.02^\circ$
- . **Tiempo por paso:** 0.5 seg
- . **Generador Rayos-X:** Voltaje de salida del tubo=40 kV, Corriente de salida del tubo=40 mA



**Figura 18** Difractómetro de rayos X, Bruker D8-Focus. Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 19** Difractómetro de rayos X, Bruker D8-Focus. Facultad de Ciencias Físicas-UNMSM.  
Fuente: Elaboración propia

### **b) Características de la muestra analizada**

En esta investigación se analizó una (01) muestra de 3 gramos en polvo de mezcla de dos rocas, tamaño máximo 2", proveniente de las canteras de arcilla roja, de las ladrilleras de centro poblado de Compañía, propiedad de la Sra. Martha Jara, ubicado en el distrito de Pacaycasa, región Ayacucho, la cual fue preparada en el porta muestra estándar.

### **c) Preparación de la muestra**

Para los análisis por difracción de rayos X (DRX), las muestras fueron trituradas con una prensa y molidas en un mortero de ágata y pasados por un tamiz de 45 $\mu$ m o una malla de 365mesh.



**Figura 20** Trituración de las partículas de roca, muestra.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 21** Preparación en polvo de la muestra.  
Fuente: Elaboración propia

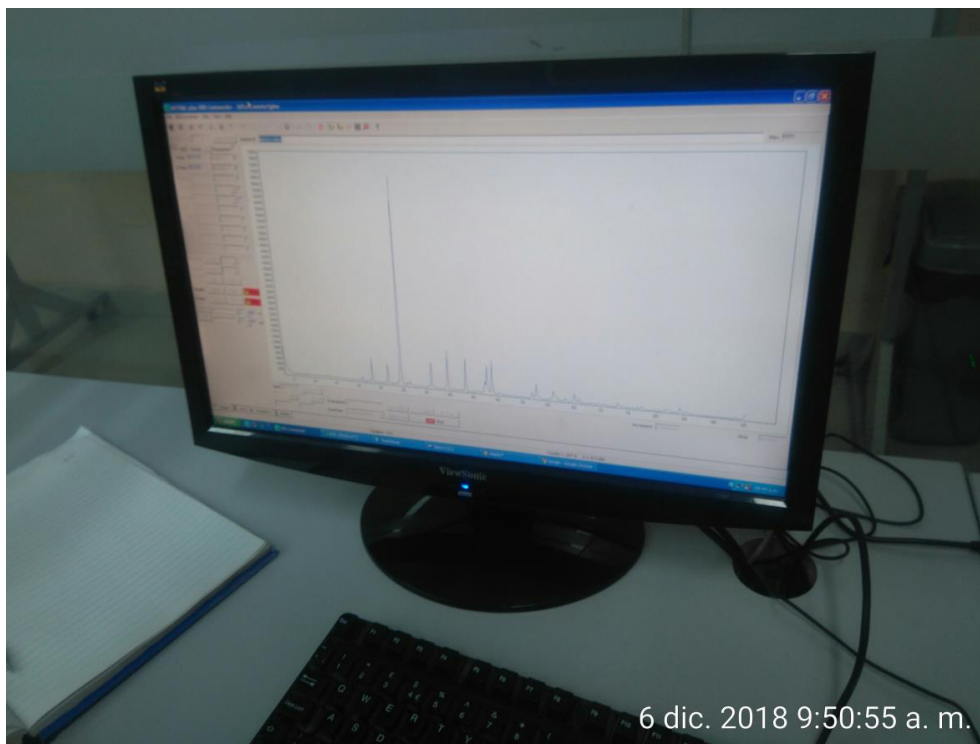


**Figura 22** Preparación de las muestra.  
Fuente: Elaboración propia

La muestra en polvo se coloca en el difractómetro de rayos x, ver figura 22, dicho equipo posee un contador (un detector) de radiación que detecta el haz difractado.

#### d) Análisis por Difracción de Rayos X (DRX)

Para las mediciones por DRX, se utilizó un difractómetro marca BRUKER, modelo D8-FOCUS con un rango angular de análisis o toma de medidas ( $2\theta$ ). Se usó el método de polvo y los difractogramas se tomaron con radiación de Cu, con una resolución de  $0,02^\circ$  y tiempo de paso  $0.5$  s, y en rango de  $5^\circ < 2\theta < 100^\circ$ . Para la identificación de los minerales se aplicó el método Rietveld.



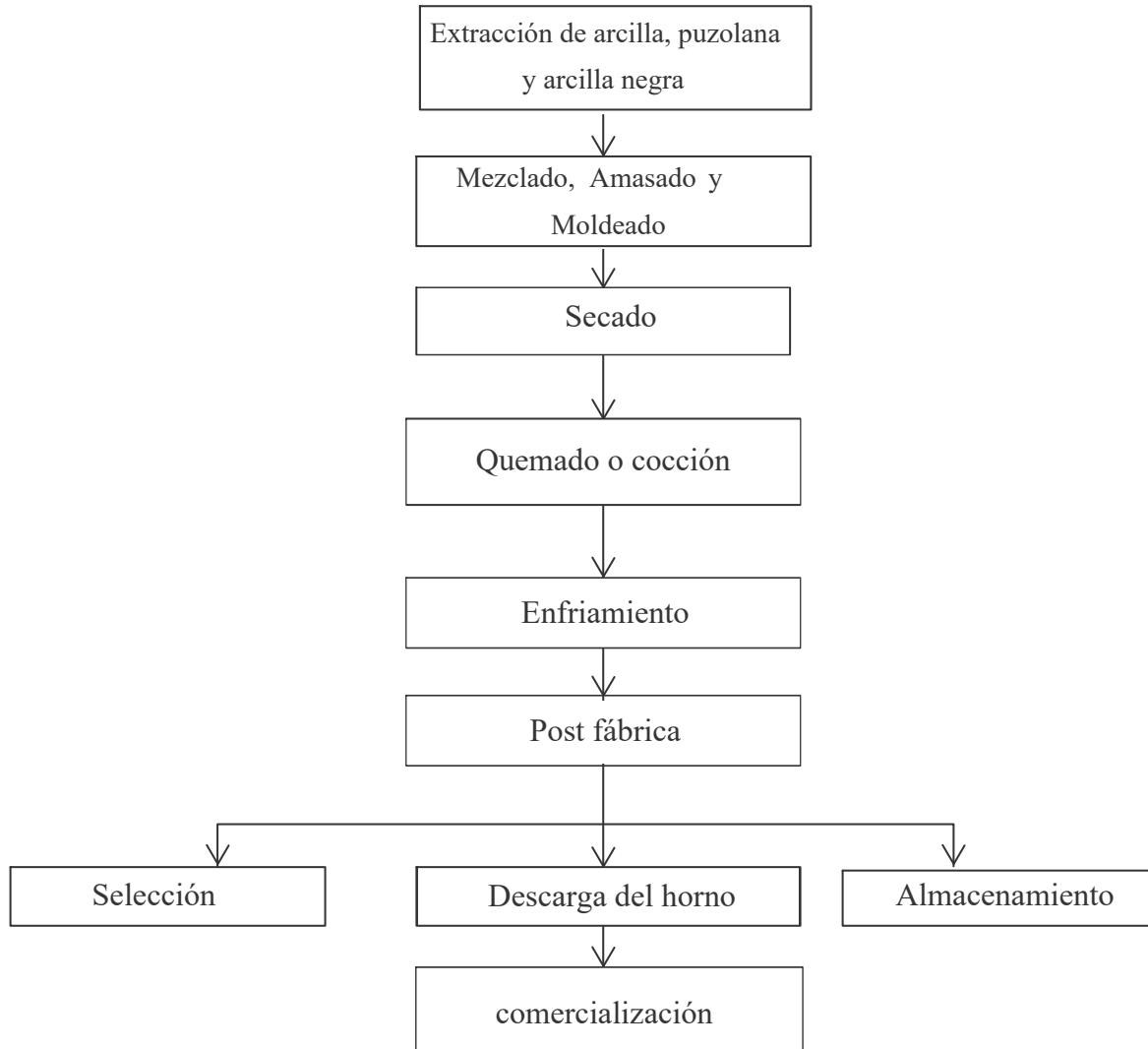
**Figura 23** Registro gráfico de la intensidad del haz difractado.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, un registro se encarga de graficar automáticamente la intensidad del haz difractado, como se puede ver en la figura 23, mientras el detector se desplaza por un goniómetro circular que está sincronizado con la muestra en un intervalo de  $2\theta$ . Lo que quiere decir, el aparato funciona de modo que cuando la muestra gira un ángulo  $\theta$ , el detector gira un ángulo  $2\theta$ .

#### 3.9.4.4 Proceso de elaboración de unidades artesanales

La masa preparada, está compuesta por arcilla roja, puzolana y la tierra o arcilla negra más agua. En el presente trabajo, no se precisa la dosificación exacta de estos componentes, por ello dejamos a criterio para las futuras investigaciones de este tema.



**Figura 24** Diagrama de flujo, proceso de fabricación del ladrillo artesanal.

Fuente: Elaboración propia

### 1° Extracción de arcilla, puzolana y arcilla negra

En la actualidad la extracción de arcilla en la zona de estudio es escasa, de acuerdo a los labradores de la zona el 90% de este material ya se extrajo y el 10% queda como reserva para futuro uso cuando el material traída desde las canteras de Llamuqtachi y Trigopampa no abastezca. Razón por la cual, la extracción actualmente se concentra en tres componentes la arcilla roja, puzolana y entre otras como la arcilla negra, como se puede ver en las figuras 25, 26 y 27, cabe mencionar que la arcilla de dichas canteras Llamuqtachi y Trigopampa, se viene usando aproximadamente hace 12 años.



**Figura 25** Proceso de extracción de arcilla.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 26** Proceso de extracción de puzolana.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 27** Proceso de extracción de arcilla negra.

Fuente: Elaboración propia

El volumen de arcilla roja traída de Llamuqtachi y Trigopampa, en uso por 2 meses es aproximadamente de  $10m^3$ , para la preparación de la masa se usa 10 carretillas para un millar, cuando la tierra es poca arcillosa y 4 a 5 carretillas cuando la tierra es arcillosa. De esta manera un labrador de ladrillos en un día normal, puede elaborar 1300 a 1800 unidades al día.

## 2° Mezclado, amasado y moldeado

Esta etapa es muy importancia, porque se sigue una serie de pasos desde la dosificación de la arcilla roja, puzolana y la arcilla negra más agua, hasta su amasado final. Todo este trabajo se realiza aproximadamente de 3 a 3 horas y media, dirigida por un ladrador experto y un ayudante. Hay una parte de esta etapa de mezclado y amasado, que se conoce como el “sapeado”, que consiste en dar golpes con algún mazo o una herramienta como el pico, con el objetivo de disminuir los vacíos en la masa. Y otro trabajo conocido como “marquetear” que consiste en voltear la masa con las manos, para desaparecer los poros y tener mayor consistencia en la masa. Seguidamente se deja la masa preparada de un día para otro, con la finalidad de uniformizar la humedad en toda la masa, como se puede ver en la figura 29.



**Figura 28** Proceso de mezclado.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 29** Proceso de amasado.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 30** Proceso de moldeado.

Fuente: Elaboración propia

El moldeado se realiza usando la gabera de madera que contiene 4 unidades artesanales, se voltea la masa que se dejó de un día para otro, antes de colocar la masa a la gabera, se coloca arena en la parte interna donde contiene las unidades, para evitar que se pegue la masa colocada. Además, aproximadamente cada 20 unidades sacadas se recomienda lavar la gabera.

### **3° Secado**

El secado al aire libre con temperatura normal (habitual), dura de 7 a 8 días, secado en piso arrumado, dura 10 días con calor fuerte y en un ambiente nublado dura 14 días, como se puede ver en la figura 31.

El proceso de secado en esta parte de las ladrilleras del centro poblado de Compañía es casi estandarizado observándose un secado al aire libre, como se puede ver en la figura 31 y un secado arrumado, como se puede ver en la figura 32, en este último se deja un espacio entre las unidades con el fin de obtener un secado homogéneo.



**Figura 31** Proceso de Secado al aire libre.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 32** Proceso de Secado arrumado.  
Fuente: Elaboración propia

#### 4° Cocción

Para esta etapa, se hace uso de un vehículo para poder trasladar los ladrillos a los hornos artesanales, en el horno como primer trabajo se comienza a sentar, con los ladrillos en forma vertical tipo escalera dejando como un túnel en la base del horno, conocido como malecón, en hornos de 55 millares se asienta con 10 millares, con 6 personas por día y en hornos de 84 millares se asienta con 15 millares, con 8 personas al día.

Se continúa la colocación que puede ser en seguro, donde los ladrillos van de canto pegados esta forma de colocado retiene el calor, otra forma de colocado es echado o de cabeza. El llenado final se hace en 4 días en hornos de 55 millares y 10 días en hornos de 84 millares

Haciendo uso leña, para mantener el ritmo de la quema y carbón, para dar una quema homogénea y uniforme. Aproximadamente se usa 3 toneladas de carbón para quemar 43 millares de ladrillo. El tamaño del carbón debe ser menudo, la presencia de carbón de grano mayor tiene mayor fuerza de calor, lo que conllevaría un daño en la estructura física de la unidad. Conocido como "rocochado", un ladrillo excesivamente resistente de color rojizo. También se usa una bomba al inicio de la cocción, esto para enviar aire al interior del horno. Finalmente, la cocción dura 2 noches y 1 día.



**Figura 33** Uso de carbón mineral en la cocción para la fábrica de ladrillo artesanal.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 34** Uso de la leña en la cocción para la fábrica de ladrillo artesanal.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 35** Equipo de bomba para acelerar encendido del fuego en el horno para la fábrica de ladrillo artesanal.  
Fuente: Elaboración propia

## 5° Enfriamiento

El enfriamiento es la etapa final de la fabricación de la unidad artesanal que dura 4 días, que consiste en tener los ladrillos de fácil manejo con la mano.

### - Selección, descarga y almacenamiento

En la selección se observa las características físicas, que sean homogéneos, de coloración uniforme, la forma de las aristas entre otros, Luego se hace la descarga del horno y llevar en vehículos para su posterior almacén. Pero cabe mencionar que generalmente no se mantiene por mucho tiempo en almacén, se ha observado durante el desarrollo del trabajo de investigación que los ladrillos son comercializados de manera inmediata, como se puede ver en las figuras 36 y 37.



**Figura 36** Proceso de selección, descarga y almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 37** Proceso de selección, descarga y almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia

### - Comercialización

La comercialización es variada en todo el año, el uso de estas unidades abarca en toda la región Ayacucho. Uso para edificaciones confinada en mayor porcentaje, edificaciones mixtas, uso en instituciones y muchas otras construcciones que inmiscuyen esta unidad solida artesanal. En relación al precio por millar, en meses como abril, mayo y junio el costo es 300 soles el millar, y el resto del año 400 soles a 500 soles, precio referencia en la fábrica, y puesta en obra o ferreterías es de 520 soles.

### 3.9.4.5 Elaboración de las unidades artesanales con inclusión de rocas, tamaño máximo 2", en la masa preparada

#### a Procedimiento del trabajo experimental

##### a.1 Inclusión de partículas de roca, en la masa preparada

A la masa preparada, compuesta por arcilla roja, puzolana y entre otras como la arcilla negra más agua, se procede a incluir las rocas máximo de 2", para lo cual se tomó el peso de las rocas, seguidamente se moldea los ladrillos incluidos con roca, como se puede ver en las figuras 38 y 39, colocando en la "gabera" y después se coloca en el piso de superficie plana, para la etapa del secado. Finalmente, se termina la obtención de la unidad, siguiendo el resto de las etapas de fabricación artesanal. Para su posterior evolución con ensayos en campo y la evaluación de la calidad de las unidades (grupo experimental) y la resistencia llevando al laboratorio.

**Tabla 7** *Peso de las rocas, tamaño máximo 2".*

<b>Roca</b>	<b>Peso (gramos)</b>
Basalto	170
Caliza	86
Cuarzo	114
Cuarcita	67
Diabasa	103
Riodacíta	38
Riolita	10
Vidrio volcánico	9

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se muestra los pesos de las partículas de roca que son incluidas en la masa preparada para la elaboración de la unidad artesanal, por otra parte, la roca presenta diferente volumen y tamaño.



**Figura 38** Inclusión de partículas de roca de tamaño máximo de 1" a 2" en la masa.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 39** Inclusión de partículas de roca de tamaño máximo de 1" a 2" en la masa.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 40** Unidad artesanal preparada in situ.

Fuente: Elaboración propia

En total se fabricaron 40 unidades con inclusión de rocas, con tamaño máximo de roca 2" y 40 unidades sin la inclusión de rocas, quemados en la parte superior izquierda del horno, como se puede ver en la figura 40

#### 3.9.4.6 Ensayos mecánicos de la unidad de albañilería artesanal

##### a. Ensayos clasificatorios

Los ensayos de la presente investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de tecnología de concreto de la Escuela de Ingeniería Civil-UNSCH. Y la resistencia a la compresión simple de la unidad y pilas, se ensayó en laboratorio V.G. Geotécnia&Ingeniería S.A.C., bajo la asesoría del Msc.Ing. Ángel Hugo Vilchez Peña y apoyo del Ing. Gregorio Leguía Damiano.

El desarrollo de este ensayo corresponde al uso de las unidades artesanales fabricados con la inclusión de rocas y sin la inclusión de rocas. Para conocer su clasificación, calidad y la resistencia, de acuerdo, como la Norma Técnica de Edificaciones E.070 de albañilería lo exige.

Siguiendo los procedimientos y la metodología que pide la Norma Técnica Peruana 399.604 y 399.613 (INDECOPI, 2017) y la Norma Técnica Peruana NTP 399.605 (INDECOPI, 2018). Se realizan el ensayo para determinar la variación dimensional, alabeo, succión, resistencia a la compresión simple de la unidad y las pilas, que deben cumplir los ladrillos artesanales de arcilla que se usa en albañilería estructural y no estructural. Para la clasificación estructural de las unidades se hace de acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones E.070 de albañilería.

Consideraciones de acuerdo a las normas mencionadas, Por cada 50 millares de unidades en una ladrillera o lote, se selecciona al azar una muestra de 10 unidades, para las pruebas de variación dimensional y 10 unidades para la prueba de alabeo, 5 unidades para en ensayo de succión, 5 unidades para el ensayo de resistencia a la compresión simple de las unidades y 3 unidades por pila en total 18 unidades para el ensayo de resistencia a compresión de las pilas.

### a.1 Variación dimensional

Este ensayo consiste en medir las dimensiones de cada arista de las 10 unidades de albañilería codificadas, tanto el largo, ancho y altura, haciendo uso de un vernier calibrada al milímetro. Se colocó la unidad en una superficie plana realizando cuatro mediciones con precisión de 1 mm sobre los puntos, como se puede ver en la figura 41, se realiza 4 mediciones por cada una de las dimensiones, finalmente el resultado es el promedio de cada uno que representa el largo, ancho y altura respectivamente.

La variabilidad dimensional está expresada en porcentaje de la siguiente manera:

$$V\% = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Donde:

V%: Variación dimensional (%)

ME: Medida especificada por el fabricante (mm)

MP: Medida promedio (mm)



**Figura 41** Ensayo de variación dimensional.

Fuente: Elaboración propia

## a.2 Alabeo

Para este ensayo se cuenta con 10 unidades artesanal codificadas, se procede a colocar la unidad en una superficie plana, como se puede ver en la figura 42, con la regla metálica milimetrada y una escuadra graduada, se coloca a la diagonal de la unidad, para determinar si el ladrillo presenta concavidad o convexidad y así introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona que presente mayor deflexión.

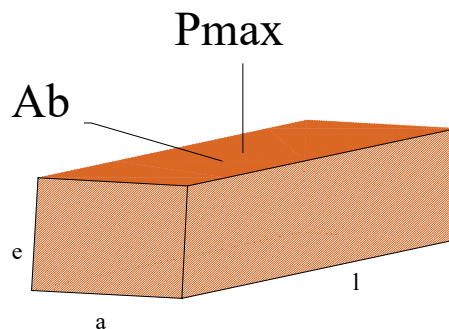


**Figura 42** Ensayo de alabeo de la unidad.

Fuente: Elaboración propia

## a.3 Ensayo de resistencia a la compresión ( $f'_b$ )

El desarrollo de este ensayo se realiza con 5 unidades fabricadas con inclusión de rocas con tamaño máximo de 2" (grupo experimental) y 5 unidades fabricadas sin la inclusión de rocas (grupo de control), para diferenciar se codifica cada muestra ensayada.



e: Espesor de la unidad artesanal

a: Ancho de la unidad artesanal

l: Largo de la unidad artesanal

**Figura 43** Unidad de albañilería artesanal.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones E.070 albañilería, la resistencia característica ( $f'_b$ ) es el resultado promedio menos una desviación estándar, se expresa en la siguiente formula:

$$f_b = \frac{P_{max}}{A_b}$$

$$f'_b = f_b - \sigma$$

Donde:

$f_b$ : Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_{max}$ : Carga máxima de rotura (kgf)

$A_b$ : Área bruta de la unidad de albañilería (cm<sup>2</sup>)

$\sigma$ : Desviación estándar (kg/cm<sup>2</sup>)

$f'_b$ : Resistencia característica a la compresión de la unidad de albañilería (kg/cm<sup>2</sup>)

Se prepara las muestras para el ensayo, colocando el refrendado de 3mm de espesor, conformado de cemento y yeso, en una proporción de 1:1 (cemento:yeso), en ambas caras de la unidad entera y seca, con la finalidad de distribuir el esfuerzo o la carga axial, en toda el área de las caras de la unidad, durante el ensayo. El refrendado se deja secar un tiempo prudente 2 días. Y se procede a realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

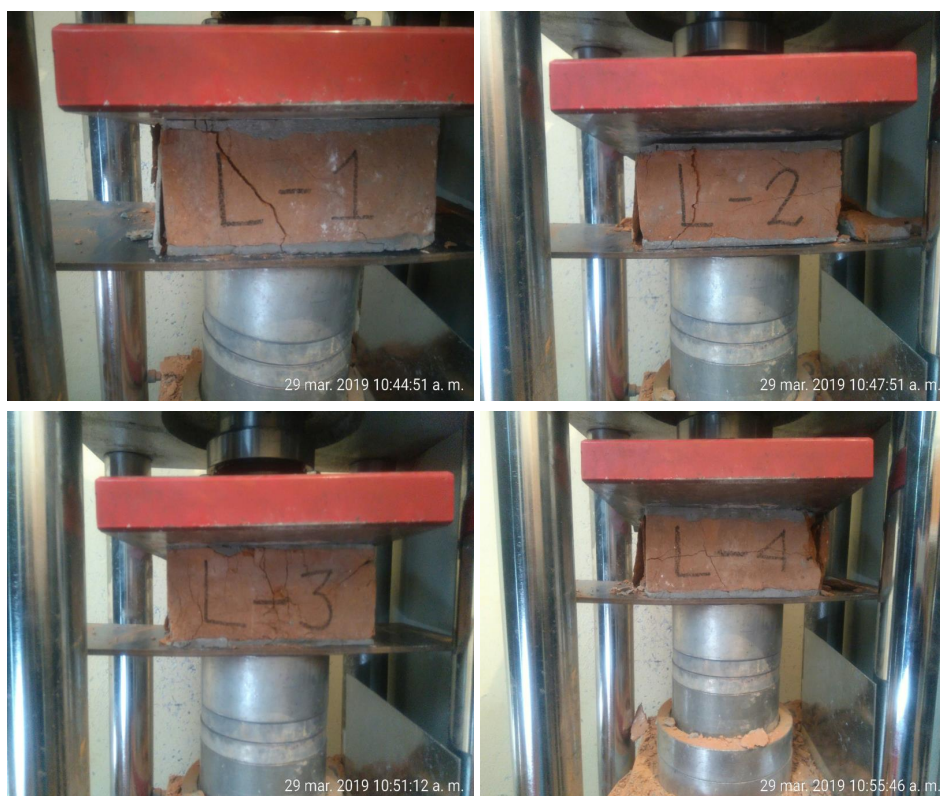
### a.3.1 Procedimiento de ensayo

Se toma las medidas largo, ancho y alto de la unidad, se procede a colocar la unidad de albañilería a la maquina a compresión, se aplica carga axial a una velocidad de ensayo de 1KN/min; finalmente se observa la rotura final de la unidad de albañilería, como se puede ver en las figuras 45, 44 y 46.

**Tabla 8** Identificación de unidades de rotura.

Muestra	Peso Seco (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Identificación
L-1	2.97	2.42	Unidades fabricadas sin presencia de partícula de rocas en la masa
L-2	2.90	2.37	
L-3	2.79	2.38	
L-4	2.87	2.40	
L-5	2.97	2.37	
M-06	2.83	2.32	Unidades fabricadas con rocas, tamaño máximo 2", en la masa y representa el grupo experimental
M-07	2.97	2.47	
M-08	2.90	2.41	
M-09	2.79	2.44	
M-10	2.87	2.38	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 44** Rotura de la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 45** Rotura de la unidad artesanal.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 46** Rotura de la unidad artesanal.  
Fuente: Elaboración propia

### b. Pilas de albañilería

Este ensayo se realiza con 3 pilas con unidades fabricadas con inclusión de rocas (grupo experimental) y 3 pilas con unidades fabricadas sin la inclusión de rocas (grupo de control), para diferenciar se codifica cada pila.

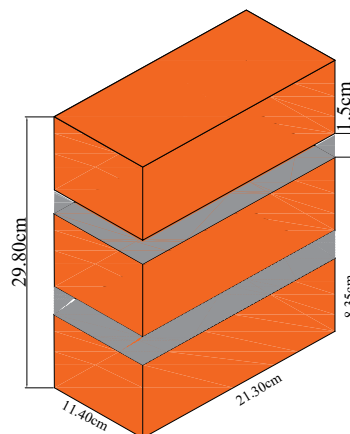
Se construyen 6 pilas de 3 hiladas, mediante juntas de mortero de 1.2cm a 1.5cm. Se preparó la mezcla de mortero con una proporción de 1:0:4 (cemento: cal: arena), terminado este trabajo se hace el curado con agua durante un periodo de 7 días. Finalmente se ensaya las pilas de albañilería cuando cumplieron los 28 días de edad.



**Figura 47** Pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 48 se observa una muestra de la pila de albañilería, mostrando su altura y las dimensiones de la unidad artesanal que lo compone y una esbeltez  $h/t=29.80/11.40=2.61$ .



**Figura 48** Muestra pila de albañilería .

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería ( $f'_m$ ), se aplicó la siguiente ecuación:

$$f_m = \frac{P_{max}}{A_b}$$

$$f'_m = f_m - \sigma$$

Donde:

$f_m$ : Resistencia a la compresión de la pila de albañilería, multiplicada por el factor de corrección por esbeltez ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P_{max}$ : Carga máxima de rotura ( $\text{kgf}$ )

$A_b$ : Área bruta de la pila de albañilería ( $\text{cm}^2$ )

$\sigma$ : Desviación estándar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$f'_m$ : Resistencia característica a la compresión de la pila de albañilería ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Se coloca el refrendado de 3mm de espesor, conformado de cemento y yeso, en una proporción de 1:1 (cemento:yeso), en ambas caras de la pila, con la finalidad de distribuir el esfuerzo o la carga axial, en toda el área de las caras de la pila, durante el ensayo. El refrendado se deja secar un tiempo prudente 2 días para continuar a realizar el ensayo de resistencia a la compresión y su posterior rotura de las pilas.

### **b.1 Procedimiento de ensayo**

Se toma las medidas largo, ancho y alto de la pila, se procede a colocar la pila de albañilería a la maquina a compresión, se aplica carga axial a una velocidad de ensayo de  $1\text{kN}/\text{min}$  que varía, hasta alcanzar su carga máxima de rotura.

**Tabla 9** Identificación de Pilas de albañilería.

Muestra	Esbeltez (h/t)	Área (cm <sup>2</sup> )	Identificación
PL-01	2.59	245.92	Pilas construidas, con unidades fabricadas sin presencia de rocas en la masa
PL-02	2.61	238.26	
PL-03	2.63	243.8	
PM-01	2.53	236.17	Pilas construidas, con unidades fabricadas con rocas, tamaño máximo 2", en la masa
PM-02	2.48	247.08	
PM-03	2.66	243.6	

h: Altura de la pila de albañilería

t: Espesor de la pila de albañilería

Fuente: Elaboración propia

Resultado de roturas en los prismas de pilas, se puede observar en las figuras 49 y 50.

**Figura 49** Rotura de las pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 50** Rotura de las pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia

### c. Ensayos no clasificados

#### c.1 Succión

Este ensayo se realiza con 5 unidades fabricadas con inclusión de rocas (grupo experimental) y 5 unidades fabricadas sin la inclusión de rocas (grupo de control), para diferenciar se codifica cada muestra ensayada.

Los ladrillos se secan en el horno durante 24 horas a una temperatura de  $110\text{ C}^\circ$  para obtener unidades secas, luego se retiran las unidades del horno y se dejan enfriar a una temperatura ambiente para registrar su peso seco. En una balanza electrónica que tiene una precisión de 0.5g.

En el ensayo se hace uso un recipiente de base plana, se coloca dos barras de acero que sirven de apoyo para la unidad, sobre esos apoyos se tiene la unidad durante un periodo de un 1 minuto, tiempo en el que la unidad succiona el agua, después de ese tiempo se retira la unidad y se seca la cara en contacto con el agua con un paño, y se prosigue a pesar la unidad para obtener su peso. Y se repite este trabajo para cada muestra.



**Figura 51** Ensayo succión de la unidad.

Para el cálculo de la succión se presenta la siguiente formula:

$$S = \frac{200 * w}{L * B}$$

Donde:

W: peso aumentado (g)

L: Largo promedio de superficie de contacto (cm)

B: Ancho promedio de superficie de contacto (cm)

S: Succión normalizada en 200 cm<sup>2</sup> (g)

# Capítulo IV

## Resultados

---

### 1. Sobre ensayo realizado en el laboratorio de petrología-UNSCH

Relación de las rocas identificadas, caracterizadas de acuerdo a su composición mineralógica y química, se muestra los siguientes, como se puede ver en las figuras 52 y 53:



**Figura 52** Caracterización de rocas, tamaño máximo 2" .

Fuente: Elaboración propia



**Figura 53** Caracterización de rocas, tamaño máximo 2" .

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de este ensayo se tiene, rocas que predominan como el cuarzo por ser formador de la mayoría de las rocas de baja temperatura. También, se tiene el basalto roca porosa y oscura de alta temperatura y la caliza roca conformada de minerales de calcita y dolomita por su composición mineralógica y química.

**Tabla 10** *Temperatura de reacción de las rocas.*

Relación de rocas	Temperatura del Horno
Caliza	900° C a 1100° C
Cuarzo	350° C a 500°
Cuarcita, Riolita y Vidrio volcánico	350° C a 500° C
Basalto	950° C
Diabasa	350° C a 500°

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, se muestra las temperaturas de reacción mineralógicas y química que sufren

las rocas tales como la caliza, cuarzo en el proceso de cocción, que son incluidas en la masa preparada, durante la elaboración de las unidades artesanales. Sin embargo, se debe tener presente que estas temperaturas fueron estimadas de manera empírica controladas de acuerdo al tiempo de cocción.

## 2. Sobre el ensayo de Difracción de Rayos X (DRX)

En esta investigación se analizó una (01) muestra de 3 gramos en polvo de mezcla de dos rocas, proveniente de las canteras de arcilla roja, de las ladrilleras de Compañía, propiedad de la Sra. Martha Jara, ubicado en el distrito de Pacaycasa, región Ayacucho, la cual fue preparada en el porta muestra estándar. Como se muestra en los ensayos de Difracción de Rayos X (DRX).

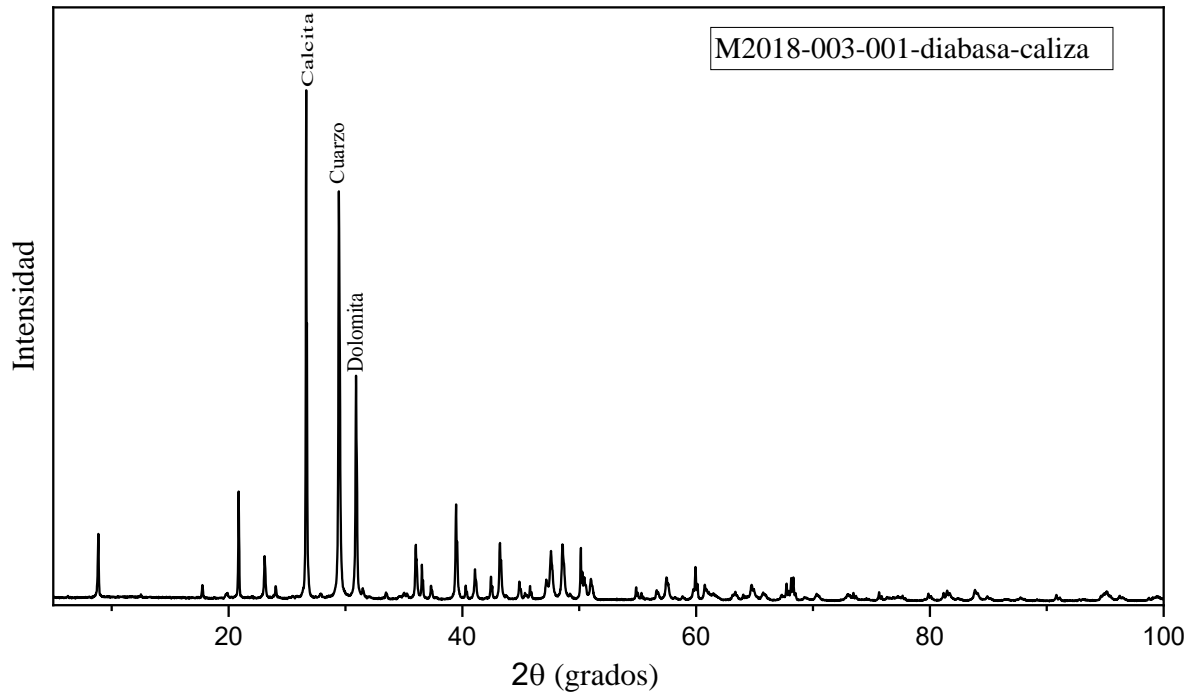
Al realizar la comparación del difractograma de la muestra codificada como “M2018-003-001-diabasa-caliza”, figura 54, se identificaron principalmente las fases que llevan los códigos siguientes: 010830577, 030650466, 010841208, 010861630, 010742428, respectivamente, figura 55, así mismo, se observa la presencia de una fase no identificada. También, para estimar y verificar el porcentaje en peso (W) de las principales fases identificadas, se utilizó el método Rietveld; donde dichos valores se observan en la Tabla 11

**Tabla 11 Resultados del ensayo DRX**

<b>Resultado porcentaje en peso (W)</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Fase</b>	<b>Peso(W)</b>
<b>Diabasa-Caliza</b>	Carbonato de calcio $Ca(CO_3)$ (Calcita)	25.70
	Óxido de silicio $SiO_2$ (Cuarzo bajo)	24.001
	Carbonato de calcio y magnesio $(CaMg(CO_3)_2)$ (Dolomita)	16.50
	Óxido de silicio $SiO_2$ (Cuarzo)	12.10
	Muscovita $(KAl_3SiO_{10}(OH)_2)$	4.40
	Fase no identificada	17.3

Fuente: Elaboración propia

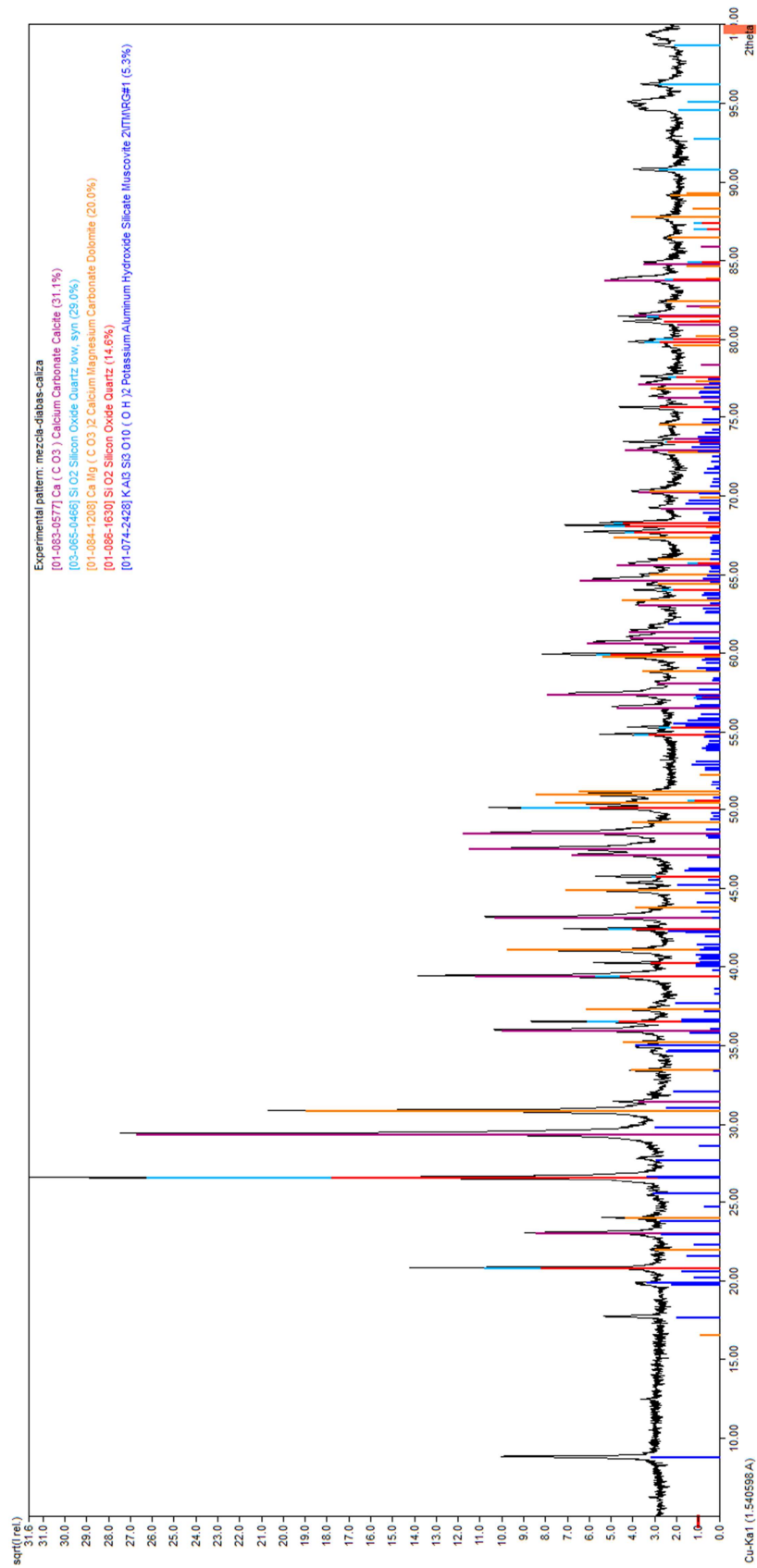
Se presenta el resultado de los análisis de los difractogramas para las dos muestras estudiadas, en donde se señalan los compuestos químicos encontrados en cada una de ellas. En las muestras caliza y diabasa se observan unos pocos picos, de baja y alta intensidad, que han sido identificados y otros picos que representan fase no identificadas.



**Figura 54** Difractograma de la muestra M2018-003-001-diabasa-caliza.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 54, se ve la gráfica de la intensidad del haz de rayos x difractado en función de los ángulos de difracción  $2\theta$ , expresado en grados y la intensidad expresada en "cuentas por segundo" (cps) o en "unidades arbitrarias" (u.a.), para la muestra en polvo de las rocas, proveniente de la cantera de arcilla roja, de las ladrilleras de centro poblado de Compañía, región Ayacucho.



**Figura 55** Difractograma de la muestra “M2018-003-001-diabasa-caliza” con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.

Fuente: Elaboración propia

### 3. Ensayos mecánicos de la unidad de albañilería artesanal

#### 3.1 Variabilidad dimensional

Se muestra los datos obtenidos en el laboratorio para realizar el ensayo de variación dimensional y clasificar de acuerdo con la norma técnica peruana E.070 de albañilería, se observa en la tabla A.1, tanto el largo, ancho y altura no tienen una variación significativa en sus dimensiones.

**Tabla 12 Datos del ensayo variación dimensional**

Muestra	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom.	A1	A2	A3	A4	Aprom.	H1	H2	H3	H4	Hprom.
L-1	209	210	209	209	209.25	113	113	114	113	113.25	83	83	85	83	83.5
L-2	211	211	209	209	210	113	112	113	114	113	82	81	82	83	82
L-3	211	209	211	209	210	112	111	114	113	112.5	82	81	82	80	81.25
L-4	208	209	208	207	208	114	112	113	114	113.25	83	80	81	82	81.5
L-5	209	209	208	208	208.5	110	113	113	113	112.25	83	79	81	83	81.5
L-6	209	209	209	209	209	113	112	113	113	112.75	83	82	81	83	82.25
L-7	208	209	209	208	208.5	113	111	112	112	112	83	82	82	83	82.5
L-8	208	208	208	207	207.75	114	112	113	112	112.75	82	83	81	82	82
L-9	209	211	209	209	209.5	115	114	113	114	114	82	84	84	82	83
L-10	209	210	209	207	208.75	115	114	113	113	113.75	82	84	84	82	83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13 Datos del ensayo variación dimensional**

Muestra	Largo(mm)					Ancho(mm)					Altura(mm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom.	A1	A2	A3	A4	Aprom.	H1	H2	H3	H4	Hprom.
M-1	212	211	211	211	211.25	117	117	116	115	116.25	85	84	86	85	85
M-2	209	212	210	209	210	114	112	113	114	113.25	82	83	80	82	81.75
M-3	206	212	210	209	209.25	113	112	113	113	112.75	82	81	82	81	81.5
M-4	209	210	209	211	209.75	114	113	112	114	113.25	82	80	79	82	80.75
M-5	208	209	208	208	208.25	113	112	112	113	112.5	83	81	82	81	81.75
M-6	209	210	209	209	209.25	113	112	114	114	113.25	81	81	84	81	81.75
M-7	210	211	210	211	210.5	114	112	115	114	113.75	82	82	81	83	82
M-8	209	207	209	209	208.5	115	114	114	114	114.25	82	81	84	80	81.75
M-9	212	211	211	211	211.25	117	117	116	115	116.25	85	84	86	85	85
M-10	209	210	209	211	209.75	114	113	112	114	113.25	82	80	79	82	80.75

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2 Alabeo

El alabeo de la unidad artesanal resulta de medir la concavidad y convexidad en forma diagonal en las caras que definen el ancho de dicha unidad, con una precisión de 1mm, el resultado indica si la unidad es convexa, cóncava o de una superficie plana en dichas caras, finalmente el alabeo será el valor promedio de estas medidas.

**Tabla 14 Resultado ensayo alabeo**

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)	
	1 (mm)	2 (mm)	1 (mm)	2 (mm)	CA	CB
L-1	CC - 1	CC - 1	CV - 0	CV - 1	1	1
L-2	CC - 1	CC - 0	CV - 2	CV - 2	1	2
L-3	CC - 1	CC - 1	CV - 2	CV - 0	1	2
L-4	CC - 1	CC - 1	CV - 1	CV - 3	1	3
L-5	CV - 0	CV - 0	CV - 1	CV - 2	0	2
L-6	CC - 0	CC - 0	CV - 3	CV - 1	0	3
L-7	CC - 1	CC - 0	CV - 1	CV - 1	1	1
L-8	CC - 1	CC - 1	CV - 1	CV - 1	1	1
L-9	CC - 0	CC - 1	CV - 1	CV - 1	1	1
L-10	CV - 0	CV - 0	CC - 1	CC - 0	0	1
<b>Promedio</b>					0.70	1.70

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15 Resultado ensayo alabeo**

Muestra	Cara A		Cara B		Alabeo (mm)	
	1 (mm)	2 (mm)	1 (mm)	2 (mm)	CA	CB
M-1	CC - 1	CC - 0	CC - 2	CC - 1	1	2
M-2	CV - 1	CV - 1	CV - 3	CV - 2	1	3
M-3	CC - 0	CC - 0	CV - 1	CV - 2	0	2
M-4	CC - 1	CC - 0	CV - 2	CV - 1	1	2
M-5	CC - 0	CC - 0	CV - 3	CC - 2	0	3
M-6	CC - 1	CC - 1	CV - 3	CV - 1	1	3
M-7	CV - 0	CV - 0	CV - 2	CV - 2	0	2
M-8	CC - 1	CC - 1	CV - 3	CV - 2	1	3
M-9	CV - 2	CV - 1	CV - 2	CV - 2	2	2
M-10	CC - 1	CC - 1	CV - 3	CV - 1	1	3
<b>Promedio</b>					0.80	2.50

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_b$ )

Se muestra los resultados obtenidos durante el ensayo de resistencia a la compresión de la unidad artesanal, en las siguientes tablas:

**Tabla 16 Datos de ensayo resistencia a la compresión de la unidad ( $\text{kg/cm}^2$ )**

Muestras sin roca	Largo (mm)		Lprom. (mm) Lp	Ancho (mm)		Aprm. (mm) Ap	Peso Seco (g)	Carga Máxima		Área Bruta ( $\text{cm}^2$ )	Resistencia( $f'_b$ ) ( $\text{Kg/cm}^2$ )
	L1	L2		A1	A2			(KN)	(Kg)		
L-1	212	211	211.50	114	115	114.50	2970.10	183.30	18685.02	242.17	77.16
L-2	210	209	209.50	112	114	113.00	2904.20	180.40	18389.40	236.74	77.68
L-3	209	210	209.50	113	114	113.50	2794.70	167.90	17115.19	237.78	71.98
L-4	210	209	209.50	116	113	114.50	2873.30	170.60	17390.42	239.88	72.50
L-5	208	211	209.50	114	112	113.00	2970.10	164.27	16745.16	236.74	70.73

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17 Datos de ensayo resistencia a la compresión de la unidad (kg/cm<sup>2</sup>)**

Muestras con roca	Largo (mm)		Lprom. (mm)	Ancho (mm)		Aprom. (mm)	Peso Seco (g)	Carga Máxima		Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Resistencia(f' b) (Kg/cm <sup>2</sup> )
	L1	L2	Lp	A1	A2	Ap		(KN)	(Kg)		
M-06	201	209	205.00	112	114	113.00	2830.50	155.82	15883.79	231.65	68.57
M-07	213	211	212.00	117	116	116.50	2970.10	116.70	11896.02	246.98	48.17
M-08	209	210	209.50	115	115	115.00	2904.20	107.07	10914.37	240.93	45.30
M-09	212	211	211.50	115	116	115.50	2794.70	109.84	11196.74	244.28	45.84
M-10	209	210	209.50	115	112	113.50	2873.30	87.15	8883.79	237.78	37.36

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18 Resistencia  $f'_b$  de la unidad de albañilería en (kg/cm<sup>2</sup>)**

Características	Muestra (kg/cm <sup>2</sup> )	Muestra (kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia promedio ( $f'_b$ )	49.05	74.01
Desviación estandar ( $\sigma$ )	11.65	3.18
Resistencia a la compresión ( $f'_b$ )	<b>37.40</b>	<b>70.83</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Resistencia a la compresión de la pila ( $f'_m$ )

El ensayo de prismas de pilas de albañilería consiste en la determinación de la resistencia a la compresión  $f'_m$  que se determina dividiendo la carga máxima de rotura que resiste la pila entre el área bruta que es el producto de ancho por su espesor de la pila y siguiendo la recomendación de la norma técnica peruana E.070 de albañilería, se caracteriza y se desarrolla el ensayo de las pilas.

**Tabla 19 Resultado ensayo de resistencia a la compresión de la pila en (kg/cm<sup>2</sup>)**

Pilas (N°)	Altura (h) (cm)	Ancho (cm)	Espesor(t) (cm)	Esbeltez (h/t)	Pmáx (KN)	Pmáx (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	$f_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Factor de Corrección	$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
PL-01	30.10	21.20	11.60	2.59	123.30	12576.60	245.92	51.14	0.836	42.75
PL-02	29.80	20.90	11.40	2.61	136.34	13906.68	238.26	58.37	0.840	49.03
PL-03	30.30	21.20	11.50	2.63	124.26	12674.52	243.80	51.99	0.843	43.83

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20 Resultado ensayo de resistencia a la compresión de la pila en (kg/cm<sup>2</sup>)**

Pilas (N°)	Altura (h) (cm)	Ancho (cm)	Espesor(t) (cm)	Esbeltez (h/t)	Pmáx (KN)	Pmáx (Kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	$f_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Factor de Corrección	$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
PM-01	28.60	20.90	11.30	2.53	98.47	10043.94	236.17	42.53	0.825	35.09
PM-02	28.80	21.30	11.60	2.48	116.49	11881.98	247.08	48.09	0.816	39.24
PM-03	30.80	21.00	11.60	2.66	101.29	10331.58	243.60	42.41	0.849	36.01

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21 Resistencia ( $f'_m$ ) de la pila de albañilería en ( $kg/cm^2$ )**

Características	Muestra ( $kg/cm^2$ )	Muestra ( $kg/cm^2$ )
Resistencia promedio ( $f'_m$ )	36.78	45.20
Desviación estandar ( $\sigma$ )	1.78	2.74
Resistencia a compresión ( $f'_m$ )	<b>35.00</b>	<b>42.46</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Succión

Este ensayo fue realizado, en un tiempo controlado de 1 minuto de succión y de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería, la succión debería tener un valor comprendido entre  $10$  y  $20\text{ gr}/200\text{cm}^2 - \text{min}$ . Considerando esta recomendación vemos que los resultados del ensayo están fuera de este rango, por tanto, las unidades deben humedecer durante 12 a 15 horas, para reducir la succión, antes de asentar.

**Tabla 22 Resultado del ensayo de succión**

Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso(g)		Succión (g)	Area Bruta ( $\text{cm}^2$ )	S (g)
				Inicial-Seco	Final+agua			
L-11	209.50	112.50	82.00	2827.50	2972.00	144.50	235.69	122.62
L-12	209.25	115.50	82.50	2915.50	3078.00	162.50	241.68	134.47
L-13	208.00	111.75	80.50	2779.00	2931.00	152.00	232.44	130.79
L-14	208.00	112.25	80.50	2796.00	2950.50	154.50	233.48	132.35
L-15	209.00	114.00	84.00	2861.50	2986.50	125.00	238.26	104.93
Promedio								125.03

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23 Resultado del ensayo de succión**

Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)	Peso(g)		Succión (g)	Área Bruta ( $\text{cm}^2$ )	S (g)
				Inicial-Seco	Final+agua			
M-01	207.25	113.25	81.00	3015.50	3138.00	122.50	234.71	104.38
M-02	208.50	113.25	81.50	2782.50	2958.00	175.50	236.13	148.65
M-03	210.00	113.75	83.50	2893.50	3012.50	119.00	238.88	99.63
M-04	208.75	113.50	81.75	2920.50	3015.50	95.00	236.93	80.19
M-05	209.00	112.50	81.75	2867.50	2973.50	106.00	235.13	90.16
Promedio								104.60

Fuente: Elaboración propia

## 4.1 Contratación de hipótesis

La comprobación de hipótesis, se realiza haciendo uso de datos recolectados en la encuesta realizada en las ladrilleras del centro poblado de Compañía, cuya encuesta está basada en preguntas referidas a la presencia de partículas de roca y a los defectos que existen en los ladrillos de dicha zona de estudio.

Además, para la contratación de la hipótesis se usa la prueba de Chi cuadrado que consiste en comparar la distribución observada de los datos con una distribución esperada de los datos.

### - Contratación de la hipótesis general

**Tabla 24** Frecuencia observada y esperada, hipótesis general.

Tabla cruzada ¿ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles? ¿cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?					
			¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?		Total
			regular	bueno	
¿Ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?	fisuras	Observado	7	1	8
		Esperado	5,4	2,6	8,0
	manchas blancas	Observado	6	1	7
		Esperado	4,7	2,3	7,0
	grietas	Observado	9	2	11
		Esperado	7,4	3,6	11,0
	oquedades	Observado	5	9	14
		Esperado	9,5	4,6	14,0
Total		Observado	27	13	40
		Esperado	27,0	13,0	40,0

Fuente: Elaboración propia, tabla obtenida de SPSS

### Planteamiento de hipótesis:

$H_0$ =El estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, **no** permiten mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

$H_1$ =El estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, permiten mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

**Fórmula para el Chi Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$E_i$ : = Valores esperados

$O_i$  = Valores observados

**Estimación de confiabilidad y error:**

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Cálculo de grados de libertad:**

$$\text{gdl} = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

$$\text{gdl} = (4-1) * (2-1)$$

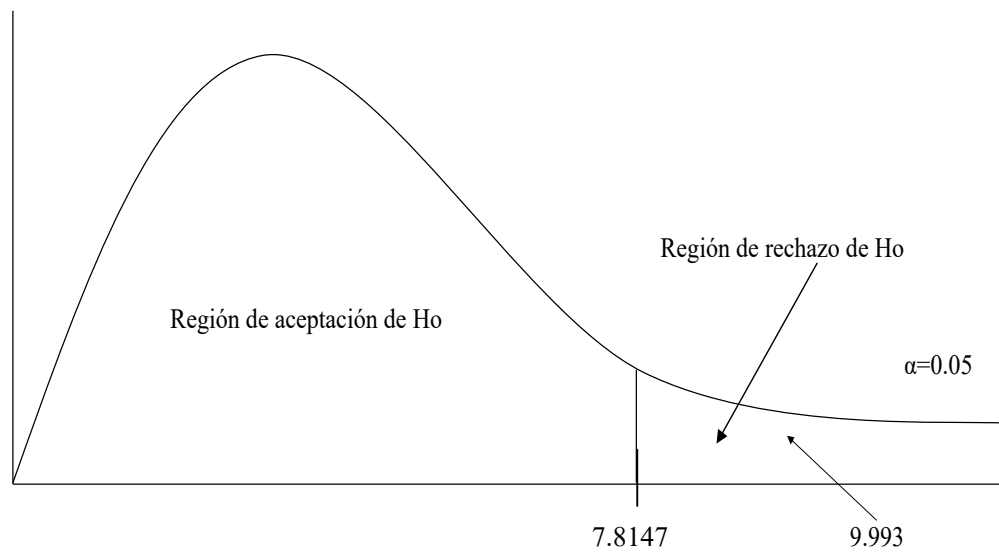
$$\text{gdl} = 3$$

Prueba estadística, Chi cuadrado con 3 gdl:

$$X_{\text{Cal}}^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X_{\text{Cal}}^2 = 9.993$$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula  $X_c^2 = 9.993$  y con 3 gdl, nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula  $X_t^2 = 7.8147$ , como  $X_c^2$  es menor a  $X_t^2$ , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$** .

**Representación gráfica:****Figura 56** Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.

Fuente: Elaboración propia

**Toma de decisión:**

El valor de  $X^2_t = 7.8147 < X^2_c = 9.993$  de esta manera se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  es decir: El estudio de los efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal, no permiten mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

**- Contratación de la hipótesis específica N° 1****Tabla 25** Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 1.

		Tabla cruzada ¿ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles? ¿cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?			
		¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?		Total	
			regular		bueno
¿Ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?	fisuras	Observado	7	1	8
		Esperado	5,4	2,6	8,0
	manchas blancas	Observado	6	1	7
		Esperado	4,7	2,3	7,0
	grietas	Observado	9	2	11
		Esperado	7,4	3,6	11,0
	oquedades	Observado	5	9	14
		Esperado	9,5	4,6	14,0
Total		Observado	27	13	40
		Esperado	27,0	13,0	40,0

Fuente: Elaboración propia, tabla obtenida de SPSS

**Planteamiento de hipótesis:**

$H_0$ =La evaluación de los efectos patológicos *no* ayuda a mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

$H_1$ =La evaluación de los efectos patológicos puede ayudar a mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

**Fórmula para el Chi Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$E_i$  = Valores esperados

$O_i$  = Valores observados

**Estimación de confiabilidad y error:**

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Cálculo de grados de libertad:**

$$\text{gdl} = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

$$\text{gdl} = (4-1) * (2-1)$$

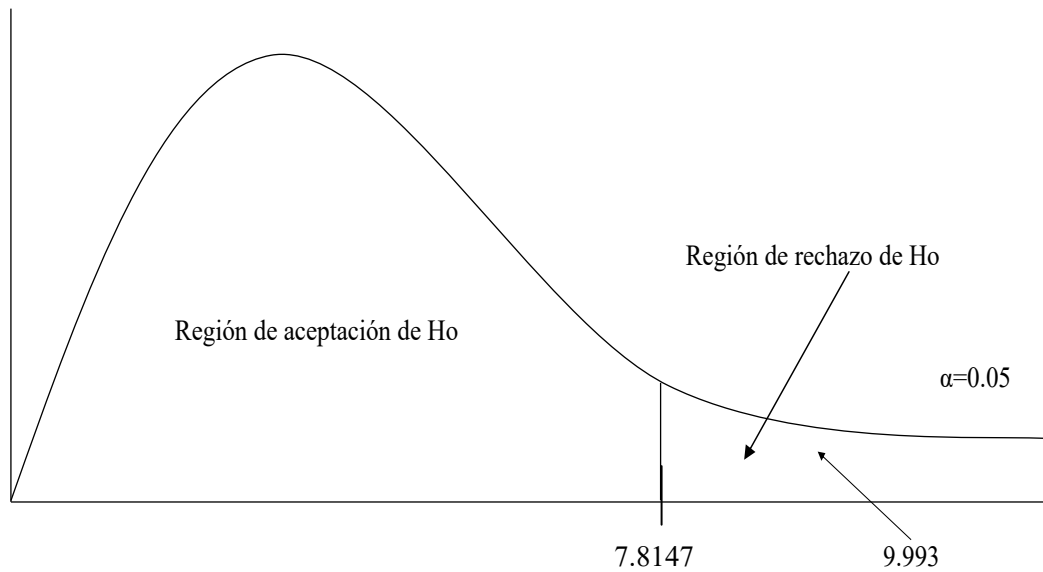
$$\text{gdl} = 3$$

Prueba estadística, Chi cuadrado con 3 gdl:

$$X_{\text{Cal}}^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X_{\text{Cal}}^2 = 9.993$$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula  $X_c^2 = 9.993$  y con 3 gdl, nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula  $X_t^2 = 7.8147$ , como  $X_c^2$  es menor a  $X_t^2$ , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$** .

**Representación gráfica:****Figura 57** Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.

Fuente: Elaboración propia

**Toma de decisión:**

El valor de  $X_t^2 = 7.8147 < X_c^2 = 9.993$  de esta manera se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  es decir: La evaluación de los efectos patológicos puede ayudar a mejorar la calidad de unidad artesanal en la región Ayacucho.

**- Contratación de la hipótesis específica N° 2****Tabla 26** Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 2.

			¿Ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?				Total
			fisuras	manchas blancas	grietas	oquedades	
¿Dónde observa las partículas de rocas?	arcilla roja	Observado	6	0	5	3	14
		Esperado	2,8	2,4	3,8	4,9	14,0
	puzolana	Observado	1	4	5	4	14
		Esperado	2,8	2,4	3,8	4,9	14,0
	tierra negra	Observado	1	3	1	7	12
		Esperado	2,4	2,1	3,3	4,2	12,0
Total		Observado	8	7	11	14	40
		Esperado	8,0	7,0	11,0	14,0	40,0

Fuente: Elaboración propia, tabla obtenida de SPSS

**Planteamiento de hipótesis:**

$H_0$ =El análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico **no** ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

$H_1$ =El análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

**Fórmula para el Chi Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$E_i$  = Valores esperados

$O_i$  = Valores observados

**Estimación de confiabilidad y error:**

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Cálculo de grados de libertad:**

$$\text{gdl} = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

$$\text{gdl} = (3-1) * (4-1)$$

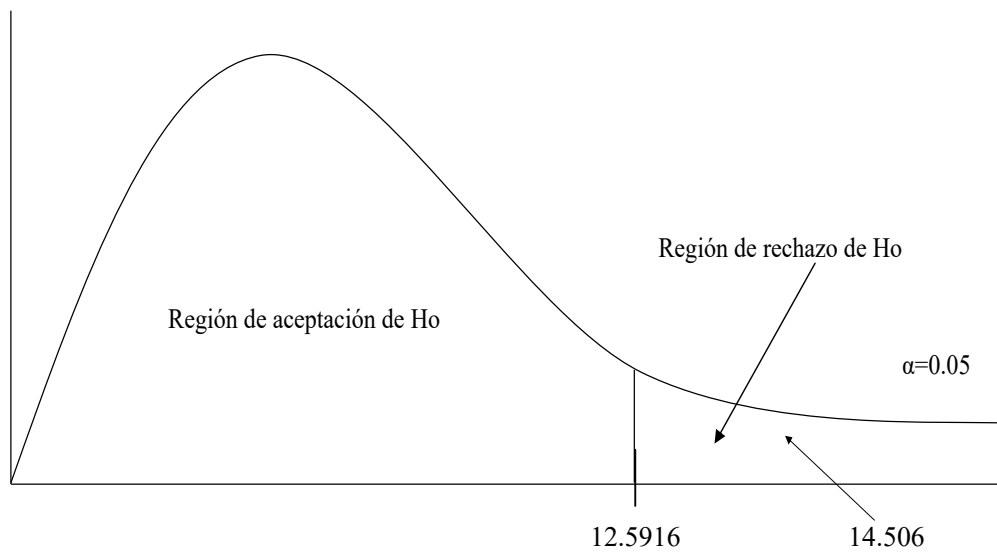
$$\text{gdl} = 6$$

Prueba estadística, Chi cuadrado con 6 gdl:

$$X_{\text{Cal}}^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X_{\text{Cal}}^2 = 14.506$$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula  $X_c^2 = 14.506$  y con 6 gdl, nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula  $X_t^2 = 12.5916$ , como  $X_{\text{Cal}}^2$  es menor a  $X_t^2$ , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$** .

**Representación gráfica:****Figura 58** Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.

Fuente: Elaboración propia

**Toma de decisión:**

El valor de  $X_t^2 = 12.5916 < X_c^2 = 14.506$  de esta manera se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  es decir: El análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

**- Contratación de la hipótesis específica N° 3****Tabla 27** Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 3.

Tabla cruzada ¿Qué tipo de rocas observa en la ladrillera?*; ¿ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?			¿Ha observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?				Total
			fisuras	manchas blancas	grietas	oquedades	
¿Qué tipo de rocas observa en la ladrillera?	Roca Carbonatada	Observado	5	1	5	1	12
		Esperado	2,4	2,1	3,3	4,2	12,0
	Roca Sulfatada	Observado	3	6	6	13	28
		Esperado	5,6	4,9	7,7	9,8	28,0
Total		Observado	8	7	11	14	40
		Esperado	8,0	7,0	11,0	14,0	40,0

Fuente: Elaboración propia, tabla obtenida de SPSS

**Planteamiento de hipótesis:**

$H_0$ =La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX) **no** ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

$H_1$  = La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX) ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

**Fórmula para el Chi Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O_I - E_I)^2}{E_I}$$

Donde:

$E_i$ : = Valores esperados

$O_i$  = Valores observados

**Estimación de confiabilidad y error:**

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Cálculo de grados de libertad:**

$$\text{gdl} = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

$$\text{gdl} = (2-1) * (4-1)$$

$$\text{gdl} = 3$$

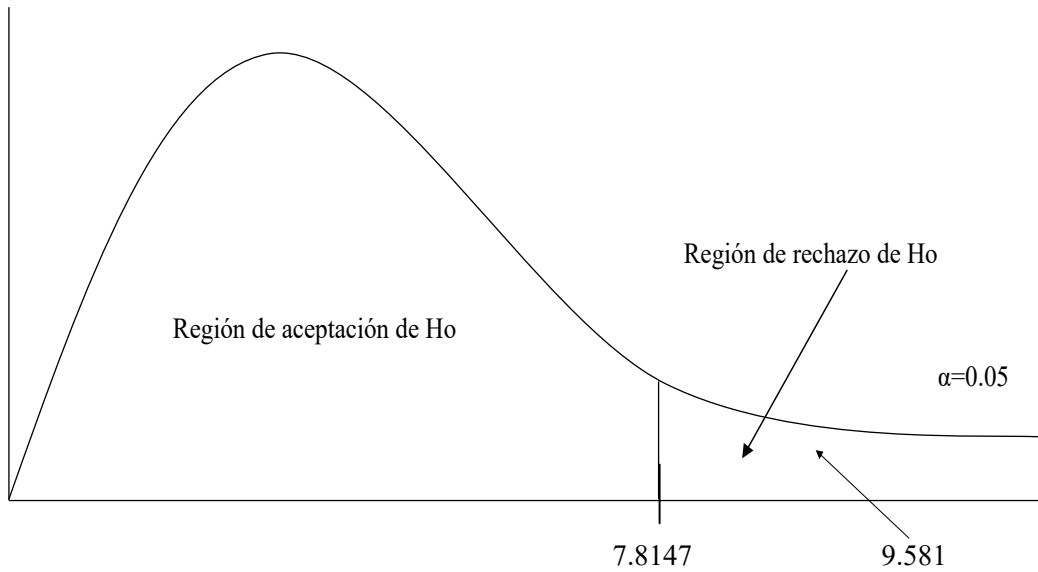
Prueba estadística, Chi cuadrado con 3 gdl:

$$X_{Cal}^2 = \sum \frac{(O_I - E_I)^2}{E_I}$$

$$X_{Cal}^2 = 9.581$$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula  $X_c^2 = 9.581$  y con 3 gdl, nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula  $X_t^2 = 7.8147$ , como  $X_c^2$  es menor a  $X_t^2$ , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$** .

**Representación gráfica:**



**Figura 59** Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.  
Fuente: Elaboración propia

**Toma de decisión:**

El valor de  $X_t^2 = 7.8147 < X_c^2 = 9.581$  de esta manera se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  es decir: La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo de difracción de rayos x (DRX) ayudan a disminuir los efectos patológicos del ladrillo artesanal.

**- Contratación de la hipótesis específica N° 4**

**Tabla 28** Frecuencia observada y esperada, hipótesis específica N° 4.

Tabla cruzada ¿por qué considera usted que sus ladrillos de arcilla son adecuados para la construcción? *¿cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?					
			¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones?		Total
			regular	bueno	
¿Por qué considera usted que sus ladrillos de arcilla son adecuados para la construcción?	Por su resistencia	Observado	6	9	15
		Esperado	10,1	4,9	15,0
	Por su peso	Observado	8	2	10
		Esperado	6,8	3,3	10,0
	Por su dimensión	Observado	13	2	15
		Esperado	10,1	4,9	15,0
Total	Observado	27	13	40	
	Esperado	27,0	13,0	40,0	

Fuente: Elaboración propia, tabla obtenida de SPSS

**Planteamiento de hipótesis:**

$H_0$ =La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, por medio de ensayo mecánico **no** permiten conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal.

$H_1$ =La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, por medio de ensayo mecánico permiten conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal.

**Fórmula para el Chi Cuadrado:**

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

$E_i$  = Valores esperados

$O_i$  = Valores observados

**Estimación de confiabilidad y error:**

Nivel de confianza = 95 %

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Cálculo de grados de libertad:**

$$\text{gdl} = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

$$\text{gdl} = (3-1) * (2-1)$$

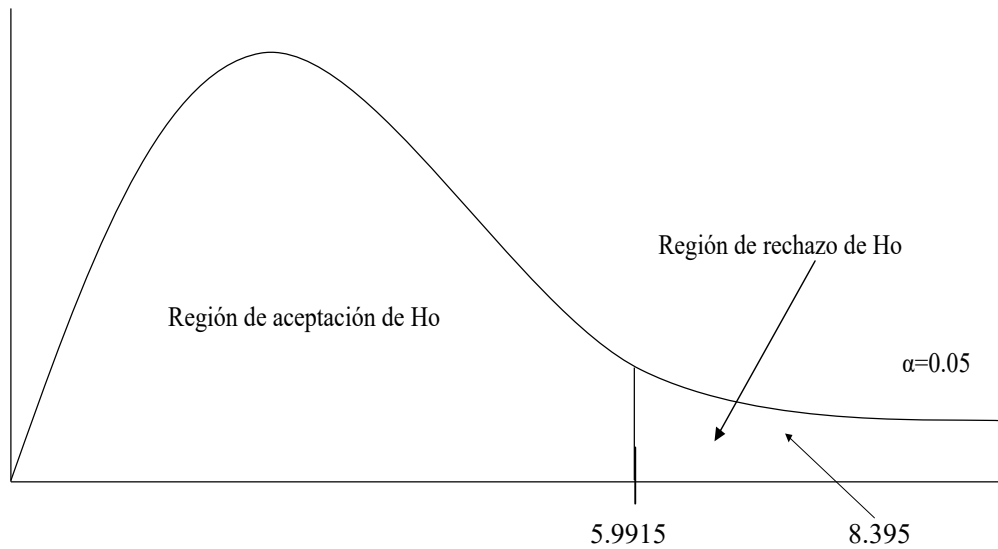
$$\text{gdl} = 2$$

Prueba estadística, Chi cuadrado con 2 gdl:

$$X_{\text{Cal}}^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$X_{\text{Cal}}^2 = 8.395$$

Haciendo uso la fórmula de chi cuadrado, se calcula  $X_c^2 = 8.395$  y con 2 gdl, nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ , se entra a la tabla chi cuadrado, se calcula  $X_t^2 = 5.9915$ , como  $X_c^2$  es menor a  $X_t^2$ , por tanto, **Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$** .

**Representación gráfica:****Figura 60** Gráfica de región de aceptación y rechazo de la hipótesis.

Fuente: Elaboración propia

**Toma de decisión:**

El valor de  $X_t^2 = 5.9915 < X_c^2 = 8.395$  de esta manera se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  es decir: La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas, por medio de ensayo mecánico permiten conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal.

**Conclusión:**

**Se rechaza la hipótesis nula  $H_0$**  y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ , por lo tanto, La evaluación de los efectos patológicos, el análisis de las propiedades físicas y mecánicas, mediante ensayo petrográfico, ensayo de difracción de rayos x (DRX) ayudan a disminuir los efectos patológicos y por medio de ensayo mecánico permiten conocer la resistencia y calidad del ladrillo artesanal. Contrastando la hipótesis general planteado en la presente investigación.

## 4.2 Análisis e interpretación

### 4.2.1 Sobre ensayo en laboratorio de petrología

Las partículas de roca identificadas en la presente investigación, fueron incluidas en la masa preparada, usada para la elaboración de unidades artesanales y sometidas a bajas y altas temperaturas durante el proceso de cocción, como resultado se tiene un cambio físico y químico de las partículas de roca, debido a la reacción que experimenta por la presencia del calor, en el horno.

Por otro lado, el análisis de estas rocas depende mucho de su tamaño y volumen, presentes en la masa preparada. A mayor tamaño de estas rocas mayor será los daños que pueden causar en la estructura de la unidad artesanal, de esta manera se observa que las unidades artesanales fabricadas, con la inclusión de estas partículas de roca, presentan porosidades, fisuras y grietas.

### 4.2.2 Sobre el ensayo de Difracción de Rayos X (DRX)

En la gráfica 55, se observa los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas, cada fase nos muestra los compuestos químicos en función al porcentaje en peso de la muestra ensayada.

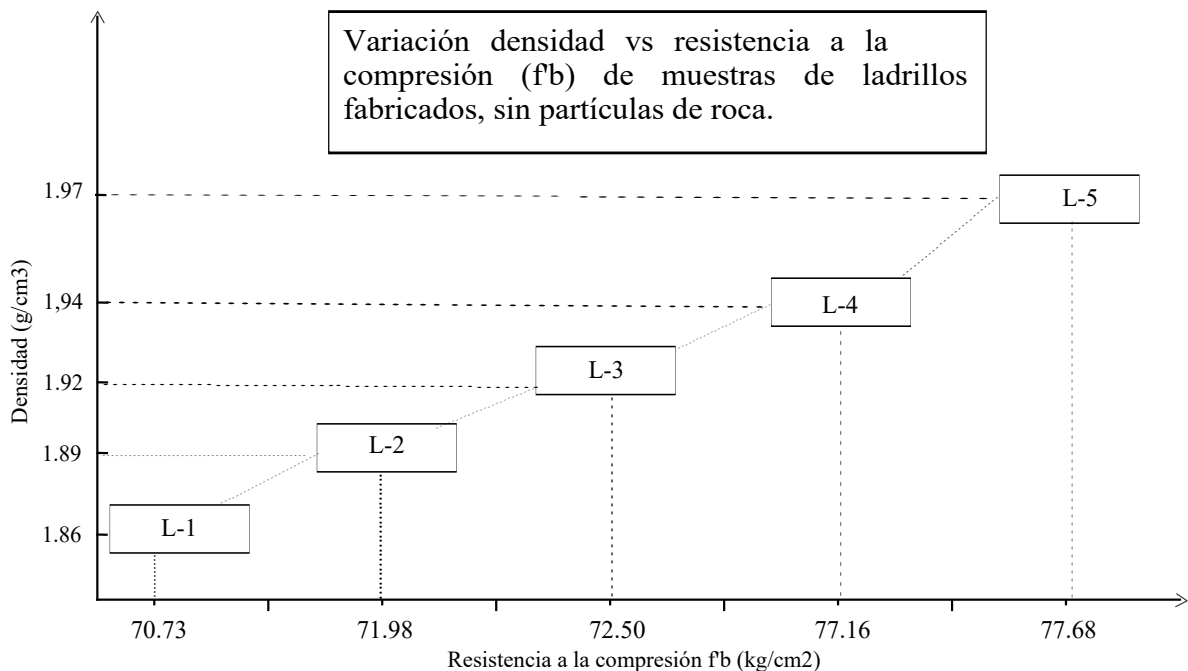
En la difractograma 55, se observa los picos difractados, lo que corresponde a mayor pico, mayor es la identificación de un compuesto químico, siendo identificada de esta manera los resultados para la muestra en polvo.

Los análisis realizados por Difracción de Rayos X (DRX) a las muestras de rocas en polvo, mostraron que las principales fases minerales identificadas son la calcita ( $CaCO_2$ ) y la presencia de dolomita [ $(CaMg(CO_3)_2)$ ], lo cual es muy común, en la caliza ya que ambos minerales pueden encontrarse juntos dentro de la caliza. Además, se tiene mineral como el cuarzo compuesto de óxido de silicio ( $SiO_2$ ) asociado a la diabasa, cuyos picos altos se muestran en la figura 54.

Además, se tiene que el cuarzo es común en dos fases identificadas como se observa en la figura 55, también se observa la presencia de Potasio (K) y Aluminio (Al), formando diferentes compuestos con elementos como el Silicio (Si), Oxígeno (O) y el Hidrógeno (H) pero en menor cantidad.

### 4.2.3 Sobre los resultados de las muestras de ladrillo preparadas in situ

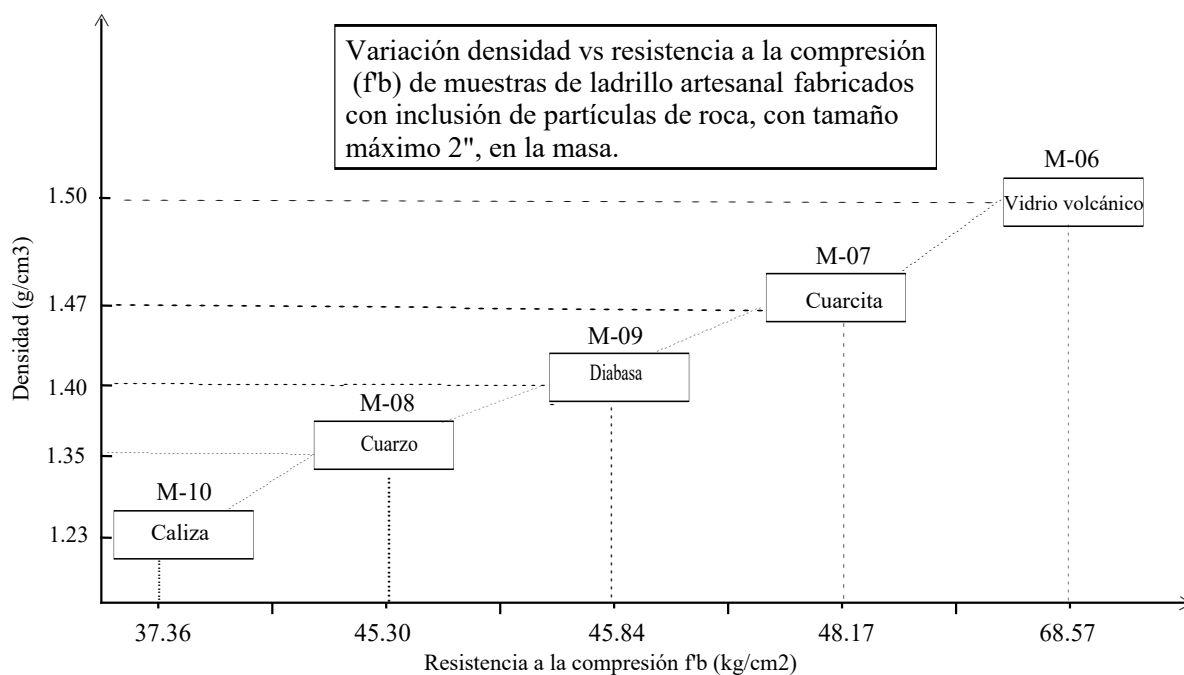
-La relación densidad versus resistencia a la compresión de la unidad artesanal. Como se puede observar en la figura 61, es una relación directa. La Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería, recomienda que la absorción de las unidades de arcilla no será mayor a 22%. En la siguiente gráfica se muestra los ladrillos mejorados, consistente, menos porosas, con una densidad mayor.



**Figura 61** Resultado densidad vs Resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) de la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia

-Se muestra la relación densidad versus resistencia a la compresión de la unidad artesanal. Como se puede observar en la figura 61, es decir, a mayor densidad la resistencia del ladrillo es mayor. Por tanto, mayor resistente al intemperismo. Además, el ladrillo artesanal es menos porosa.



**Figura 62** Resultado densidad vs Resistencia a la compresión ( $f_b$ ) de la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia

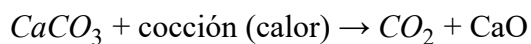
-La figura 62, muestra el daño que causa estas partículas de roca de tamaño máximo de 2", en los ladrillos artesanales, creando fisuras, poros, grietas, oquedades y como consecuencia de estos efectos el ladrillo posee un menor densidad, por tanto, un menor resistencia y mala calidad, no aptos para su uso en las edificaciones.

#### - Interpretaciones a los resultados más relevantes

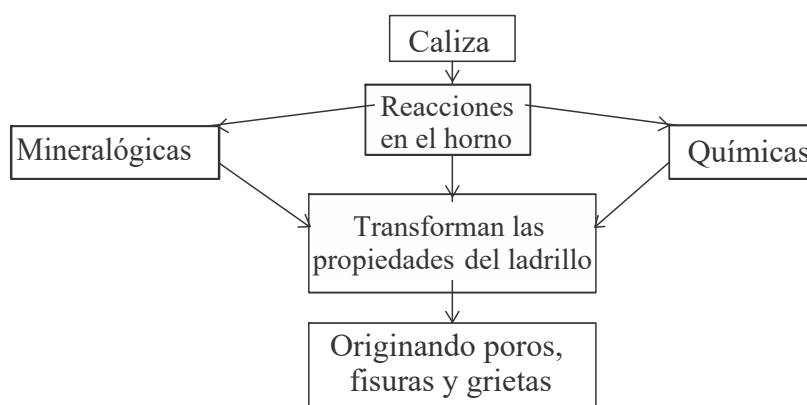
a. Las rocas identificadas en la cantera de arcilla roja de las ladrilleras de C.P. de Compañía, con tamaño máximo de 2", son llevadas al laboratorio de petrología-UNSCH para su caracterización, donde se comprobaron que son aquellas rocas que sufren reacciones mineralógicas y químicas, cuando entran en contacto a bajas temperaturas y algunas a altas temperaturas de calor, en los hornos, durante la fabricación de los ladrillos artesanales.

b. La búsqueda de rocas específicas de composición mineralógica y química como las rocas carbonatadas y rocas que contengan sílice, magnesio en su composición química. Se comprobó esta información con el ensayo de Difracción de Rayos X (DRX) y como resultado de dicho ensayo se tiene efectivamente rocas compuestas de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) y óxido de silicio ( $SiO_2$ ) entre otros como carbonato de calcio y magnesio [ $CaMg(CO_3)_2$ ].

c. La roca caliza al calcinarse a una temperatura aproximada de  $900^{\circ}\text{C}$  a  $1100^{\circ}\text{C}$  en el horno se descompone en óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), eliminando el  $\text{CO}_2$  presente en la roca, obteniendo como resultado óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) conocido como la cal viva.



Carbonato de Calcio + Calor  $\rightarrow$  Dióxido de Carbono + Óxido de calcio



**Figura 63** Diagrama de flujo de la desintegración de la caliza en la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 64** Efectos de la desintegración de la caliza en la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia



**Figura 65** Efectos originadas por la inclusión de roca, con tamaño máximo de 2", en las unidades artesanales .

Fuente: Elaboración propia

d. Cuando la cal viva que está depositada en forma de polvo en el interior de las unidades, entra en contacto con el agua, esta tiene un comportamiento de carácter muy expansivo dejando fisuras en la estructura de la unidad artesanal, además, se tiene la aparición de manchas blancas, conocido como el fenómeno de eflorescencia, producto de la cal hidratada que sale a la superficie a través de los poros de la unidad artesanal.

**Tabla 29** Descripción de la eflorescencias.

Muestra	Identificación	Descripción de la Eflorescencia
L-1	Unidades fabricadas sin inclusión de partícula de roca en la masa	Poca presencia, pero se observa en las caras, en algunas partes de los vértices de la unidad
L-2		
L-3		
L-4		
L-5		
M-06	Unidades fabricadas con inclusión de rocas en la masa, tamaño máximo de roca 2"	Mayor presencia, muy notorio y se observa en las caras, en algunas partes de los vértices de la unidad
M-07		
M-08		
M-09		
M-10		

Fuente: Elaboración propia

e. La observación directa de los poros, fisuras y grietas se ha visto en todo las unidades fabricadas in situ. El análisis realizado incluye su localización por su textura, junto a sus características geométricas, así como la cuantificación de dichos defectos, como se observa en la figura 65.

**Tabla 30** Descripción de los poros, fisuras y grietas.

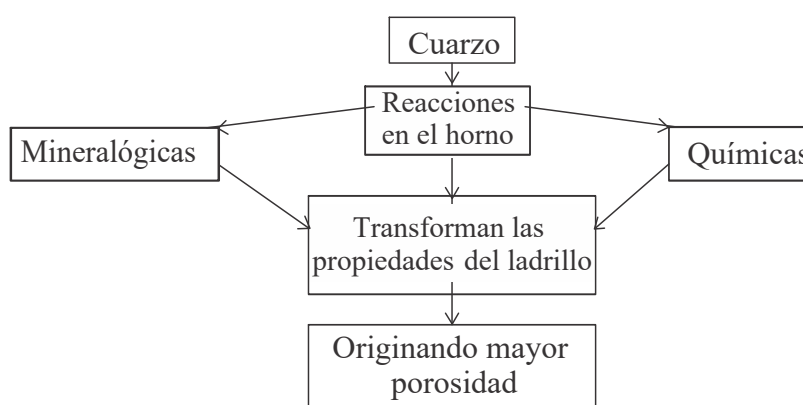
Muestra	Identificación	Descripción de Poros	Descripción de Fisuras	Descripción de Grietas
L-1	Unidades fabricadas sin inclusión de partícula de roca en la masa	Poca presencia, con una absorción de 21.76% de la unidad artesanal	Producto del proceso de fabricación, durante la estapa de cocción.	No existe
L-2				
L-3				
L-4				
L-5				
M-06	Unidades fabricadas con inclusión de rocas en la masa, con tamaño máximo de roca 2"	Mayor presencia, producto de la desintegración del cuarzo y cuarcita en la unidad artesanal	Producto de la desintegración de la caliza que deja la cal en el interior de la unidad artesanal	Producto de la desintegración de la caliza de mayor tamaño que deja la cal en el interior de la unidad artesanal
M-07				
M-08				
M-09				
M-10				

Fuente: Elaboración propia

**Figura 66** Defectos originados por la inclusión de roca en las unidades artesanales.

Fuente: Elaboración propia

f. Las rocas como el cuarzo ( $SiO_2$ ) de grano máximo de 2", que fueron incluidas para la elaboración de las unidades artesanales, son de baja temperatura 500 °C, en el proceso de la cocción, sufren reacciones mineralógicas y químicas produciendo reventones, originando poros, en toda la estructura de la unidad artesanal, este defecto se observó al obtener las unidades fabricadas in situ.

**Figura 67** Diagrama de flujo de la desintegración del cuarzo en la unidad artesanal.

Fuente: Elaboración propia

g. El Ladrillo artesanal fabricados sin inclusión de partículas de roca, permite una mejor resistencia a la compresión de las unidades, logrando clasificar de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería. Por tanto, es recomendable para fines de uso estructural en muros portantes.

## 4.2.4 Ensayos mecánicos de la unidad de albañilería artesanal

### 4.2.4.1 Variabilidad dimensional

De acuerdo al análisis de los resultados se tiene una mayor variación dimensional de las unidades, debido a la forma geométrica variada de las dimensiones, como este ensayo determina el espesor de las juntas de la albañilería, tanto la horizontal y vertical, entonces la reducción de la resistencia a compresión axial y al corte de la albañilería, se verá afectada significativamente. Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos de estas unidades, no clasifica.

**Tabla 31** Resultado del ensayo variación dimensional (L)

Medida de Fabricante	Largo (mm)	220.00	Ancho (mm)	120.00	Altura (mm)	90.00
Desviacion estandar	$\sigma$ :	0.77	$\sigma$ :	0.63	$\sigma$ :	0.75
Medida promedio	L (mm)	208.93	A (mm)	112.95	H (mm)	82.25
Variacion Dimensional	%	5.03	%	5.88	%	8.61

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32** Resultado del ensayo variación dimensional (M)

Medida de Fabricante	Largo (mm)	220.00	Ancho (mm)	120.00	Altura (mm)	90.00
Desviacion estandar	$\sigma$ :	1.02	$\sigma$ :	1.34	$\sigma$ :	1.54
Medida promedio	L (mm)	209.78	A (mm)	113.88	H (mm)	82.20
Variacion Dimensional	%	4.65	%	5.10	%	8.67

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.4.2 Alabeo

El análisis de los resultados de este ensayo nos muestra un valor menor de alabeo, lo que significa, que se tendrá un menor espesor de juntas, el área de contacto con el mortero es favorable, donde no se tendrá fallas de tracción por flexión en la unidad, debido a las diversas cargas existentes en los muros de albañilería. La unidad clasifica en clase V de acuerdo a las pruebas, con un valor de alabeo de 2.5mm.

### 4.2.4.3 Resistencia a la compresión de la unidad ( $f'_b$ )

De acuerdo a la norma técnica peruana E.070 de albañilería, una de las muestras se clasifica en clase, ladrillo II, con una resistencia a la compresión de  $70,83 \text{ kg/cm}^2$  y la muestra fabri-

cado con inclusión de rocas, tamaño máximo 2", en la masa no clasifica, con una resistencia a la compresión de  $37,40 \text{ kg/cm}^2$ . Como se ve en la tabla 33. Los resultados muestran que las resistencias a la compresión de las unidades artesanales varían significativamente, por tanto, los resultados obtenidos, demuestran la contrastación de hipótesis que se planteó en la presente investigación, es decir, hay una mejora en la calidad y la resistencia de la unidad artesanal.

**Tabla 33** Resistencia característica ( $f'_b$ ) de la unidad de albañilería en ( $\text{kg/cm}^2$ )

Muestra	Características	Resistencia a la compresión $f'_b$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
(M-06), (M-07), (M-08), (M-09) y (M-10)	Unidades fabricadas con rocas, tamaño máximo 2", en la masa	<b>37.40</b>
(L-1), (L-2), (L-3), (L-4) y (L-5)	Unidades fabricadas sin presencia de partículas de roca en la masa	<b>70.83</b>

Fuente: Elaboración propia

#### - Análisis de resultados de rotura de la unidad artesanal

La muestra con códigos (L-1), (L-2), (L-3), (L-4) y (L-5) presentan una falla de agrietamiento vertical en la parte frontal, aplastamiento en la parte central, es posible que este tipo de rotura, es porque no se quemó la unidad de manera homogénea, como se puede observar en la figura 44.

La unidad con código (M-06), (M-07), (M-08), (M-09) y (M-10) presentan una falla de aplastamiento en la parte lateral casi de inmediato y en la base rotura total, esto se debe a la presencia de las partículas de rocas de 2" máximo que se incluyó en la masa durante la fabricación, como se puede observar en la figura 45.

#### 4.2.4.4 Resistencia a la compresión de la pila ( $f'_m$ )

De acuerdo a la norma técnica peruana E.070 de albañilería, la resistencia característica de la albañilería para pilas es  $35 \text{ kg/cm}^2$ , elaboradas con ladrillo, king kong artesanal de arcilla. En este trabajo como resultado se tiene la muestra fabricada con inclusión de rocas, tamaño máximo 2", en la masa no clasifica, con una resistencia a la compresión de  $35,00 \text{ kg/cm}^2$  y pilas elaborados con las unidades fabricadas sin inclusión de partículas de roca, tienen una

resistencia a la compresión de  $42.46 \text{ kg/cm}^2$ . Como se ve en la tabla 34. Los resultados muestran que las resistencias a la compresión de las pilas, demuestran la contrastación de hipótesis que se planteó en la presente investigación, es decir, hay una mejora en la resistencia de la unidad artesanal.

**Tabla 34** Resistencia característica a la compresión ( $f'_m$ ) de la pila de albañilería en ( $\text{kg/cm}^2$ )

Muestra	Características	Resistencia a la compresión $f'_m$ ( $\text{kg/cm}^2$ )
PM-01	Pilas construidas, con unidades fabricadas con rocas, tamaño máximo 2", en la masa	<b>35.00</b>
PM-02		
PM-03		
PL-01	Pilas construidas, con unidades fabricadas sin presencia de partículas de roca en la masa	<b>42.46</b>
PL-02		
PL-03		

Fuente: Elaboración propia

#### - Análisis de resultados de rotura de las pilas de albañilería

Las pilas con código (PM-01), (PM-02) y (PM-03) presenta una falla desde la zona baja, aplastamiento en la parte superior e inferior y agrietamiento vertical en la parte frontal y lateral de la pila, estas fallas es porque las pilas fueron elaborados con ladrillos fabricados con inclusión de rocas,tamaño máximo 2", por tanto las unidades son frágiles, como se puede observar en la figura 50.

Las pilas con códigos (PL-01), (PL-02) y (PL-03) presentan una falla natural como normalmente fallan las pilas durante el ensayo, agrietamiento vertical en la parte lateral de la pila, con aplastamiento en la parte inferior en la rotura final, como se puede observar en la figura 49.

#### 4.2.4.5 Succión

Interpretando los resultados, se puede concluir que estas unidades tienen una humedad natural muy baja, porque los valores de succión son muy altos, además, el valor muy alto, representa las fallas durante el proceso de la selección y preparación de la materia prima.

## Capítulo V

# Conclusiones y recomendaciones

---

### Conclusiones

1. Se demuestra la inclusión de partículas de roca a la masa preparada utilizada para la fabricación de ladrillos, disminuye la resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) significativamente en un 52.8% con respecto a los ladrillos elaborados sin inclusión de partículas de roca. Obteniendo como resultados  $37.40 \text{ kg/cm}^2$  y  $70.83 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) respectivamente.
2. Los resultados logrados indican que la inclusión de partículas de roca a la masa preparada utilizada para la fabricación de ladrillos originan porosidades, fisuras y grietas, al encontrarse más la caliza roca que contiene carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que durante la cocción se produce una cantidad de reacción, producto de esta reacción deja cal ( $\text{CaO}$ : óxido de calcio) en el interior de la unidad artesanal.
3. Se concluye que la inclusión de partículas de roca (tales como: caliza, cuarzo, cuarcita, basalto, diabasa, vidrio volcánico), a la masa preparada utilizada para la fabricación de ladrillos, reaccionan a bajas y altas temperaturas durante el proceso de cocción en la elaboración de la unidad de albañilería artesanal.
4. Se concluye que todas las partículas de roca que contienen carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) son peligrosas. Cuando se encuentran en tamaño mayor a 0.1" y está claramente diferenciada de la arcilla. En general, estas partículas de roca en estado fino es menos peligrosa que las de tamaño mayor a 0.1".
5. El ensayo de variabilidad dimensional nos muestra que las unidades artesanales presentan características geométricas aceptables, a diferencia de las unidades fabricadas con inclusión de rocas, la variabilidad dimensional es ligeramente variable de 8,67% en altura, no clasifica por su variabilidad dimensional.

---

-El alabeo máxima alcanza 2.5mm en las unidades artesanales se clasificaron como unidad clase V, las juntas serán las recomendadas 10mm en junta horizontal y 15 mm en junta vertical; por consecuencia estas juntas son adecuadas, influyendo de esta manera en la resistencia a compresión y corte, en las pilas, muretes y los muros de albañilería.

-Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de unidades artesanales con la inclusión de partículas de roca a la masa utilizada para la fabricación de ladrillos es  $37.40 \text{ kg/cm}^2$  y de las unidades artesanales fabricados sin la inclusión de rocas es  $70.83 \text{ kg/cm}^2$  clasificando como clase II, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 de albañilería.

-Las unidades artesanales fabricados con la inclusión de rocas, con las cuales se elaboraron las pilas (PM), alcanzaron una resistencia a la compresión de  $35.00 \text{ kg/cm}^2$ , se demuestra que está al límite con la resistencia mínima que establece la Norma E.070 de albañilería ( $f'_m=35 \text{ kg/cm}^2$  para ladrillos de arcilla King Kong artesanales) y no clasifica, por tanto el comportamiento de los muros con este tipo de ladrillos tiende a una falla frágil, las unidades artesanales fabricados sin la inclusión de rocas, con los cuales se elaboraron las pilas (PL) alcanzaron una resistencia a compresión de  $42.46 \text{ kg/cm}^2$ , se considera que los muros de albañilería tendrán un buen comportamiento estructural.

## Recomendaciones

1. Evaluar los componentes que se usa para fabricar la unidad artesanal, principalmente evitar la presencia de las rocas durante la preparación de la masa, porque en esta etapa las rocas escapan de las manos del labrador, quedándose en la masa preparada y como resultado se tendrá ladrillos con inclusión de rocas.
2. Para evitar roturas del ladrillo por las rocas identificadas en la presente investigación, se recomienda como una solución, aumentar la temperatura de cocción, haciendo uso el carbón mineral pero de manera controlada, usar equipos de molienda fina para evitar las rocas con mayor tamaño, porque estas rocas en granos finos son menos agresivos, clasificar la arcilla roja haciendo uso una zaranda vibratoria de 1/8" de hueco colocado con un ángulo de  $45^\circ$ , para controlar y evitar el paso de las rocas.
3. Un mejor control durante las etapas de fabricación de la unidad artesanal en la extracción de la arcilla roja, mezclado y amasado, secado, cocción y enfriamiento, ya que

---

en estas etapas existen patologías que se tienen que controlar y evitar, para un mejor producto de los ladrillos artesanales.

4. Se recomienda prescindir de la caliza, la roca más destructiva en los ladrillos, debido a la reacción que sufre durante la cocción que al descomponerse deja el óxido de calcio (CaO) que reacciona en el interior del ladrillo manifestándose con carácter expansivo.
5. De acuerdo a las NTP 399.604 y 399.613 recomienda que los ladrillos artesanales tienen una succión del orden  $80\text{gr}/200\text{ cm}^2 - \text{min}$ , en su estado natural, en este ensayo como resultado la succión fue 125.03gr por minuto. Lo que se recomienda humedecer horas antes los ladrillos para su uso.
6. Los ladrillos artesanales de la zona de investigación, se recomiendan para construcciones de hasta 3 pisos, para evitar la vulnerabilidad ante los desastres. También, se recomiendan, en muros no portantes (tabiques, parapetos) y demás estructuras que sólo soporten su propio peso y cumplan la de separar ambientes y si van a ser expuestos a la intemperie se recomienda su recubrimiento.

## Trabajos futuros

1. Control de la humedad óptima en la masa preparada, durante el proceso de mezclado y amasado, realizando ensayos con unidades elaborados con diferentes humedades de la masa, finalmente realizar ensayos en el laboratorio para conocer su resistencia a compresión ( $f'_b$ ) de la unidad. Caracterizando la unidad con la humedad óptima para obtener mayor resistencia a la compresión y durabilidad.
2. Diseño de la dosificación de los componentes de la mezcla, para la elaboración de la unidad artesanal, como se sabe esta parte del trabajo se realiza empíricamente actualmente en las ladrilleras artesanales, no se cuenta con esta información técnica, como consecuencia se tiene ladrillos que no cumplen con las exigencias de la norma técnica peruana E.070 de albañilería.
3. La escasez de la arcilla en compañía hace posible un nuevo estudio en la zona, aproximadamente a una profundidad de 6m a 8m se encuentra la arcilla conocida como “arcilla roca” este material se proyecta a unos 30 años para su uso, se debe evaluar las propiedades de este material y elaborar los ladrillos con la finalidad de conocer la resistencia a compresión ( $f'_b$ ) y contar con un nuevo cantera de arcilla a futuro.
4. Evaluación de la composición mineralógica de la arcilla, materia prima que se utiliza

---

para la elaboración de la unidad artesanal, mediante ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX), difracción de rayos x (DRX) o microscopía electrónica de barrido (MEB), que ayudaría saber cómo se modifica la arcilla, como la deshidratación, descomposición y a aumentos graduales de temperatura, con la finalidad de mejorar la elaboración de los ladrillos, en las ladrilleras artesanales.

## Referencias bibliográficas

- Alfaro, A. (2007). *Evaluación de la calidad de ladrillo y albañilería fabricados en ayacucho* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- ANFALIT. (2002). *Diagnóstico de la industria ladrillera nacional* (Camargo y Asociados Ingenieros Consultores). Bogotá, Colombia.
- Arquíñigo, T. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco* (Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Arquitectos, I. (2014). *Reparación de grietas en muros y tabiques*. España: ITE Arquitectos.
- Barranzuela, L. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Bianucci, A. (2009). El Ladrillo, Orígenes y Desarrollo. Resistencia. *artículo científico*, p.5.
- Coletti, C., Cultrone, G., Maritan, L. & Mazzoli, C. (2016). How to face the new industrial challenge of compatible, sustainable brick production: Study of various types of commercially available brick. *Applied Clay Science*.
- Cultrone, G., De la Torre, M., Sebastián, O., E. and Cazalla & Navarro, R. (2000). Behaviour of bricks simples in aggressive environments. *Water, Air and Soil Pollution. Consejo Superior de Investigaciones científicas*, p.191–207.
- Guerra, P. (2017). *Calidad de las unidades de albañilería de arcilla según norma E.070 en la provincia de Chiclayo* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Guerrero, H. (2001). Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña.
- Hernández, S., Fernández, C. & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación* (6° edición). México: McGRAW-HILL.

- INDECOPI. (2017). Norma Técnica Peruana 399.613. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú.*
- INDECOPI. (2018). Norma Técnica Peruana 399.605. *Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, Lima, Perú.*
- Inga, Z. (2004). *Identificación de patologías en ladrillos cerámicos para la construcción* (tesis para optar el título de Ingeniero Químico). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Leguía, D. (2018). *Evaluación de la Resistencia al Corte y Flexión de Muros de Albañilería Confinada Artesanal con Carga Dinámica Cíclica* (tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
- Lopez, R., Rodriguez, R., Santa Cruz, A., Torreño, G. & Ubeda, M. (2004). *Manual de Patología de la Edificación* (Tomo III). España: Departamento de Tecnología de la Edificación (E.U.A.T.M).
- Minería. (2016). Dirección general de desarrollo minero, Perfil de mercado de la caliza. *Dirección General de Minería.*
- Moreno, R., Ibáñez, A. & Gisbert, B. (2000). Minerales carbonatados. *artículo científico.*
- Nielson, H. (2005). XIII-2, Minerales para la Agricultura en Latinoamérica. *CYTED (ciencia y tecnología para el desarrollo).*
- Osuna, M. (1998). Estudio general sobre las eflorescencias en obra. *artículo científico.*
- Rincón, J. & Romero, M. (2001). Basis and classification of efflorescences in construction bricks. *Consejo Superior de Investigaciones científicas*, p.6.
- Robusté, E. (1969). *Técnica y práctica de la industria ladrillera.* España: CEAC.
- Sikder, F., Begum, K., Parveen, Z. & Hossain, F. (2016). Assessment of macro and micro nutrients around brick kilns agricultural environment. *Information processing in agriculture 3 (2016) 61-68.*
- Splinger, K. (1954). Defectos en la Fabricación de Ladrillos y Tejas: Causas y Medios a aplicar para evitarlos. *artículo científico.*
- Tejela, J., Navas, D. & Machin, C. (2013). Rehabilitación, mantenimiento y conservación de fachadas. *artículo científico*, p.16.
- Ukwatta, P., Mohajerani, A., Setunge, S. & Eshtiaghi, N. (2016). Incorporation of biosolids in fired clay brick. *Applied Clay Science.*

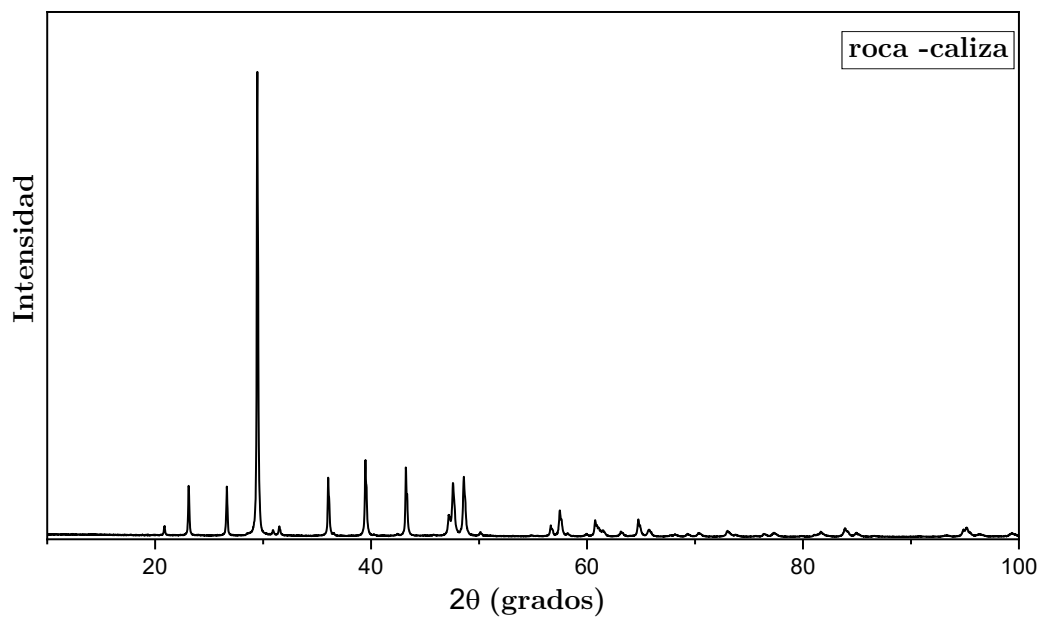
- Verduch, G. (1963). Roturas en ladrillos por inclusión de caliza. En *Conferencia V semana de estudios cerámicos*. Sala de conferencias de Instituto "Eduardo Torroja". Sociedad Española de Cerámica. Madrid, España.
- Villarino, O. (2011). *Ciencia Y Tecnología de los Materiales*. España: Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.
- Weyant, C., Athalye, V., Ragavan, S., Uma, R., Lalchandani, D., Maithel, S., ... Bond, T. (2014). Emissions from south asian brick production supporting information. *Applied Clay Science*.
- Zanni, E. (2008). *Patología de la Construcción y Restauo de Obras de Arquitectura*. Argentina: CEAC.

# Anexo A

---

## A.1 Ensayo de Difracción de Rayos x (DRX)

Para la preparación de la muestra se mezclaron cantidades iguales en masa (1.57 g) de las rocas identificadas como caliza y diabasa. Antes de ser mezcladas se tomaron datos por DRX de ambas rocas, los difractogramas se muestran en las figuras A.1 y A.2.



**Figura A.1** Difractograma de la muestra “roca-caliza”, antes de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

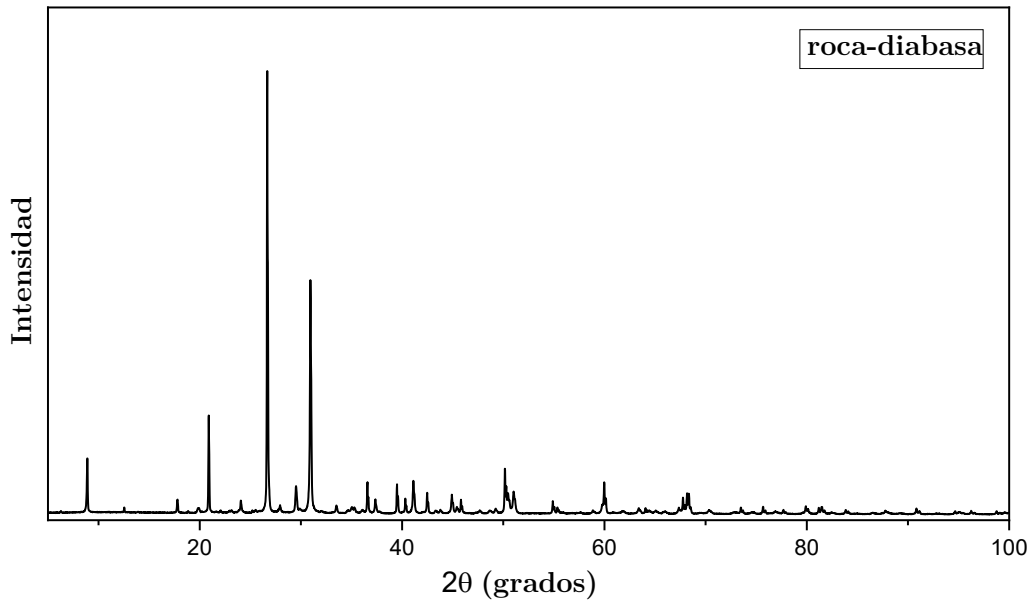


Figura A.2 Difractograma de la muestra “roca-diabasa”, antes de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

## A.2 Tabla pruebas clasificatorias para fines estructurales

Tabla A.1 Clasificación de unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) 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 <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 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 Técnica de Edificaciones E.070 de Albañilería, 2006

### A.3 Tabla resistencia característica de la albañilería

Tabla A.2 Resistencia característica de la albañilería.

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f'_b$	PILAS $f'_m$	MURETES $v'_m$
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 armados

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.070 de Albañilería, 2006

### A.4 Tabla factor de corrección de pilas por esbeltez

Tabla A.3 Factores de corrección de  $f'_m$  por esbeltez.

TABLA 10 FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.070 de Albañilería, 2006

## A.5 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería

**Tabla A.4** Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería.

<b>TABLA 2</b>			
<b>LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ZONA SÍSMICA 2 Y 3</b>		<b>ZONA SÍSMICA 1</b>
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

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

Fuente: Norma Técnica de Edificaciones E.070 de Albañilería, 2006

## A.6 Encuesta realizada in situ en la ladrillera artesanal de Compañía

### CARTA DE PRESENTACIÓN

(Validación de las Encuestas)

Ayacucho, 09 de junio 2019.

Asesor: Msc. Ing. Ángel Hugo Vílchez Peña

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

PRESENTE. -

Es grato dirigirme a usted con la finalidad de saludarle.

La presente tiene la finalidad de presentarme: Bach. Joel Vicaña Pacheco, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Tesista del presente proyecto de tesis titulado "Efectos patológicos en la propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho", a fin de validar las encuestas, realizadas en las ladrilleras del centro poblado de Compañía, distrito de Pacaycasa y complementar mi investigación de tesis, presento mi instrumento de validación como encuesta dirigidas a las personas de las ladrilleras.

Es propicia la oportunidad para expresarle a usted, las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Tesista

Bach. Joel Vicaña Pacheco

C.C. archivo  
jvp.

**TESIS:** "Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho".

**ELABORADO POR:** Bach. Joel Vicaña Pacheco

**FECHA:** 17 nov. 2018

**ENCUESTA LADRILLERAS DE C.P. DE COMPAÑÍA**

**I. Datos Generales de la Ladrillera:**

Nombre de la Ladrillera: Propiedad de la señora Martha Jara

Tipo: Artesanal:  semi-Industrial:  Industrial:

Ubicación: C.P. de Compañía, distrito de Pacaycasa Fecha: .....

1. ¿Cuántos trabajadores laboran en la Ladrillera?

Menos de 3.  3 – 5  6 – 10  10 a más.

**II. Materia Prima:**

2. ¿Realiza periódicamente un control de su materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Siempre.  A veces.  Nunca.

3. ¿La ladrillera tiene canteras propias para la extracción de la materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Sí: Mi Propiedad Heredada  No

4. ¿Conoce usted alguna partícula de roca en la materia prima?

Sí: En la cantera de arcilla roja  No

6. ¿Dónde observa las partículas de rocas?

Arcilla roja.  Puzolana.  Arcilla negra.

7. ¿Qué tipo de rocas observa en la ladrillera?

Verdosa y oscuro.  Porosa y blancas.

  
Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña  
CIP: 64442

8. ¿A observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?

- Fisuras.                       Manchas blancas.                       Reventones.  
 Huecos o agujeros.

**II. Características físicas del ladrillo:**

9. ¿Por qué considera usted que sus ladrillos de arcilla son adecuados para la construcción?

- Por su resistencia.  
 Por su peso.  
 Por sus dimensiones.

10. ¿Realiza ensayos a los ladrillos de arcilla para mejorar su calidad?

- Sí: .....                       No

11. ¿Trabaja usted de acuerdo a la Norma Técnica Peruana y/o alguna Norma similar

- Sí: .....                       No

12. ¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones ?

- Bueno.                       Regular.                       Malo.

13. ¿Cómo controla la temperatura de cocción de sus hornos, durante la elaboración de los ladrillos ?

- Empíricamente.                       Con algún equipo.                       No hay control.

14. ¿Cuál es la proporción de materia prima (arcilla roja, puzolana y arcilla negra) que usan, para la elaboración de los ladrillos ?

- No se tiene.                       Se dosifica por experiencia.

15. ¿Cuál es la cantidad de agua que hechan a la masa preparada, para la elaboración de los ladrillos ?

- Se hecha por simple vista.                       Depende del labrador

 *Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Pena*  
CIP: 64442

**TESIS:** "Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho".

**ELABORADO POR:** Bach. Joel Vicaña Pacheco

**FECHA:** 17 nov. 2018

**ENCUESTA LADRILLERAS DE C.P. DE COMPAÑÍA**

**I. Datos Generales de la Ladrillera:**

Nombre de la Ladrillera: Propiedad del Señor Juan Quispe

Tipo: Artesanal:  semi-Industrial:  Industrial:

Ubicación: C. P. de Compañía, distrito de Pacaycasa Fecha: .....

1. ¿Cuántos trabajadores laboran en la Ladrillera?

Menos de 3.  3 – 5  6 – 10  10 a más.

**II. Materia Prima:**

2. ¿Realiza periódicamente un control de su materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Siempre.  A veces.  Nunca.

3. ¿La ladrillera tiene canteras propias para la extracción de la materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Sí: .....  No

4. ¿Conoce usted alguna partícula de roca en la materia prima?

Sí: En las canteras traídas de arcilla roja  No

6. ¿Dónde observa las partículas de rocas?

Arcilla roja.  Puzolana.  Arcilla negra.

7. ¿Qué tipo de rocas observa en la ladrillera?

Verdosa y oscuro.  Porosa y blancas.

  
Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña  
/CIP: 64442

8. ¿A observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?

- Fisuras.                       Manchas blancas.                       Reventones.  
 Huecos o agujeros.

**II. Características físicas del ladrillo:**

9. ¿Por qué considera usted que sus ladrillos de arcilla son adecuados para la construcción?

- Por su resistencia.  
 Por su peso.  
 Por sus dimensiones.

10. ¿Realiza ensayos a los ladrillos de arcilla para mejorar su calidad?

- Sí: .....                       No

11. ¿Trabaja usted de acuerdo a la Norma Técnica Peruana y/o alguna Norma similar

- Sí: .....                       No

12. ¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones ?

- Bueno.                       Regular.                       Malo.

13. ¿Cómo controla la temperatura de cocción de sus hornos, durante la elaboración de los ladrillos ?

- Empíricamente.                       Con algún equipo.                       No hay control.

14. ¿Cuál es la proporción de materia prima (arcilla roja, puzolana y arcilla negra) que usan, para la elaboración de los ladrillos ?

- No se tiene.                       Se dosifica por experiencia.

15. ¿Cuál es la cantidad de agua que hechan a la masa preparada, para la elaboración de los ladrillos ?

- Se hecha por simple vista.                       Depende del labrador



Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña  
CIP: 64442

**TESIS:** "Efectos patológicos en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal en la región Ayacucho".

**ELABORADO POR:** Bach. Joel Vicaña Pacheco

**FECHA:** 17 nov. 2018

**ENCUESTA LADRILLERAS DE C.P. DE COMPAÑÍA**

**I. Datos Generales de la Ladrillera:**

Nombre de la Ladrillera: Propiedad del señor Marcial Gomez

Tipo: Artesanal:  semi-Industrial:  Industrial:

Ubicación: Centro Poblado de Compañía, distrito de Paucartambo Fecha: .....

1. ¿Cuántos trabajadores laboran en la Ladrillera?

Menos de 3.  3 - 5  6 - 10  10 a más.

**II. Materia Prima:**

2. ¿Realiza periódicamente un control de su materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Siempre.  A veces.  Nunca.

3. ¿La ladrillera tiene canteras propias para la extracción de la materia prima (arcilla, puzolana y arcilla negra)?

Sí: Cantera a cielo abierto  No

4. ¿Conoce usted alguna partícula de roca en la materia prima?

Sí: En las canteras de arcilla roja  No

6. ¿Dónde observa las partículas de rocas?

Arcilla roja.  Puzolana.  Arcilla negra.

7. ¿Qué tipo de rocas observa en la ladrillera?

Verdosa y oscuro.  Porosa y blancas.



Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña  
CIP: 64442

8. ¿A observado algún defecto en la unidad artesanal, como cuáles?

- Fisuras.                       Manchas blancas.                       Reventones.  
 Huecos o agujeros.

**II. Características físicas del ladrillo:**

9. ¿Por qué considera usted que sus ladrillos de arcilla son adecuados para la construcción?

- Por su resistencia.  
 Por su peso.  
 Por sus dimensiones.

10. ¿Realiza ensayos a los ladrillos de arcilla para mejorar su calidad?

- Sí: .....                       No

11. ¿Trabaja usted de acuerdo a la Norma Técnica Peruana y/o alguna Norma similar

- Sí: .....                       No

12. ¿Cómo califica usted la resistencia de sus ladrillos para ser empleados en edificaciones ?

- Bueno.                       Regular.                       Malo.

13. ¿Cómo controla la temperatura de cocción de sus hornos, durante la elaboración de los ladrillos ?

- Empíricamente.                       Con algún equipo.                       No hay control.

14. ¿Cuál es la proporción de materia prima (arcilla roja, puzolana y arilla negra) que usan, para la elaboración de los ladrillos ?

- No se tiene.                       Se dosifica por experiencia.

15. ¿Cuál es la cantidad de agua que hechan a la masa preparada, para la elaboración de los ladrillos ?

- Se hecha por simple vista.                       Depende del labrador



Msc. Ing. Angel Hugo Vilchez Peña  
CIP: 64442