

# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo  
cemento con adición de cal hidratada al 5%, para muros  
portantes, Huaraz – 2016

TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

Autor:

Ramirez Bernachea Ely Isaac

Asesor:

Flores Reyes, Gumercindo

Huaraz – Perú

2016

## Índice general

PALABRA CLAVE .....	ii
Resumen: .....	iii
Abstract: .....	iv
I). INTRODUCCIÓN .....	1
II). METODOLOGÍA .....	30
III). RESULTADOS .....	62
IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....	82
V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
VI). AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS .....	92
VII). REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	93
VIII). ANEXOS Y APENDICE .....	95

## Lista de tablas

Tabla I-1 Composición del suelo	13
Tabla I-2 Composición del mortero en volumen	21
Tabla I-3 Métodos para determinar $f'_m$ y $V'_m$	22
Tabla I-4 Incremento de $f'_m$ y $v'_m$ por edad	23
Tabla I-5 Resistencia característica de la albañilería Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )	24
Tabla I-6 Factor de corrección	24
Tabla I-7 Clase de unidades de albañilería para fines estructurales	25
Tabla I-8 Operacionalización de variable dependiente	26
Tabla I-9 Operacionalización de variable independiente	27
Tabla II-1 Cantidad de muestras	31
Tabla II-2 % de arena, limo y arcilla para la investigación	33
Tabla II-3 Diseño de mezcla para muestra patrón	34
Tabla II-4 Diseño de mezcla para muestra Experimental	34
Tabla III-1 Contenido de humedad	62
Tabla III-2 Análisis granulométrico de la arcilla	62
Tabla III-3 Composición de la muestra	63
Tabla III-4 Composición de la muestra	64
Tabla III-5 Composición química de la muestra	65
Tabla III-6 Resultado de fluorescencia de rayos x de las arcillas	66
Tabla III-7 Calculo de Relación Agua/Cemento de la muestra patrón	67
Tabla III-8 Calculo de Relación Agua/Cemento de la muestra Experimental	67
Tabla III-9 Variabilidad de Dimensiones	68
Tabla III-10 Alabeo de los ladrillos	70
Tabla III-11 Densidad seca de muestra patrón	71
Tabla III-12 Densidad seca de muestra Experimental	71
Tabla III-13 Resultados del ensayo de Absorción	73
Tabla III-14 Resultados del ensayo de Absorción	73
Tabla III-15 Resultados del ensayo de Succión	74
Tabla III-16 Resultados del ensayo de Succión	75

Tabla III-17	Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Muestra Patron	76
Tabla III-18	Ensayo de Compresión Simple de Muestra Experimental	76
Tabla III-19	Comparación y Clasificación	77
Tabla III-20	Resistencia a la Compresión de Pilas de Muestra Patrón	78
Tabla III-21	Resistencia a la Compresión de Pilas de Muestra Experimental	78
Tabla III-22	Resistencia a la Compresión diagonal de Muestra Patrón	79
Tabla III-23	Resistencia a la Compresión diagonal de Muestra Experimental	80
Tabla III-24	Resumen de resultados	81

### **Índice de figuras**

Figura I-1	Tipos de ladrillos según su masa, basado de Guevara, 2015	8
Figura I-2	Tipos de ladrillos ecológicos de suelos - cemento, basado de Rojas J 2014	9
Figura II-1	Trituración de suelo	37
Figura II-2	Mezclado en seco	37
Figura II-3	Adición de agua	38
Figura II-4	Prueba manual de mezcla, basado de Maquinas Forza X5	39
Figura II-5	Prensado con la prensa hidráulica	40
Figura II-6	Proceso de producción, basado de Rojas. J 2014	40
Figura II-7	Curado de ladrillos	41
Figura II-8	Característica de pilas	42
Figura II-9	Característica de los muretes	43
Figura II-10	Elaboración del mortero especial	44
Figura II-11	Asentado de la primera hilera en muretes	44
Figura II-12	Asentado de la primera hilera en muretes	45
Figura II-13	Construcción de las pilas	45
Figura II-14	Construcción de muretes	46
Figura II-15	Medición de las dimensiones	47
Figura II-16	Concavidad y convexidad, basado de Normas NTP	48
Figura II-17	Medición de concavidad y convexidad	49

Figura II-18 Muestras para ser ensayados a compresión	50
Figura II-19 Ensayo a compresión simple	51
Figura II-20 Muestras en el horno	52
Figura II-21 Ladrillo sumergido en agua y control de peso	53
Figura II-22 Nivelación De Bandeja Y Control De Nivel De Agua	55
Figura II-23 Ensayo de succión	55
Figura II-24 Toma de medidas del espécimen	57
Figura II-25 Compresión de pilas	58
Figura II-26 Forma de falla de las tres pilas patrón	58
Figura II-27 Forma de falla de las tres pilas patrón	59
Figura II-28 Muretes después de 28 días	61
Figura II-29 Máquina de compresión universal	61
Figura III-1 Diagrama de Fluidez	64
Figura III-2 Proctor Estándar	65
Figura III-3 Variabilidad de Dimensiones	69
Figura III-4 % de Variación y Dispersión	69
Figura III-5 % Absorción de Agua	74
Figura III-6 Succión de los ladrillos	75
Figura III-7 Compresión simple de ladrillos ecológicos	77
Figura III-8 Grafica de Compresión simple de pilas de ladrillos ecológicos	79

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE  
LADRILLOS ECOLÓGICOS DE SUELO CEMENTO  
CON ADICIÓN DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA  
MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016**

## **PALABRA CLAVE**

Tema	Ladrillos Ecológicos
Especialidad	Tecnología de Materiales

## **KEYWORD**

Theme	Ecological Bricks
Specialty	Materials Technology

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

La línea de investigación es función al UNESCO

Código	Línea
04	Transversales del conocimiento
0404	Nuevos Materiales y Nanotecnologías
040401	Nuevos Materiales
04040110	Desarrollo de Nuevos Productos cerámicos para la industria metalúrgica y de la construcción.

## **Resumen:**

La presente tesis tiene como objetivo principal determinar de forma experimental las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos suelo-cemento, con la adición de cal hidratada al 5%, para ser utilizado en muros portantes como material alternativo en la construcción, en diferentes sistemas de construcción que pueden ser para sistema de pórticos y albañilería confinada.

La presente investigación se desarrolló utilizando los principios de la norma de albañilería E-070, de manera que podamos comprobar si con los ladrillos ecológicos prensados y con los adecuados refuerzos, se podría construir viviendas de inclusión social dependiendo de la zona sísmica que se encuentra.

Para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos prensados de suelo – cemento, se realizaron los ensayos correspondientes estipulados en el RNE E-070 y Normas NTP 331.017, NTP .331.018 y NTP 331.019.

Respecto a la materia prima se puede mencionar que presentó buenos resultados, poseyendo un alto contenido de material alcalino como el 70% de dióxido de silicio, 16.104% de óxido de aluminio y un 7.769% de trióxido de hierro. Así mismo se puede, mencionar sobre la cal utilizado que posee un 11.89 de PH, la cual se clasifica como material extremadamente alcalino.

En la investigación se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos, donde se determinó que a la resistencia a la compresión de la muestra patrón alcanzó un  $f^b = 80.38 \text{ kg/cm}^2$  y de la muestra experimental un  $f^b = 64.49 \text{ kg/cm}^2$ . Y respecto a la resistencia admisible a compresión de pilas se obtuvo para la muestra patrón ( $f^m$ ) es de  $95 \text{ kg/cm}^2$  y para la muestra experimental un  $65.65 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, mientras. La resistencia al corte ( $V^m$ ) obtenido para la muestra patrón es de  $4.31 \text{ kg/cm}^2$  y mientras que para la muestra experimental es de  $4.69 \text{ kg/cm}^2$ .

## **Abstract:**

The main objective of this thesis is to experimentally determine the physical and mechanical properties of organic soil-cement bricks with the addition of 5% hydrated lime to be used in load-bearing walls as alternative material in construction in different systems Of construction that can be for system of porticos and confined masonry.

The present research was developed using the principles of the masonry standard E-070, so that we can verify if with the ecological bricks pressed and with the appropriate reinforcements, could be built houses of social inclusion depending on the seismic zone that is.

Regarding the raw material, it can be mentioned that it presented good results, possessing a high content of alkaline material such as 70% of silicon dioxide, 16.104% of aluminum oxide and 7.769% of iron trioxide. Likewise, it can be mentioned about the lime used that has a 11.89 of PH, which is classified as extremely alkaline material.

In the investigation, the physical and mechanical properties of the bricks were determined, where it was determined that at the compressive strength the standard sample reaches a  $f^b = 80.38 \text{ kg / cm}^2$  and from the experimental sample a  $f^b = 64.49 \text{ kg / cm}^2$ . And with respect to the admissible resistance to compression of piles was obtained for the standard sample ( $\hat{f}_m$ ) is  $95 \text{ kg / cm}^2$  and for the experimental sample a  $65.65 \text{ kg / cm}^2$  respectively, while the cut resistance ( $V_m$ ) obtained for the standard sample is  $4.31 \text{ kg / cm}^2$  and while for the experimental sample it is  $4.69 \text{ kg / cm}^2$ .

## **I). INTRODUCCIÓN**

De los antecedentes encontrados se ha abordado algunos trabajos relevantes a esta investigación, como el de Cabo, M. (2011), en su trabajo de investigación titulada “Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción.” La cual tuvo como objetivo principal el desarrollo de ladrillos ecológicos de carácter puzolánico mediante la incorporación de residuos procedentes del cultivo de arroz, y con bajo coste energético y económico, siendo una investigación de tipo experimental. El investigador obtuvo la siguiente conclusión, de que la elaboración de ladrillos con arcilla, cal hidráulica natural y cenizas de cáscara de arroz crean un material de mampostería con excelentes propiedades mecánicas por eso sirve como material portante. En cambio, el eco ladrillo estaría más destinado a tabiquería interna, ya que aún que su resistencia merma ligeramente posee excelentes ventajas como su baja densidad y se prevé como buen aislante.

Por otro punto, en la investigación de Padrón J. y Ruiz E. (2015), desarrollaron la investigación titulada “Análisis de bloque de tierra comprimida como material alternativo y sostenible para la construcción”, la cual tuvo como objetivo principal la de analizar los bloques de tierra comprimido como material alternativo y sostenible para la construcción, siendo una investigación de tipo descriptiva de diseño no experimental y de campo.

El estudio se basó en el análisis de la resistencia a la compresión, porcentaje de absorción máxima de agua y absorción por capilaridad en los bloques de tierra comprimida establecidas por las normas colombianas INCOTEC NTC 5324 y normas Brasileñas ABNT 10834, 10835 y 10836, y llegaron a concluir indicando que los bloques de tierra comprimida pueden ser un material alternativo para la construcción de edificaciones simples y/o viviendas de interés social por lo que los ensayos realizados cumplen con lo estipulado en la NBR 10836.

Así mismo se revisó su investigación de Galíndez (2009), realizado en la Universidad Católica del Salta de Argentina, donde abordó una investigación titulada “Bloques de

tierra comprimida sin adición de cemento”. Lo cual tuvo como objetivo principal la de aportar al desarrollo de la tecnología para la fabricación de mampuestos para la construcción de edificios, con bajo costo energético y ambiental y que puedan ser producidos por medio de autoconstrucción y/o pequeñas unidades productivas.

En esta investigación el autor estudia un material alternativo, bloque de tierra cruda comprimido (BTC) sin adición de cemento, para la construcción de muros. La eliminación del cemento de la mezcla base del mampuesto BTC responde fundamentalmente a dos razones: una económica, por cuanto el precio del cemento encarece el costo del mismo, y otra ambiental, relacionado con el impacto que produce el proceso de fabricación del cemento, lo cual añade un costo ambiental al bloque de suelo-cemento, a pesar de tener esto el menor impacto que los ladrillos de tierra y/o arcilla cocida, ya que el material es crudo, este artículo fue una investigación de tipo experimental la cual determino que la resistencia a compresión empíricamente aumenta de acuerdo como se incrementa la compactación.

También se revisó su investigación de Abanto, P. y Akarley, L. (2014) realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego, donde los investigadores desarrollaron una investigación de tesis titulada “Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo” la cual tuvieron el objetivo principal determinar las características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo, siendo una investigación de tipo experimental para lo cual utilizaron un suelo de la región Trujillo con 75% de arena y 25% de limo y arcilla medidos en volumen, los componentes que utilizaron para la preparación de la muestra fueron los siguientes: Cemento – Suelo – Arena – Agua 1:5:0.5:1, de tal forma llegaron a concluir en función a los resultados de los ensayos, determinaron que el suelo usado por los investigadores presenta buenas características para ser utilizado como material en la elaboración de la unidad de albañilería, empleando un diseño de mezcla: cemento, suelo, arena y agua 1:5:0.5:1. La cual lograron alcanzar una resistencia a compresión de 74.78 kg/cm<sup>2</sup>, mayor en 36% a la resistencia mínima exigida por la

norma E0-70 (55 Kg/cm<sup>2</sup>) para los ladrillos de King Kong artesanal, sus unidades fabricadas llegaron a pesar aproximadamente 4.80 kg, siendo la variación de sus dimensiones y alabeo mínimos, asimismo que sus unidades aprobaron la prueba de absorción determinando que a las unidades no necesario protegerlas de agua.

En la investigación de Rojas J. y Vidal, R. (2014), realizado en Pontificia Universidad Católica del Perú, desarrollaron una investigación de tesis titulada “Comportamiento Sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y construido con ladrillos ecológico prensados”, la cual tuvo como objetivo principal estudiar de manera experimental el comportamiento sísmico de un material no convencional como son los ladrillos ecológicos prensados, los cuales son elaborados con una mezcla de suelo, cemento y agua, mezclados y tamizados de manera que puedan ser comprimidos por una prensa hidráulica que ejerce una fuerza de 7 ton. El diseño geométrico de las unidades de albañilería ha sido patentado por la misma fábrica de la prensa hidráulica que son de 25x 12.5 x 7cm el cual tiene dos orificios alveolares con un diámetro total de 6cm. Después de haber realizado los ensayos correspondientes de acuerdo a la norma llegó a las siguientes conclusiones: que considerando una mezcla conformada por tierra arcillosa (65%), cemento (20%), arena fina (10%) y agua (5%) se lograron ladrillos de suelo – cemento con una resistencia a la compresión de 99.5 kg/cm<sup>2</sup>, valor superior a la resistencia mínima exigida por la norma de adobe E – 080 (12 kg/cm<sup>2</sup>) y siendo equivalente a la resistencia característica a compresión de los ladrillos clase III (95 kg/cm<sup>2</sup>) de la Norma de Albañilería E – 070, el peso de las unidades llegaron aproximadamente 3.5 kg, presentando variaciones en sus dimensiones de hasta 1.6% y teniendo una absorción de 12.3% en promedio.

De acuerdo a lo revisado en los antecedentes se justifica la presente investigación en los aspectos económico, social y ambiental

El presente trabajo de investigación es factible de ser realizado, por el motivo en que los ensayos se realizaron en las instalaciones de laboratorio de mecánica de suelos

de la Universidad San Pedro y por otra parte, los ensayos especiales de las pilas y muretes se desarrollarlo en la Universidad Nacional de Ingeniería, lo cual ambas instituciones indican un descuento por cada ensayo realizado, por lo cual esta investigación no representa un gasto exorbitante en la investigación.

Y por otro punto, la utilización de ladrillos ecológicos y/o bloques comprimidos, económicamente son factibles porque son fáciles de fabricar y no necesita de ser quemados como otros ladrillos tradicionales que en su fabricación generan muchos factores como el uso de recursos no renovables que cada día se agota. Con el uso de las mismas hacen el ahorro energético, respecto a la construcción tradicional con ladrillos cocidos, lo cual justifica la optimización del costo en toda la construcción.

Los ladrillos ecológicos tienen características propias y un comportamiento particular lo que distingue de otros materiales compuestos, el proceso de producción de este ladrillo es considerado como el auge de la cerámica ecológica, es un producto nuevo que está llegando a nuestro país por lo cual aún no se cuenta con material bibliográfico que brinde la información teórica completa, porque cada bibliografía revisada está basado en un tema específico, para lo cual en esta investigación se desarrollaron la mayoría de los ensayos estipulados en la Norma NTP 331. 019 y la Norma E – 070 del RNE.

La creciente sensibilización social acerca de la necesidad de preservar el medio ambiente ha hecho que la legislación sea hoy mucho más proteccionista que en el pasado.

Los ladrillos comprimidos de suelos – cemento para su producción no necesita material especial, para la materia prima ni mucho menos la utilización de Horno, porque los bloques son fabricados a base de una prensa que fue inventado por el ING. CINVARAM, lo cual no necesita ser quemados evitando la contaminación y liberación del CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la actualidad, la necesidad de encontrar sistemas constructivos alternativos que sean amigables con el medio ambiente se hace cada vez más importante por el consumo mayoritario de recurso no renovables y sus procesos industriales a nivel mundial, que derivan el consumo de combustibles y a diversas contaminaciones que produce los sistemas y /o formas de producción de los ladrillos tradicionales cocidos que generan un gran impacto ambiental cooperando al calentamiento global de nuestra planeta.

En algunos países de Latinoamérica se ha hecho cada vez más frecuente la escases de materiales de construcción, en función al incremento del costo de materiales primas y por ella en la ejecución de proyectos públicos y privados se incrementa el costo notablemente.

En función a este problema se plantea un nuevo material económico que son los ladrillos ecológicos que no necesita grandes procesos industriales para su producción y que son muy amigables con el medio ambiente.

Uno de los problemas actuales es la contaminación ambiental en la fabricación de ladrillos artesanales e industriales a nivel nacional y mundial que inicia sus actividades en la extracción de materia prima que son las arcillas hasta llegar a su cocción, representando un problema ecológico fundamental.

En la actualidad, la ciudad de Huaraz ha venido creciendo en estos últimos años, por la presencia de grandes explotaciones mineras, como la mina BARRICK y ANTAMINA, debido a ello, en esta ciudad se ha incrementado la construcción permanente de viviendas y edificio considerables en altura, para la construcción de estas, se ha tenido que mover grandes bloques de tierra en la partida de movimiento de tierras y que han sido depositados a las horillas del rio Santa. Este problema es genérico siempre en las construcciones nuevas y en la demolición de viviendas existentes. Por otro lado, para todo tipo de construcción el ladrillo es un material irremplazable, que son utilizados los ladrillos cocidos industriales como LARK, REX, etc. A pesar de que estas son trasladadas desde la ciudad de Lima, lo cual incrementa el costo, y por otro lado el uso de los ladrillos artesanales cocidos, este último sin que tenga ninguna justificación en cuanto a las características de los ladrillos.

Por esta razón es lo que nace la idea de la presente investigación en función a los antecedentes considerados líneas arriba, que presentan un nuevo material alternativo de construcción, con la finalidad de concientizar a la sociedad en el uso de este material alternativo, ya que en su producción de la misma elimina al 100% la emisión de gases como el CO<sub>2</sub>. Las unidades que se presenta en el siguiente proyecto de tesis son de 25x12.5x10cm que cuenta con dos orificios verticales y/o alveolos que están en función a la RNE E – 070, que serán analizados en función a los ensayos de laboratorio que exige la Norma NTP 331. 019.

En función a la descripción problemática se plantea el siguiente problema de investigación:

Por lo mencionado anteriormente, se formula el problema ¿De qué forma se podría mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos de suelo – cemento, al adicionar 5% de cal hidratada, para la construcción de muros portantes en la ciudad de Huaraz, Ancash?

De la bibliografía consultada se pudo revisar diversas definiciones que serán útiles para el desarrollo de la investigación, tales como:

El uso de la tierra para construcción de casas está presente desde las primeras manifestaciones constructivas del hombre y tiene lugar en casi todas las regiones de clima cálido y frío. Los materiales disponibles y las formas de expresión de las distintas culturas generaron diversas técnicas constructivas que emplearon tierra con exclusividad o en combinación con otros materiales de procedencia animal, vegetal y mineral. (Padrón J. y Ruiz E. 2015).

De muchas variedades que se había visto en nuestra realidad, muchas de ellas continúan realizándose, las cuales se pueden mencionar: “tierra apisonada o tapial”,

que consiste en realizar y/o armar una caja de madera resistente donde la tierra a una humedad optima es llenado y apisonado en capas. Y el adobe, que consiste en modelar la tierra a una humedad mucho más considerable (barro), esta secado al sol ya estaría listo para la construcción de viviendas asentadas con mortero de tierra.

En la actualidad se habla de Bloques de Tierra Comprimida, bloques de Suelo – Cemento y/o Ladrillos Ecológicos, el cual consiste en adicionar un aditivo por lo general cemento y agua a la tierra, para posteriormente ser prensado, lo que resulta un material resistente y apto para la construcción.

La albañilería es el material más utilizado en la construcción de viviendas en el Perú, pues, atiende a un sector de la población del país específico (clase media a baja) y mayoritario. Las viviendas de albañilería son económicas y están al alcance de las clases sociales populares, cuya demanda está entre 2 a 5 pisos; se tiene una ventaja económica de hasta 25% respecto a una solución aporticada u otro tipo de estructura (Aguirre, D. 2004).

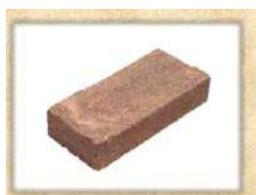
“El ladrillo es una pieza, en forma de prisma rectangular; la cual sirve para la construcción de diversas edificaciones. Es fabricado generalmente de tierra arcillosa, amasado con agua, moldeado, secado y luego cocido en alta temperatura (800 °C a 1000 C). Los ladrillos se venden por millares, se almacenan en rumas no mayores de 2.00m de alto. Se denominan, ladrillos cuando puede ser manipulado y asentado con una mano, y bloques cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos” (NORMA E-070, 2006).

Después de haber investigado la presencia de los materiales, se determinó que En el mercado se puede encontrar tres principales tipos de ladrillos y las cuales son los siguientes:

El ladrillo macizo es una masa compacta sin perforaciones o si las hubiese estas no deben de ser mayores al 10% del volumen total del ladrillo (NORMA E-070, 2006).

El ladrillo perforado es aquel que presenta perforaciones superiores al 10% respecto del volumen del ladrillo (NORMA E-070, 2006).

El ladrillo hueco es la que tiene las perforaciones en testa o canto, paralelo a una de las aristas (NORMA E-070, 2006).



**a. Macizo**



**b. Perforado**



**c. Hueco**

Figura I-1 Tipos de ladrillos según su masa, basado de Guevara, 2015

De lo investigado en los antecedentes se puede abordar que los ladrillos prensados de suelo - cemento es el producto resultante de la mezcla de tierra, agua y eventualmente cemento en proporciones adecuadas, que se somete a compresión en una maquina con el fin de obtener altas densidades, y que luego es sometido a un proceso de curado para que se produzca su endurecimiento efectivo, dando como resultado un bloque con acabado terso. (Padrón J. y Ruiz E. 2015).

Los ladrillos ecológicos son productos alternativos dentro de la construcción, que resulta de la mezcla homogénea de tierra inerte, cemento y agua y que es prensado con una máquina que podría ser manual o mecánica, prensado a mayor esfuerzo y a una humedad óptima, para lograr buenas propiedades mecánicas.

En la presente investigación hemos utilizado las composiciones definidas por varios investigadores para la muestra patrón y para comparar las variaciones, se adicionó el 5% de cal hidratada, las propiedades de los mismos han sido analizadas en el laboratorio de acuerdo a la norma NTP 331.019.

De la bibliografía consultada el ladrillo ecológico, de acuerdo a RNE E-070-2006 se clasifica en unidad de Albañilería Alveolar, la cual se define como:

Unidad de albañilería sólida o hueca con alveolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados. (NORMA E-070, 2009).

Sobre las características geométricas de los ladrillos ecológicos, de acuerdo a las antecedentes revisadas, el sistema de albañilería con ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento se desarrolló como alternativa para la albañilería armada considerando refuerzo vertical y horizontal en su interior. La albañilería se conforma con bloques alveolares de dimensiones modulares que permitan que las unidades coincidan unas con otras y a través de los alveolos se permite el paso de las varillas de refuerzo. Tanto las columnas como las vigas de amarre se construyen con las unidades de suelo – cemento. (Rojas J. y Vidal, R. 2014).

Según el antecedente originalmente las dimensiones de la unidad de suelo – cemento tenían como base las medidas del ladrillo artesanal King Kong (9x13x25 cm). (Padrón J. y Ruiz E. 2015).

En la presente investigación las medidas nominales de las unidades de albañilería Ecológico son de 25 x 12.5 x 07 cm respectivamente como se observa en la Figura . Tipos de ladrillos ecológicos de suelos – cemento.



Figura I-2 Tipos de ladrillos ecológicos de suelos - cemento, basado de Rojas J 2014

Los alveolos circulares tienen un diámetro de 5.7 cm, con lo que el porcentaje de huecos en la unidad es de:  $(2 \times \text{PI} \times \text{D} \times \text{D} / 4) / (\text{L} \times \text{A}) = (2 \times 3.1416 \times 6^2 / 4) / (25 \times 12.5) = 0.18096$  (18.096%). La sección transversal de la unidad es mayor al 70% del área

bruta, por lo que el bloque se clasificó como solido de acuerdo a la Norma E.070. 2006.

En la presente investigación los componentes que formaran los ladrillos Ecológicos y/o bloque de Suelo – Cemento estarán compuesto por un suelo que es inerte, cemento, cal hidratada y agua, dosificados a una proporción adecuado y prensados.

Es necesaria para la preparación de mezclas de los componentes la unión en proporciones de los elementos siguientes:

Suelo arcilloso:

La arcilla es un componente muy importante para la fabricación de las unidades por sus propiedades aglomerantes que mejoran su resistencia inicial y la trabajabilidad, sin embargo, suelos arcillosos con propiedades de mayor porcentaje de finos provocan fisuras luego de secado el material.

Tendrán prioridad los suelos arenosos, en función de que producen mejores resultados de compactación y resistencia al ser estabilizados con cemento. No obstante, la arena de un suelo constituye su estructura, pero requiere de la presencia de arcilla para conglomerar su masa. En el otro sentido, para la estabilización de suelos arcillosos es indispensable la incorporación de arena. (Abanto P. y Akarley L. 2014)

El suelo adecuado para ser estabilizado con cemento es el que da una resistencia elevada y poca contracción al secarse. Esto significa tener aptitud para ser compactado. (Abanto P. y Akarley L. 2014)

Según, (Rojas J. y Vidal, R. 2014). Por lo general el suelo deberá cumplir las siguientes características:

- Aquellas que pasan por el tamiz de 4.8mm al 100%
- Aquellas que pasan el tamiz de 0.075 mm de 10% al 50%
- Límite de liquidez menor o igual al 45%
- Índice de plasticidad menor o igual al 18%

Cemento:

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

Es el producto resultante de la pulverización muy fina de Clinker obtenidos calcinando a fusión incipiente una mezcla rigurosamente homogénea de materiales calcáreos y arcillosos; al Clinker no se le agrega ningún producto después de la calcinación, con excepción de agua y yeso, pudiendo estar este último calcinado o no. (Regal, A. 1984, p.103).

Componentes químicos:

Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato bicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Según Regal, A. (1984). La composición química del Cemento Portland, parece indicar que un buen Clinker, bien quemado tiene la siguiente composición:

- Silicato Tricálcico	3 CaO , SiO <sub>2</sub>	36%
- Silicato Bicálcico	2 CaO , SiO <sub>2</sub>	33%
- Aluminato Tricálcico	3 CaO , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21%
- Otros componentes	-----	10%
	TOTAL	100.00%

Según Holcim, (2011). El PH del Cemento portland tipo I lo básico posee de 11 a 13.5 de PH es decir que el cemento es extremadamente alcalino.

El cemento es un aglomerante, que gracias a sus componentes químicos trabajan como estabilizante en la mezcla de suelo - cemento, para la fabricación de los ladrillos ecológicos, generalmente se emplea el gris normal, denominado “Portland”, provisto por la industria, no excluyendo la posibilidad del uso de los tipos.

La cantidad de cemento a incorporar a la mezcla dependerá del tipo de suelo, cuando el suelo tiene mayor porcentaje de arena el cemento se adicionará a menor proporción, también depende del tipo de compactación, si un bloque de suelo – cemento es compactado con máquinas manuales, la adición del cemento es mucho más que la compactación con máquinas hidráulicas, porque esta última es accionada por un motor eléctrico.

Cal hidratada:

La cal es el producto resultante de la descomposición, por el calor de las rocas calizas, que son carbonatos cálcicos o carbonatos de calcio. Regal, A. (1984).

La elección de la cal hidratada frente a otro tipo de cales más usuales, se debe únicamente a razones medio ambientales ya que se trata del tipo de cal más respetuosa con el medio ambiente. La cal hidratada es la única ecológicamente aceptada por su procedencia natural y mínimo impacto ambiental, es considerada un material ecológico para su uso en bioconstrucción. Cabo, M (2011).

La cal se emplea principalmente en morteros, pinturas, estucos, etc. Posee un alto contenido de calcio sus compuestos químicos más importantes y propiedades puzolánicas con las propiedades físicas más características, con lo que resulta muy adecuada para su uso en la estabilización de suelos de naturaleza arcillosa. No obstante, hoy en día no es muy común su uso en obra civil, como la estabilización de suelos, debido a que el actual pliego de prescripciones técnicas (PG-3) no lo recoge. Cabo, M (2011).

Propiedades principales de la cal.

✓ Formula	Ca (OH) <sub>2</sub>
✓ Densidad Aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	950
✓ Índice de hidráulicidad (i)	0.35

✓ Finura Blaine (m <sup>2</sup> /Kg)	650
✓ Residuo insoluble (%)	2

## Agua

Es determinante el control de la cantidad de agua de la mezcla, ya que esta actúa como lubricante de las partículas de la mezcla. Si resulta excesivamente húmeda o, por el contrario, seca ambos estados se reflejan en la trabajabilidad del material y, posteriormente, en el acabado superficial, la resistencia y durabilidad del mismo. Abanto P. y Akarley L. (2014).

En la mezcla de suelo – cemento, su función principal del agua es la de hidratar los aditivos compuestos en la mezcla y contribuir con la compactación de esta. La cantidad de agua en la mezcla dependerá de la humedad natural de la materia prima y de los resultados de los ensayos primarios de laboratorio como el proctor estándar, que determina la humedad óptima de compactación del suelo aquella que permite determinar la densidad más elevada, una vez determinada en contenido de humedad natural y la humedad óptima del suelo se procede a incrementar el agua y que esta deberá ser limpio y libre de impurezas.

Respecto a la definición de mezcla, La mezcla a utilizar en la siguiente investigación, es basada en función a la referencia de grandes investigadores. Lo cual recomiendan que para los bloques de suelo – cemento, que la consistencia ideal es la siguiente:

**Tabla I-1**  
*Composición del suelo*

CRITERIO DE:	COMPOSICIÓN PORCENTUAL		
	ARENA	ARCILLA	LIMO
ICPA	70 a 85	5 a 10	10 a 20
Houben	40 a 70	20 a 30	0 a 30

CINVA	45 a 80	Suma:	20 a 50
MERRIL	Más de 50	Suma:	menor de 50

*Fuente:* klees, D. y Natalini, M

Es necesaria la realización de ensayos preliminares de la materia prima para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las mismas.

Ensayos preliminares del suelo extraído:

A través de estos ensayos determinaremos datos que nos puedan brindar informaciones relevantes acerca del tipo de suelo con la que contamos, para la presente investigación se realizara los siguientes ensayos:

Contenido de humedad

El objetivo principal de este ensayo es la de determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo y expresado en porcentaje, esto se logra secando una muestra de suelo previamente pesada, en el horno por un lapso de 24 horas a una temperatura  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  y luego volviendo a pesar la misma muestra ya seca, entonces por la diferencia de peso inicial y final obtendremos dicha cantidad de agua en la muestra. De acuerdo a la norma ASTM D 2216.

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar la cantidad de agua en la muestra, en función a ello controlar la cantidad de agua incorporado en la mezcla de suelo – cemento.

Análisis granulométrico por tamizado

El presente ensayo tiene como objetivo determinar la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. En función a los tamaños de los suelos se determinan el tipo de suelo.

Se realiza tomando una cantidad medida de suelo seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una serie de mallas, que sus diámetros cada vez más son

pequeñas y con una charola en el fondo. La cantidad de los suelo retenidos en cada malla se mide y el por ciento acumulado de suelo que pasa a través de cada malla es determinado. Este porcentaje es generalmente denominado el “porcentaje que pasa”.

### Limite líquido y plástico

Estos ensayos sirven para expresar cuantitativamente el efecto de la variación del contenido de humedad de las características de plasticidad de un suelo.

Los límites plásticos y líquidos han sido utilizados ampliamente en todas las regiones del mundo, principalmente con objetivo de identificación y clasificación de suelos nos dan una idea de la plasticidad de un suelo. De acuerdo a la norma, ASTM D 4318.

#### Limite líquido

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

#### Limite plástico

El límite plástico es el límite inferior de la capa plástica del suelo. La prueba es simple y se lleva acabo enrollando repentinamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal, al ser enrollados en rollitos de 3.2mm de diámetro, se desmorona. De acuerdo a la norma ASTM D - 4318

#### Índice de plasticidad

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

.....(Ec N° 01)

### Ensayos químicos

- ✓ Sales solubles totales
- ✓ PH de la Arcila
- ✓ Ensayo de fluorescencia de rayos x de la arcilla

### Proctor Estándar

El objetivo principal de esta prueba es la de determinar la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos, encontrar la humedad óptima con la que se debe compactar el suelo, en este caso determinaremos la humedad óptima del suelo para el prensado de los ladrillos ecológicos.

Es necesaria la realización de ensayos de laboratorio de las mismas unidades para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos de suelo-cemento y estas son las siguientes:

### Variación de dimensiones y alabeo

#### Variación de dimensiones

Aunque es una propiedad física, influye en el comportamiento resistente del muro. Por lo que, a mayor variación dimensional, mayor espesor de la junta; y mientras mayor sea el espesor de la junta, menor será la resistencia a compresión y la fuerza cortante del muro de albañilería. Las dimensiones de la unidad, según la norma, se expresan como: largo x ancho x altura, en centímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento; y las dimensiones nominales, comerciales, usualmente incluyen 1cm de junta. La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. La prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales, adicionales al mínimo

requerido de 10mm, la resistencia a compresión de albañilería disminuye en 15%. Esto también produce disminución en la resistencia al corte (NORMA E-070, 2006).

$$V(\%) = \frac{D_{Nominal} - D_{Promedio}}{D_{Nominal}} \times 100 \quad \text{.....(Ec N° 02)}$$

**Dónde:**

V = Variabilidad de dimensiones (%)

D<sub>Nominal</sub> = Medidas Especificadas por el fabricante (cm)

D<sub>Promedio</sub> = Medidas Promedio (cm)

**Alabeo**

Este ensayo consiste en colocar el borde recto de la regla ya que sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores de ladrillo. Posteriormente se introduce la cuña graduada en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectúa la lectura con la precisión de 1mm y se registra el valor obtenido.

**Resistencia a la compresión**

Para la realización de este ensayo se coloca el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen. (NTP 331.018)

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar la resistencia a compresión axial de cada unidad, la muestra a tomar para el presente ensayo será en función a la norma NTP 331.019.

La resistencia a la compresión se obtendrá con la formula siguiente

$$f'c = \frac{P}{A} \quad \text{..... (Ec N° 03)}$$

**Dónde:**

$f'c$  = Esfuerzo a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga Actuante (Kg)

A = Área resistente (cm<sup>2</sup>)

**Densidad**

En la realización de este ensayo se llevará en función a la norma NTP 331.018.

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar la densidad que contiene cada unidad, que consiste en dividir la masa del espécimen seco sobre el volumen neto del ladrillo.

**Absorción**

Es una medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería. En las unidades de arcilla no debe exceder el 22%. Las unidades de albañilería con absorción mayor al 22% serán más porosas, y por lo tanto, menos resistente a la acción de la intemperie. La unidad porosa absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro. Las Normas Peruanas limitan dicho valor debido a que la principal causa de la durabilidad es el intemperismo, y las unidades porosas son menos resistentes a la acción de la intemperie. Este aspecto pierde importancia

cuando los muros tienen recubrimiento suficiente para protegerlos del intemperismo (NORMA E-070, 2006).

El cálculo de absorción se realizará empleando la formula siguiente:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{PW_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad \text{.....(Ec N° 04)}$$

**Dónde:**

Wd = Peso seco del espécimen (Kg)

Ws = Peso del espécimen saturado (Kg)

Abs = Contenido de agua absorbida (%)

**Succión**

La succión es una propiedad importante en las unidades de albañilería, debido a que una succión excesiva producirá uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece, no logrando un contacto completo con la cara del ladrillo superior. El resultado es que se tendrá un muro con una adhesión pobre incompleta de sus unidades, dejando uniones de baja resistencia y muros permeables al agua. (Aguirre, D., 2004 p 66)

Este ensayo se realiza con la finalidad de determinar el tiempo de absorción de agua proveniente de los morteros. Se realizará en función a la norma técnica NTP 331.018.

La succión estará dada por la siguiente fórmula:

- a. Cuando el área no difiere de  $\pm 2.5\%$  de 200cm<sup>2</sup> se calcula con diferencia de pesos dividido entre el área de ladrillo sumergido.

$$S = \frac{w}{A} (\text{gr/cm}^2 \times \text{min}) \quad \text{.....(Ec N° 05)}$$

- b. si el área difiere  $\pm 2.5\%$  de  $200\text{cm}^2$  se calcula con la formula expresa para corregir la velocidad se succión.

$$S = \frac{200 W}{A} (\text{gr}/200\text{cm}^2 \times \text{min}) \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ \text{06})$$

**Dónde:**

- S = Succión  
W = Peso de agua (g)  
A = Área ( $\text{cm}^2$ )  
200 = Factor de corrección

Mortero

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino, a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado (RNE E-070).

Componentes

Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

Cemento Portland tipo I y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.

El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales.

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas. (RNE E-070-2006)

En esta investigación el mortero a utilizar para la construcción de las pilas y muretes estarán constituido por una mezcla de pegamento de mayólica más una proporción de cemento y cola sintética, ya que los ladrillos de suelo cemento son prensados y poseen una superficie lisa.

Los componentes del mortero tendrán las siguientes proporciones volumétricas:

**Tabla I-2**  
*Composición del mortero en volumen*

CEMENTO	PEGAMENTO PARA MAYÓLICA	COLA SINTETICA
1	10	1

*Fuente:* Elaboración propia

Respecto a la aceptación de la unidad, de acuerdo a la bibliografía revisada, en nuestro país tenemos una norma que, controla las propiedades físicas y mecánicas de las unidades, la cual presenta las condiciones siguientes:

Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote (NORMA E-070, 2006).

La absorción de las unidades de arcilla y sílice calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto tipo (P), tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto tipo (NP), no será mayor que 15% (NORMA E-070, 2006).

El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP (NORMA E-070, 2006).

La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su

interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea (NORMA E-070, 2006).

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 (NORMA E-070, 2006).

La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia (NORMA E-070, 2006).

La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo (NORMA E-070, 2006).

Con lo que respecta a la resistencia de prismas de albañilería, también esta normado, la cual nos alcanza las siguientes definiciones:

#### Especificaciones generales

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) y a corte ( $v'_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla N° 1. 03 (NORMA E- 070, 2006).

**Tabla I-3**  
*Métodos para determinar  $f'_m$  y  $V'_m$*

RESISTENCIA CARACTERISTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$(f'_m)$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$(f'_v)$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: NORMA E-070, 2006

- i. Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.
- ii. Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes, mediante ensayos de laboratorio, de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621 13.2 Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio, previos a la obra y durante la obra.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.

Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días, pero no menor de 14 días. En este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla N° 1. 04 (NORMA E-070, 2006).

**Tabla I-4**  
*Incremento de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad*

EDAD		14 DÍAS	21 DÍAS
MURETES	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	bloques de concreto	1,25	1.05
PILAS	ladrillos de arcilla y bloques de concreto	1.1	1

Fuente: NORMA E-070, 2006

La resistencia  $f'_m$  en pilas se obtendrá como el valor promedio de las muestras ensayadas menos una vez la desviación estándar.

$$f'_m = \sigma . prom - Desv. estandar \dots\dots\dots (Ec N^\circ 7)$$

En caso de no realizarse ensayos de prismas, se puede emplear los valores mostrados en la tabla N° 1. 05, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla), para otras utilidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos. (NORMA E-070, 2006).

**Tabla I-5**  
*Resistencia característica de la albañilería Mpa (kg/cm<sup>2</sup>)*

MATERIA PRIMA	DENOMINACIÓN	UNIDAD (f <sub>b</sub> )	PILAS (f <sub>m</sub> )	MURETES (V <sub>m</sub> )
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)
	King Kong Normal	15,7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
SILICE - CAL	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)

Fuente: NORMA E-070, 2006

(\*) Utilizados para la construcción de muros armados.

(\*\*) El valor  $f'_b$  se proporciona sobre el área bruta en unidades vacías (sin Grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con Grout de  $f'_c = 13.72$  Mpa (140 Kg/cm<sup>2</sup>).

El valor  $f'_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez de prisma que aparece en tabla N° 1. 06.

**Tabla I-6**  
*Factor de corrección*

FACTOR DE CORRECCIÓN DE $f'_m$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2	2.5	3	4	4.5	5
Factor	0.73	0.8	0.91	0.95	0.98	1

Fuente: NORMA E-070, 2006

### Clasificación para fines estructurales

Para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la tabla N° 1. 07.

**Tabla I-7**

*Clase de unidades de albañilería para fines estructurales*

CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (Máxima en porcentaje)			ALABEO (Máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA 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)
Ladrillo P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

Fuente: NORMA E-070, 2006

El procedimiento experimental que se presenta es la siguiente investigación es la siguiente:

Operacionalización de Variable:

De acuerdo a la definición proporcionada por Padrón J. y Ruiz E. (2015). Se entiende por variable “cualquier característica o cualidad de la realidad que se susceptible de asumir diferentes valores”.

Variable: Ladrillos Ecológicos de Suelo – Cemento con adición de cal hidratada al 5%.

Variable dependiente

## Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos

### Definición Conceptual

Una propiedad física es cualquier propiedad que es medible, usualmente se asume que el conjunto de propiedades físicas define el estado de un sistema físico. Las propiedades físicas que son medibles son los ensayos a realizar como: variación de dimensiones, alabeo, densidad, absorción y succión.

Las propiedades mecánicas del ladrillo es la forma de comportamiento de un material cuando están sometidos a una fuerza externa. Son propiedades mecánicas: Resistencia a compresión simple, fuerza axial de pilas y compresión diagonal de muretes.

### Definición operacional

Las propiedades físicas y mecánicas se miden en el laboratorio. Para el desarrollo de esta investigación se procederá a realizar ensayos preliminares de la materia prima y los ensayos correspondientes de las unidades de albañilería en función a la norma NTP 331.018.

**Tabla I-8**  
*Operacionalización de variable dependiente*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	CONCEPTO
Dependiente: Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos con adición de cal hidratada al 5% para	Son propiedades del ladrillo que estructuran su capacidad de construcción (Aguirre, 2004)	Son propiedades del ladrillo que estructuran su capacidad física y mecánica	Propiedades físicas	Variabilidad dimensional  Alabeos  Succión	Es la variación de las dimensiones de largo, ancho y alto del ladrillo. Se miden y se registran en la ficha de ensayo. Es la deformación del ladrillo respecto a su convexidad y concavidad. Se mide en el su forma cóncava y convexa. Mide la capacidad de succión de agua del ladrillo. Se mide en función de su largo, ancho, y la humedad.

muros portantes	Resistencia a la compresión simple	Es la capacidad de resistir a una fuerza externa que actúa en la superficie del ladrillo.
	Propiedad es mecánicas	Fuerza axial de pilas Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal del ladrillo aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada carga axial.
	Compresión diagonal de muretes	Es la capacidad de una pila de ladrillos de soportar un carga externa en sección diagonal. La fuerza se mide en laboratorio con varias lecturas

Fuente: Elaboración Propia

### Variable independiente

Componentes del ladrillo con adición de cal hidratada al 5%

### Definición Conceptual

Es la estrategia de dosificación de mezcla para la elaboración del mortero de fabricación del ladrillo (Aguirre, 2004).

### Definición Operacional

Es la estrategia de dosificación de mezcla para la elaboración del mortero de fabricación del ladrillo (Aguirre, 2004).

**Tabla I-9**  
*Operacionalización de variable independiente*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	CONCEPTO
Independiente : Diseño de mezcla	Es la estrategia de dosificación de mezcla para la	Es la estrategia de dosificación de mezcla para la elaboración del mortero de	Suelo cemento	Dosificación en peso de suelo cemento	Es la asignación de proporción en peso de

elaboración del mortero de fabricación del ladrillo (Aguirre, 2004)	fabricación del ladrillo (Aguirre, 2004)		suelo cemento. Se mide con balanza Es la asignación de proporción en peso de cal hidratada al 5%. Se mide con balanza Es la asignación de proporción en volumen de agua. Se mide en metros cúbicos.
		Cal hidratada	Cantidad de cal hidratada
		Agua	Dosificación en peso de agua

*Fuente:* Elaboración Propia

En la presente investigación se formuló como hipótesis, Adicionando el 5% de cal hidráulica mejoraría las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de ladrillo ecológico de suelo – cemento para usar en muros portantes.

El objetivo General del presente estudio es: Determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades ecológicas de suelo – cemento con la adición de cal hidratada al 5% para ser utilizado en muros portantes como material alternativo para la construcción. Y como objetivos específicos:

Determinar la composición química de la arcilla mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X ( FRX)

Determinar las características físicas y mecánicas de la materia prima.

Determinar el PH de la cal hidratada, muestra patrón y experimental

Determinar la relación agua cemento para la elaboración de las unidades de albañilería de suelo cemento, patrón y experimental.

Realizar los ensayos de la unidades, pilas y muretes en función a la Norma NTP 331 – 019 y RNE – E 070, patrón y experimental luego comparar e interpretara los resultados estadísticos.

## II). METODOLOGÍA

El tipo de la presente investigación es de tipo aplicada, porque los resultados que se obtienen en el proceso de esta investigación serán utilizados para la solución del problema vinculado al área de los ladrillos, implantando un nuevo material alternativo para la construcción en general, adicionando las bondades de la composición de la cal hidráulica, así mismo brinda a la sociedad en general adquirir materiales de construcción de bajo costo, más durable y que es amigable con el medio ambiente.

En coherencia con el fin de la ciencia corresponde un diseño experimental de nivel cuasi – experimental, porque se busca determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento con adición de cal hidratada al 5%, haciendo que este grupo de estudio sea el experimental, en comparación a ladrillos ecológicos de suelo-cemento sin adición el cuál consistirá el grupo control.

Para lo cual primeramente se desarrollará la elaboración de ladrillos sin adición, próximamente con adición de cal hidratada al 5%, los cuales después de su elaboración serán sometidos a los ensayos de laboratorio. Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos. En función a las fichas técnicas.

La unidad de estudio son las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo-cemento

La población se define como “la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen unas características en común, la cual se estudian y da origen a los datos de la investigación”. Padrón J. y Ruiz E. (2015).

Es el conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

En la presente investigación la población, es la cantidad de materia prima disponible para la producción de ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento con adición de cal hidratada al 5%.

La muestra es el grupo de ladrillos determinados del lote que establece las normas existentes para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote, la cual indica lo siguiente:

De las Normas E-070 e NTP 331.019, sección 4.2, para cada lote de 50 000 ladrillos o fracción, se realizará la secuencia “A” de ensayos y la secuencia “B” de ensayos, por cada grupo adicional de 100 000 ladrillos o fracción. En base a esto la siguiente tabla indica el número de especímenes escogidos.

**Tabla II-1**  
*Cantidad de muestras*

NÚMERO DE ESPECÍMENES PARA CADA ENSAYO		
ENSAYOS	SECUENCIA A	SECUENCIA B
VARIACIÓN DE DIMENSIONES	10	5
ALABEO	10	5
RESISTENCIA A LA COMPRESION	5	3
DENSIDAD	5	3
ABSORCIÓN	5	3
SUCCIÓN	5	3

*Fuente:* Normas E-070 e NTP 331.019, sección 4.2

Para esta investigación ha tomado como muestra la secuencia “A” de la tabla N° 2. 01.

El método de la investigación es experimental basado y apoyada de la observación científica, porque el propósito general del trabajo consiste en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento. Su composición será modificada adicionando la cal hidratada al 5%, es decir la variable independiente sufre una modificación (manipulación de variable). Para que el proceso de experimentación se logre desarrollar, y tendrá en

cuenta las propiedades del proceso del método científico, apoyada de la observación científica, para lo cual se hará la aplicación de los ensayos de laboratorio correspondientes.

La técnica a emplear en esta investigación es la observación científica, y el instrumento serán las fichas técnicas de los ensayos de laboratorio de todos los ensayos a desarrollarse, como Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, absorción y succión de las unidades propias de los ladrillos y también se realizará ensayos a un grupo de ladrillos como el ensayo de compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes.

El desarrollo de estos ensayos nos permitió determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos ecológicos prensados de suelo-cemento

Para la recolección de datos, se elaboraron formatos de laboratorio que permiten recolectar la información necesaria al momento de realizar los ensayos previstos. Aquí se anotaron datos importantes, tales como dimensiones, pesos, cargas, etc. que sirven para determinar las propiedades de suelo-cemento de albañilería. Cada uno de los formatos ha sido revisado y aprobados por responsable de laboratorio, asesor de tesis, y técnico de laboratorio.

Luego de la recolección de datos se procedió a realizar el trabajo en gabinete, el cual consigna el ordenamiento de los datos, el análisis sistematizado de los mismos, las operaciones y los cálculos correspondientes; y, finalmente, la creación de gráficos, análisis de datos y discusión de resultados.

El procedimiento general seguido, para el desarrollo de la presente investigación se presenta a continuación como sigue:

En primera instancia se realizó la definición de la cantera, posteriormente se realizó los ensayos preliminares del suelo extraído donde se determinó sus características, la misma resulto ser un suelo arcilloso, de clasificación según SUCS

CL (arcilla inorgánica de baja a media plasticidad). Con las siguientes características, Arena (40%) entre Arcilla y Limo de (60 %).

Así mismo se tuvo la necesidad de realizar los ensayos químicos de la muestra como el ensayo de sales solubles totales, cálculo de PH y el ensayo de fluorescencia de rayos X de la arcilla, las mismas se hicieron con la finalidad de determinar las propiedades químicas.

Diversas investigaciones nos sugieren tener en cuenta ciertos porcentajes para los componentes del suelo, por ejemplo: Arcilla y limo (20-50%) y arena de (45-80%) según CINVA. Pero para nuestra investigación hemos optado por tener los siguientes porcentajes: Arcilla y Limo (50%) y Arena (50%).

El suelo empleado para la presente investigación tiene las siguientes características:

**Tabla II-2**  
*% de arena, limo y arcilla para la investigación*

MATERIAL	RANGOS DE LOS INVESTIGADORES	PORCENTAJE DE SUELO EXTRAÍDO	PORCENTAJE PARA LA INVESTIGACIÓN
ARCILLA Y LINO	20-50%	60 %	50%
ARENA	45-80%	40%	50%

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el porcentaje de arena es inferior al establecido y para evitar problemas de fisuración por contracción de secado, se optó por añadir 10% de arena fina para cumplir con nuestros requisitos establecido para nuestra investigación.

El cemento y la cal es un factor principal que influye en la resistencia de las unidades, debido a ello creemos conveniente optar por el 15% de cemento del volumen total y 5% de la cal del volumen total respectivamente. Así mismo con respecto a la cantidad de agua no siempre es exactamente la misma, ya que en algunas veces la mezcla pueda quedar excesivamente húmeda o a lo contrario.

La proporción volumétrica y muestra en seco para nuestra investigación es la siguiente:

**Tabla II-3**

*Diseño de mezcla para muestra patrón*

Componentes	Diseño de Mezcla
Cemento-Suelo-Arena	1.5: 7.5 : 1

*Fuente:* Elaboración propia

Así mismo se determinó las características de la cal hidratada, en el desarrollo de la presente investigación la cal juega un papel muy importante por lo que se adicionara en la fabricación de ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento como un componente en el diseño de mezcla.

La cal utilizada para la presente investigación posee de las siguientes características:

PH	=	11.89
C.E (ds/m)	=	100.3

El pH de la cal utilizado como se muestra en líneas arriba es calificado como extremadamente alcalina, la cal se utilizará por lo que la materia prima que será utilizado es un suelo arcilloso, para poder mejorar las propiedades del suelo empleado en la fabricación de los ladrillos ecológicos. Los resultados del ensayo del PH de la cal hidratada se anexan en los anexos.

**Tabla II-4**

*Diseño de mezcla para muestra Experimental*

COMPONENTES	DISEÑO DE MEZCLA
Cemento – Cal -Suelo-Arena	1.5 : 0.5 : 7.5 : 1

*Fuente:* Elaboración propia

La cantidad de agua es proporcional, en la presente investigación se desarrolló el ensayo de proctor estándar, el cual nos determinó la humedad optima con el 12.4%

de agua a una máxima densidad seca de 1.828 gr/cc. En ese sentido se utilizó la cantidad de agua para muestra patrón el 12% del volumen total. Y para la muestra experimental se utilizó el 14% del volumen total, esta última se optó por la que la mezcla adicionada de cal hidratada no presentaba buena trabajabilidad en el proceso de fabricación.

Para la elaboración de los ladrillos Ecológicos de suelo – cemento, el procedimiento a seguir no es tan complejo como el de los ladrillos cocidos, y estas son los siguientes:

#### Selección del suelo

Para la elección del suelo, el “método experimental” más sencillo y eficaz es el método de la decantación conocido como “método de la botella”. Realizado con una botella transparente o una probeta graduada, arroja resultados casi inmediatos sobre los contenidos y proporciones de la tierra considerada. Sin embargo, estos datos deberían ser corroborados con ensayos de laboratorio. (Abanto P. y Akarley L. 2014).

Básicamente consiste en la precipitación de una mezcla acuosa de una muestra de suelo (75% de agua, 25% de suelo). Luego se bate muy bien el recipiente, dejando reposar durante por lo menos 45min. (Abanto P. y Akarley L. 2014).

Esta prueba permite comparar rápidamente distintas muestras de suelo, para optar por alguna de ellas o, simplemente, permite ir evaluando la modificación del contenido porcentual de la muestra a medida que se adiciona arena. (Abanto P. y Akarley L. 2014).

#### Extracción de suelo

La extracción de la materia para la elaboración de los ladrillos ecológicos puede ser comprada desde una cantera y trasladados hasta la planta de la elaboración de los ladrillos y por otro lado el mismo material de las excavaciones de una obra pueden ser utilizadas, con tal que el suelo sea inerte.

## Secado

El secado del suelo se realiza cuando, la materia prima es extraída desde profundidades considerables y que contengan la humedad natural considerable, por lo que el suelo no permite el tamizado. Para lo cual es necesario esparcir la tierra uniformemente, para que el aire y el sol puedan secarlo con efectividad.

## Tamizado y/o triturado

Una vez reconocido el contenido de suelo a emplear, es necesario tamizar (o triturar) la tierra a fin de desintegrar o moler los grumos producidos por la humedad. Esta etapa tiene efectos importantes en la calidad de ladrillo producido, ya que evitara la presencia de grumos grandes en el cuerpo del ladrillo, para realizar el tamizado, el suelo debe estar completamente seco y se hará atreves de un tamizador manual o eléctrico que tenga una malla con una rejilla de 4 a 5mm promedio.

Las herramientas utilizadas fueron Molino de Martillo, Herramientas manuales y Cámara fotográfica.

El procedimiento de trituración consiste en que el molino debe estar ya conectado en el fluido eléctrico, se prende el equipo y se echa el material en tolva del molino paulatinamente para dar eficiencia de trabajo a la máquina el cual dicho material ya es triturado como se muestra en la Figura 2. 01.



Figura II-1 Trituración de suelo

El mezclado en seco que se hizo con el apoyo de una mezcladora de concreto de 5HP, las herramientas manuales y el material empleado es el suelo arcilloso, arena fina y gasolina, dicho procedimiento fue de la siguiente manera, en primer lugar, se echa el suelo ya triturado, enseguida se echa la arena y cemento para muestra patrón y experimental luego últimamente se adiciona la cal en lo que respecta la muestra experimental.



Figura II-2 Mezclado en seco

El control de la incorporación de agua es necesario porque activa la acción cohesiva de las arcillas. Actúa como lubricante para mejorar la compresión y activa la reacción con cemento.

Una vez lograda la mezcla homogénea de sus componentes en seco, se agrega agua en forma de lluvia con una regadera o similar, con la finalidad de que la humedad se distribuya uniformemente en la mezcla.



Figura II-3 Adición de agua

No se puede determinar una medida exacta de agua para la mezcla, esta se deberá hacer a pie de producción de forma empírica o calculando de a pocos, agregándola de forma lenta y pareja hasta uniformar el color. Dependiendo de la necesidad, deberemos o bien añadir el agua o bien extender la mezcla de humedad correcta, para determinar la cantidad de agua en la mezcla se puede realizar una prueba simple del método de la “muñeca” el cual se realiza de la siguiente manera:

Tomamos un poco de mezcla húmeda y apretamos fuertemente con la mano, al abrir la mano la mezcla debe presentar las huellas de los dedos, al romper en dos

partes, debe ser compacto, no deberá desmoronarse en pequeños trozos o varias partículas. Si el material se desintegra, entonces la mezcla necesita más agua. Si la mano se ensucia entonces la mezcla tiene mucha agua.

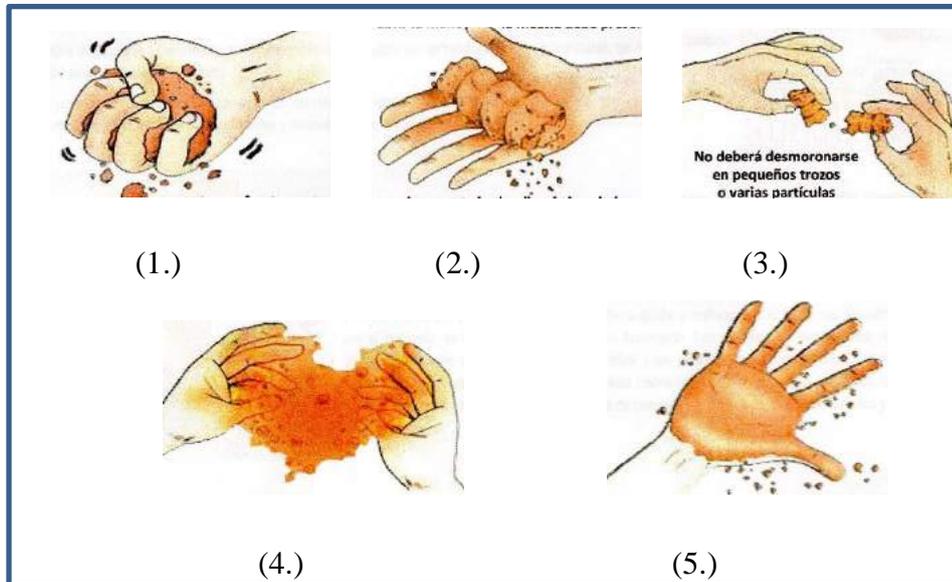


Figura II-4 Prueba manual de mezcla, basado de Maquinas Forza X5

La compactación se hace para aumentar la resistencia en la compresión y para proveer una mayor capacidad absorbente, en esta etapa de elaboración se utiliza la maquina semiautomática FORZA de dos ladrillos, la cual deberá estar bien calibrada para que no haiga mucha variación en el dimensionamiento.

La prensa compactadora hidráulica es un equipo de fabricación nacional portátil que se apoya sobre el terreno, lo que permite su traslado con facilidad a obra.

El sistema hidráulico de la máquina, genera el prensado del material y saca el ladrillo de forma automática a través de comandos eléctricos. Posee una compresión de 6 toneladas accionado por un motor eléctrico de corriente trifásico de 5 hp, con una producción diaria 1500 a 2000 ladrillos por una jornada de 8 horas de trabajo.



Figura II-5 Prensado con la prensa hidráulica

Por el trabajo realizado de esta máquina, los ladrillos de suelo – cemento ya no necesitan ser quemado en hornos generando el gasto de combustible para su cocción y la generación de CO<sub>2</sub>.

El proceso de producción de ladrillos ecológicos de suelo cemento requiere como mínimo de 3 a 4 personas para empezar a tener una buena producción. Para una producción rápida y continua, una persona se encarga de prensar los ladrillos, otra prepara la mezcla del suelo en una batidora y/o mezcladora y va llenando a la tolva de la prensa, mientras que la tercera va retirando los ladrillos de la prensa y va apilando los ladrillos a una parihuela conforme a lo que va saliendo y otra cuarta persona deberá estar permanente en la trituradora, para poder abastecer el material.

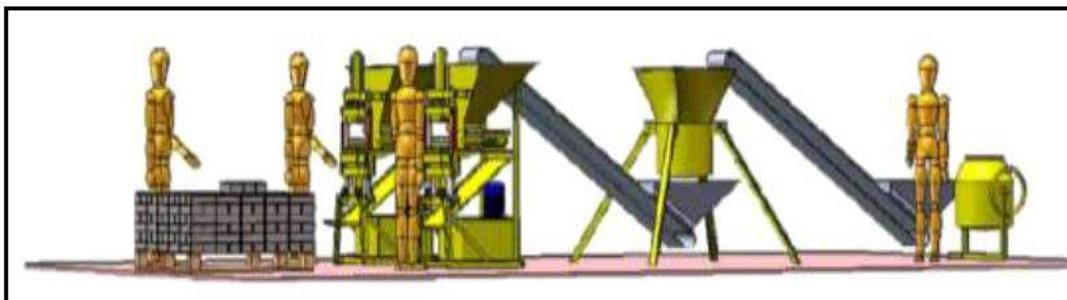


Figura II-6 Proceso de producción, basado de Rojas. J 2014

Conforme se va produciendo los ladrillos, se irán colocando en filas sobre una superficie plana, ya sea una parihuela o tarima, de preferencia bajo techo y en condiciones medias de temperatura y humedad.

Las filas de los ladrillos, se deben formar uno al lado del otro y continuar con las hileras superiores colocándolos de igual forma, uno al lado de otro pero en dirección contraria para tener soporte y poder continuar con las hileras de la pila.

Después de hacer un apilamiento correcto se pasa al siguiente proceso de la “cura” del cemento, que va a determinar la resistencia del ladrillo. La cura es el proceso por el cual hidratamos o humedecemos el ladrillo y el cemento reacciona volviéndose duro y resistente. El humedecimiento del curado se hace por aspersion manual, mecanizada, automatizada o por inmersión.

En este proceso se debe evitar que la evaporación a través del sol o del aire sea demasiado rápida, ya que el resultado de un secado rápido puede dañar el proceso de endurecimiento del cemento.

El proceso de curado se hizo durante 7 días calendarios contados desde el día siguiente de la fabricación de los ladrillos ecológico de suelo cemento.



Figura II-7 Curado de ladrillos

Para la determinación de las propiedades físicas de los ladrillos se construyeron los especímenes para ser sometidos a los ensayos de laboratorio. En esta investigación se realizaron dos tipos de especímenes las pilas y muretes. Para los especímenes será necesario recalcar que las juntas serán casi nulas por el mismo diseño geométrico de las unidades de albañilería, se aplicara una lechada de mortero especial y esta junta podrá ser como máximo de 5mm para que los encajes de hembra y macho sigan trabajando.

Respecto a las características de las pilas. Se construyeron en total 06 unidades cada una como se muestra en la Figura 2.08, las cuales fueron reforzados con varillas de acero verticalmente con una altura de promedio de 29cm la variabilidad en altura fue mínimo.

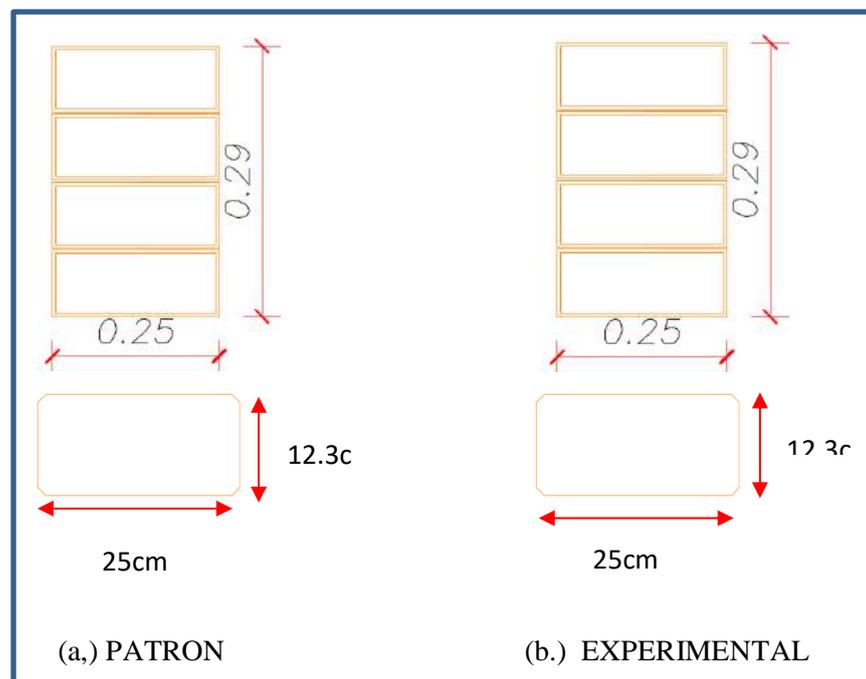


Figura II-8 Característica de pilas

Respecto a las características de los muretes. El murete es una probeta con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza (unidad o

bloque) y con el número de hiladas para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. El aparejo de las piezas debe ser igual al que se use en obra.

Se construyeron 06 muretes de 63 x 65 cm como se aprecia en la figura 2. 09 los cuales fueron reforzados vertical y horizontalmente, el cual se construyó con la misma técnica de construcción convencional para que sean representativos.

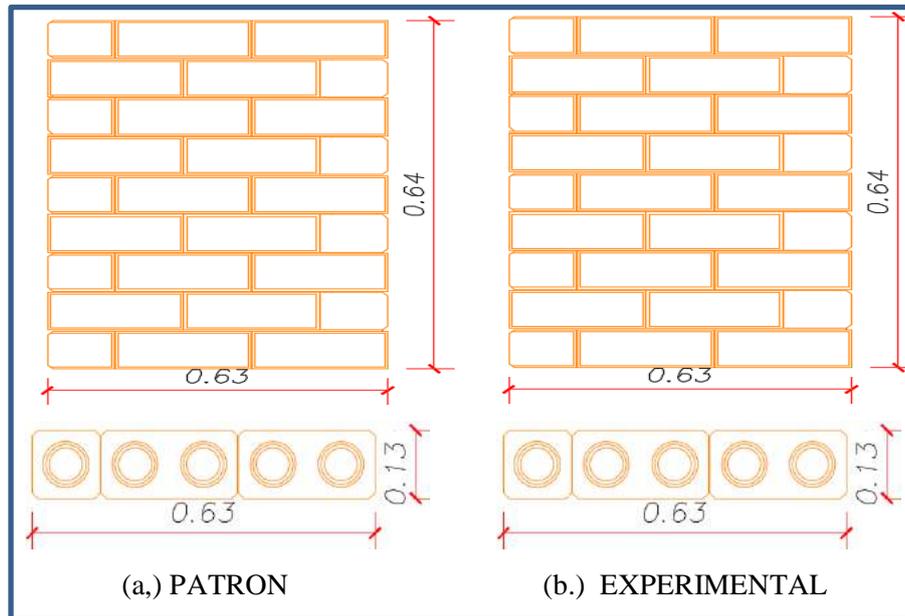


Figura II-9 Característica de los muretes

Los especímenes han sido construidos después de que las unidades de suelo-cemento ya hayan tenido 21 días de fabricado, se iniciaron los trabajos realizando la mezcla de mortero en un recipiente cilíndrica, donde utilizamos la siguiente relación volumétrica para la misma: 1 : 10 : 1, correspondiente a Cemento, Pegamento para mayólica y cola de carpintero, los cuales fueron medidos en volúmenes. Posteriormente se agregó agua hasta encontrar la trabajabilidad del mortero, la misma que fue batido con el apoyo de un taladro manual como se observa en la figura 2. 10.



Figura II-10 Elaboración del mortero especial

El recorte de las unidades de albañilería enteros en medios unidades se realizó mediante un disco de corte de concreto circular. No se controló las juntas horizontales, ya que el mortero únicamente es para unir los elementos de ladrillo. Para nivelar horizontalmente a las unidades de albañilería ubicados en los extremos del muro, se utilizó un nivel de mano y para el control vertical se utilizó una plomada.



Figura II-11 Asentado de la primera hilera en muretes

Una vez asentados las unidades de albañilería, ubicadas en los extremos del muro (unidades maestras asentados utilizando el nivel de mano y la plomada), se utilizó un cordel para alinear horizontalmente a las unidades internos del muro luego se verifico la alineación horizontal con la plomada.



Figura II-12 Asentado de la primera hilera en muretes

Respecto a la construcción de pilas se realizó siguiendo los lineamientos anteriores, se construyeron dos grupos de 03 pilas, las unidades se asentaron en su estado natural, previa limpieza para que el mortero trabaje con mayor seguridad, cada prisma se reforzó verticalmente con acero de ½” y fue llenado, con el concreto grout ambos alveolos.



Figura II-13 Construcción de las pilas

Con respecto a la construcción de muretes se realizó con el mismo método se construyeron 06 muretes, para lo cual se emplearon 23 unidades en cada prisma, por cada hilada se colocan dos ladrillos y medio, en los alveolos de los extremos se colocaron un refuerzo vertical de acero de ½” y se recubrió con concreto Grout.

En la parte central se reemplazó el ladrillo prensado lego por ladrillo canaleta con la finalidad de colocar un refuerzo horizontal una barra de ½”, esta hilera de ladrillo fue llenado con el mismo material de concreto Grout.



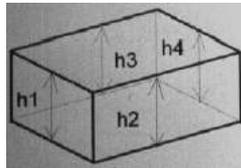
Figura II-14 Construcción de muretes

La que respecta en los ensayos realizados de las unidades de albañilería prensada La muestra a ensayar es en función a la Norma NTP 331.019, sección 4.2, en total se ensayaron 40 unidades de albañilería a Variación de Dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión (5unidades), densidad seca, absorción y succión.

#### Variación de dimensiones

La prueba de variabilidad dimensional tiene relación directa con el espesor de las juntas y, por lo tanto, con la altura de las hiladas. A mayor variabilidad dimensional de las unidades, mayor espesor de las juntas lo que da como resultado una albañilería menos resistente a corte y a compresión. Para el ensayo, se utilizaron 10 ladrillos enteros y secos.

Consiste en medir en medir las dimensiones de cada de ladrillo el largo, ancho y alto se tomó como el promedio de las 4 mediciones en milímetros en la parte media de cada cara, luego por cada arista se calculó el valor promedio de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante (Fábrica) y se divide entre el promedio.



$$h = \frac{h1+h2+h3+h4}{4}$$



Figura II-15 Medición de las dimensiones

Las herramientas utilizadas en el desarrollo del ensayo son: Vernier graduado en mm, regla de aluminio graduada en mm de 600mm, formato de laboratorio y la cámara fotográfica, así mismo se catalogó como material 20 ladrillos de los cuales 10 patrón y 10 experimental, el procedimiento del ensayo se desarrolló de la siguiente manera:

Medir las muestras con vernier por cada una de sus lados, cuatro veces; y determinar el promedio de cada dimensión: largo ancho y alto en mm.

Determinar las dimensiones especificadas por el fabricante

La variación porcentual se determina utilizando la siguiente formula:

$$V(\%) = \frac{D_{Nominal} - D_{Promedio}}{D_{Nominal}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 02)$$

Dónde:

- V = Variabilidad de dimensiones (%)
- D<sub>Nominal</sub> = Medidas Especificadas por el fabricante (cm)
- D<sub>Promedio</sub> = Medidas Promedio (cm)

### Alabeo

La concavidad y convexidad se medirán con una regla y una cuña graduada como lo estipula la Norma 331.018 de NTP (ver Figura N° 2.16). Para este ensayo se analizó una muestra representativa de 20 unidades, de los cuales para la muestra patrón se tomó 10 unidades y para experimental otro 10, el alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio. El resultado indica si la unidad es cóncava, convexa, u horizontal como se observa la figura 2.16. las herramientas utilizadas para el desarrollo del siguiente ensayo son: Regla de aluminio graduado en mm, formato de laboratorio, cuña graduada a milímetro y cámara fotográfica así mismo como material se utilizó 20 ladrillos de los cuales 10 patrón y 10 experimental.

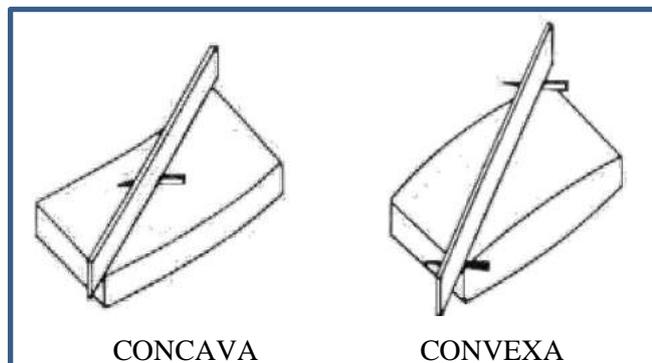


Figura II-16 Concavidad y convexidad, basado de Normas NTP

El procedimiento del ensayo consiste en colocar el borde recto de la regla ya que sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores de ladrillo. Posteriormente se introduce la cuña graduada en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectúa la lectura con la precisión de 1mm y se registra el valor obtenido.



Figura II-17 Medición de concavidad y convexidad

### Resistencia a la compresión

Para la determinación de resistencia a la compresión de unidades de suelo – cemento se efectuaron los ensayos de laboratorio de acuerdo a la norma NTP 331.018 y las muestras de acuerdo a la norma NTP 331.019, los equipos utilizados para el siguiente ensayo es la Prensa Hunblot de 100 ton, Cronometro y Planchas de acero de  $\frac{1}{2}$ " de 0.27 x 0.15 cm a sí mismos como herramientas se utilizó los siguientes: vernier, Wincha, Formatos de laboratorio, Cámara fotográfica y Moldes metálicos. Como materiales se utilizó, 10 ladrillos de los cuales 05 patrón 05 experimental, yeso y cemento y el procedimiento consiste en:

Etiquetar cada una de las muestras.

Una vez que las unidades cumplan 21 días de fabricados se prepara una base con capín de yeso – cemento de 2 a 3 mm aproximado con la finalidad de dar un acabado liso del espécimen.

Se realiza la medición respectiva del ladrillo el largo, ancho y alto por lo menos cuatro mediciones, la cual nos dará la medición de área que soportará la carga.

Determinar el área neta que soportará la carga para identificarlo

Introducir la muestra en el equipo de compresión y dejar bien alineado y a plomada la muestra.

Verificar la lectura del equipo de compresión, la cual nos reportara cuando el ladrillo falle por compresión.

El esfuerzo a la compresión se determinó utilizando la siguiente formula

$$\sigma = \frac{P}{A} \times \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 03)$$

**Dónde:**

$\sigma$  = Esfuerzo a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga Actuante (Kg)

A = Área resistente (cm<sup>2</sup>)

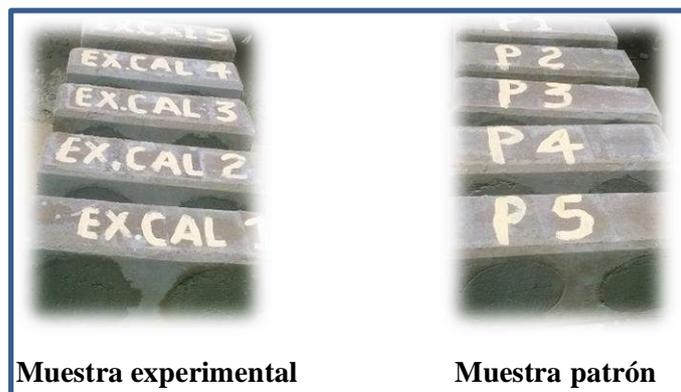


Figura II-18 Muestras para ser ensayados a compresión



Figura II-19 Ensayo a compresión simple

### Densidad seca

La densidad de seca de la unidad de albañilería de suelo – cemento se calculó con el método volumétrico, que la densidad es masa seca sobre el volumen neto del elemento. Para la misma se utilizó como equipo, al horno y/o estufa y las herramientas fueron como vernier, wincha, formatos de laboratorio, cámara fotográfica y por último la balanza con capacidad en gr, el material predominante para el ensayo son las 20 unidades de suelo cemento, 10 patrón y 10 experimental. Y el procedimiento del ensayo son los siguientes.

Se secan los ladrillos en la estufa durante 24 horas para determinar el peso seco de los ladrillos

Se realiza la medición respectiva del ladrillo el largo, ancho y alto por lo menos cuatro mediciones y el peso respectivamente.

La densidad de la unidad se puede calcular con la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 07)$$

**Dónde:**

$\sigma$  = Densidad seca de ladrillo

P = maza del elemento

A = Volumen de ladrillo

### Absorción

Para la realización de este ensayo las muestras a tomar es la secuencia A de la norma NTP 331.018. Dicho ensayo se realiza con la finalidad de determinar la cantidad de agua absorbida por el ladrillo.

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose (Figura N° 2. 20).



Figura II-20 Muestras en el horno

El procedimiento para ensayar es como sigue:

Se etiquetan los ladrillos por cada tipo de muestra

Se calientan los especímenes en el horno 110 °C y 115 °C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite las veces que sea necesario hasta que no se tengan variaciones en el peso.

Se pesan cada una de las muestras y se sumerge a una cubeta llena con agua destilada durante las 24 horas asegurando que la temperatura del baño este comprendida entre 15 °C y 30 °C, durante este lapsus de tiempo indicado, se retiran las muestras del baño, secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesan.



Figura II-21 Ladrillo sumergido en agua y control de peso

## Succión

La succión es una propiedad importante en las unidades de albañilería, debido a que una succión excesiva producirá uniones entre mortero y ladrillo inadecuadas. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece, no logrando un contacto completo con la cara del ladrillo superior. El resultado es que se tendrá un muro con una adhesión pobre e incompleta de sus unidades, dejando uniones de baja resistencia y muros permeables al agua. Como equipo se utilizó el horno, como herramientas se utilizó, bandeja plana, nivel de mano, varillas de acero liso, formatos de laboratorio, cámara fotográfica y balanza con capacidad en gr. Así mismo como material se utilizó el mismo ladrillo prensado,

en total 10 unidades de suelo cemento, 05 patrón y 05 experimental, cuyo procedimiento se da como sigue:

Se etiquetan los ladrillos por cada tipo de muestra

Se calientan los especímenes en el horno 110 °C y 115 °C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite las veces que sea necesario hasta que no se tengan variaciones en el peso.

Se pesan la muestra seca retiradas del horno enfriados a temperatura ambiente, usando un vernier se miden las dimensiones de asiento

Se prepara una bandeja nivelada con acero lizo nivelado, se sumerge con agua hasta que el nivel de agua supere 3mm desde en nivel superior de los aceros, se sumerge la muestra sobre los apoyos durante 1 minuto, luego se retira y se vuelve a pesar, secándolo previamente con un paño, esta succión se evalúa sobre una superficie de contacto de 200cm<sup>2</sup>. NTP, 2002.

La succión es expresada por las siguientes ecuaciones:

1.- Cuando el área no difiere de ± 2.5% de 200cm<sup>2</sup> se calcula con diferencia de pesos dividido entre el área de ladrillo sumergido

$$S = \frac{w}{A} (\text{gr/cm}^2 \times \text{min}) \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 08)$$

2. si el área difiere ± 2.5% de 200cm<sup>2</sup> se calcula con la formula expresa para corregir la velocidad se succión.

$$S = \frac{200 w}{A} (\text{gr}/200\text{cm}^2 \times \text{min}) \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 09)$$

**Dónde:**

S = Succión

$w$  = Peso del agua  
 $A$  = Área de asiento  
 200 = Factor de Corrección



Figura II-22 Nivelación De Bandeja Y Control De Nivel De Agua



Figura II-23 Ensayo de succión

Para la determinación de las propiedades mecánicas de los ladrillos se realizó los ensayos de acuerdo a la Norma E-070 y es como sigue:

#### Ensayo de pilas a compresión axial

Una vez que las 06 pilas cumplieren 28 días de edad, fueron ensayados a compresión axial de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E-070.

Para el ensayo se utilizó el equipo de compresión simple mostrado en la Figura N° 2. 24 se ensayaron 06 pilas a compresión axial, tres de muestra patrón y tres de muestra experimental, con la finalidad de determinar la resistencia característica a compresión ( $f'm$ ).

Previamente se coloca un capping de yeso-cemento de 3mm aproximadamente en la parte superior e inferior del espécimen para uniformiza la superficie de contacto con el dispositivo de ensayo a compresión axial.

La carga fue aplicada hasta genere la falla de las pilas, instante después del cual se produjo la degradación de resistencia, esta carga máxima queda registrada en la pantalla de la máquina de compresión. El equipo utilizado es la Prensa Hunblot con capacidad de 100 ton, cronometro, planchas de acero de ½" de 0.27 x 0.15 cm y como herramientas se utilizó, vernier, wincha, formatos de laboratorio, cámara fotográfica y moldes metálicos, así mismo como material se utilizó, 10 especímenes, 05 patrón y 05 experimental, yeso y cemento.

El procedimiento a seguir fu de acuerdo a la a Norma E-070 la cual se detalla como sigue:

Etiquetar cada una de las muestras

Previamente se coloca un capping de yeso-cemento de 3mm aproximadamente en la parte superior e inferior del espécimen para uniformiza la superficie de contacto con el dispositivo de ensayo a compresión axial

Se realiza la medición respectiva del ladrillo el largo, ancho y alto por lo menos cuatro mediciones, la cual nos dará la medición de área que soportará la carga.

Determinar el área neta que soportará la carga

Introducir la muestra en el equipo de compresión y dejar bien alineado y a plomada la muestra.

Verificar la lectura del equipo de compresión, la cual nos reportara cuando el ladrillo falle por compresión.

El esfuerzo a la compresión se determinó utilizando la siguiente formula

$$f'm = C \frac{P}{A} \dots\dots\dots(\text{Ec N}^\circ 10)$$

**Dónde:**

$f'm$  = Esfuerzo a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Carga Actuante (Kg)

A = Área resistente (cm<sup>2</sup>)

C = Factor de corrección por esbeltez



Figura II-24 Toma de medidas del espécimen



Figura II-25 Compresión de pilas

La forma de falla observada durante los ensayos de las 06 pilas fallaron a través de una grieta vertical que corta unidades y mortero (Fig. N° 26), producida por tracción debida a la expansión lateral causada por la compresión aplicada, no se produjo fallas por trituración de los ladrillos ni del concreto.



Figura II-26 Forma de falla de las tres pilas patrón



Figura II-27 Forma de falla de las tres pilas patrón

#### Ensayo de compresión diagonal de muretes

Una vez que los especímenes hayan cumplido 28 días de construido fueron ensayados a compresión diagonal según el Capítulo 5 del RNE E.070.

Para la realización del presente ensayo se construyó en total seis prismas con dimensiones establecida en las características de especímenes de los cuales tres para muestra patrón y tres para muestra experimental. Como equipo se utilizó la Maquina universal N° 02 de marca TOKYOKOKI del laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, Cronometro, Perfiles metálicos, así mismo se utilizó como herramienta la wincha, plomada, formatos de laboratorio, cámara fotográfica, dispositivos metálicos. Y como materiales se utilizó. 10 especímenes, 05 patrones y 05 experimental, yeso y cemento, el procedimiento a seguir fue de acuerdo a lo estipulado en la Norma E-070 así como sigue:

Etiquetar cada una de las muestras

Previamente se coloca un capping de yeso-cemento de 3mm aproximadamente en la parte superior e inferior del espécimen donde ira el dispositivo metálico del equipo, esta hace con la finalidad de uniformiza la superficie de contacto con el dispositivo de ensayo a compresión diagonal de murete.

Se realiza la medición respectiva del espécimen el ancho y alto por lo menos dos mediciones, la cual nos dará la medición de la hipotenusa y/o diagonal del murete.

Introducir el espécimen en el equipo de compresión y dejar bien alineado y a plomada.

Verificar la lectura del equipo de compresión, la cual nos reporta la carga total alcanzada cuando el murete falla al cien por ciento.

La resistencia al corte ( $V'm$ ) se calcula con la siguiente formula

$$V'm = \frac{P_{max\ diagonal}}{Area\ diagonal} \dots\dots\dots(Ec\ N^{\circ}\ 11)$$

**Dónde:**

$V'm$  = Resistencia al corte ( $kg/cm^2$ )

$P_{max}$ = Carga Actuante (Kg)

Area = Área resistente ( $cm^2$ )



Figura II-28 Muretes después de 28 días



Figura II-29 Máquina de compresión universal

### III). RESULTADOS

Los resultados obtenidos en diversos laboratorios, se muestran a continuación:

Ensayos preliminares del suelo extraído

Con la finalidad de determinar las características del suelo extraído se realizaron los siguientes ensayos preliminares estipulados en el plan.

Contenido de Humedad (ASTM D-2216-71)

**Tabla III-1**

*Contenido de humedad*

CONTENIDO DE HUMEDAD		
Muestra	1	2
% de Humedad	1.94%	1.97%
Promedio %	1.96	

*Fuente:* Elaboración propio (laboratorio)

Del cuadro se observa que el contenido de humedad que posee la muestra representativa de la materia prima en promedio es de 1.96%.

Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422)

**Tabla III-2**

*Análisis granulométrico de la arcilla*

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO O	PORCENTAJ E RETENIDO	RETENIDO ACUMULAD O	PORCENTAJ E % QUE PASA
3 1/2"	80.89	0.0			
3"	76.200		0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.325	0.0	0.0	0.0	100.0
# 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
# 10	2.000	66.7	2.9	2.9	97.1

# 16	1.190	107.0	4.7	7.6	92.4
# 20	0.840	65.5	2.9	10.5	89.5
# 30	0.600	73.2	3.2	13.7	86.3
# 40	0.420	73.5	3.2	16.9	83.1
# 50	0.300	80.4	3.5	20.4	79.6
# 60	0.177	53.3	2.3	22.7	77.3
# 100	0.150	162.5	7.1	29.9	70.1
# 200	0.075	243.2	10.6	40.5	59.5
< N° 200	FONDO	10.9	0.5	41	
FRACCIÓN		936.2			
N					
TOTAL		936.2			

*Fuente:* Elaboración propio (laboratorio)

Del cuadro se puede apreciar que la muestra pasa la malla N° 4 es al 100% por lo que dicha muestra fue triturado con un molino de martillo anticipadamente antes de ser ensayado, así mismo se puede visualizar que, el 40.5% es Arena, la cual se determinó sumando el % de pesos retenidos desde tamiz N° 10 a N° 200 y por otro punto el 10.9% son finos.

El análisis de composición granulométrica revela una mayor tendencia a la composición de suelos finos.

**Tabla III-3**  
*Composición de la muestra*

<b>Comp. De la Muestra</b>	
% Grava:	0
% Arena:	40
% Finos:	60

*Fuente:* Elaboración propio (laboratorio)

#### Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad (ASTM D 4318)

Siguiendo todos los procedimientos descritas en la norma técnica peruana, fue posible obtener el límite líquido de 29.20, correspondiente a un porcentaje determinado de humedad para un N° de golpes igual a 25. A si mismo con un valor de 19.67% del límite plástico, es reportado como el promedio del porcentaje de humedad hallado.

Finalmente, el índice de plasticidad es calculado como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, obteniéndose en un valor 9.54%.

**Tabla III-4**  
*Composición de la muestra*

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	29.20
LIMITE PLASTICO	19.67
INDICE DE PLASTICIDAD	9.54

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

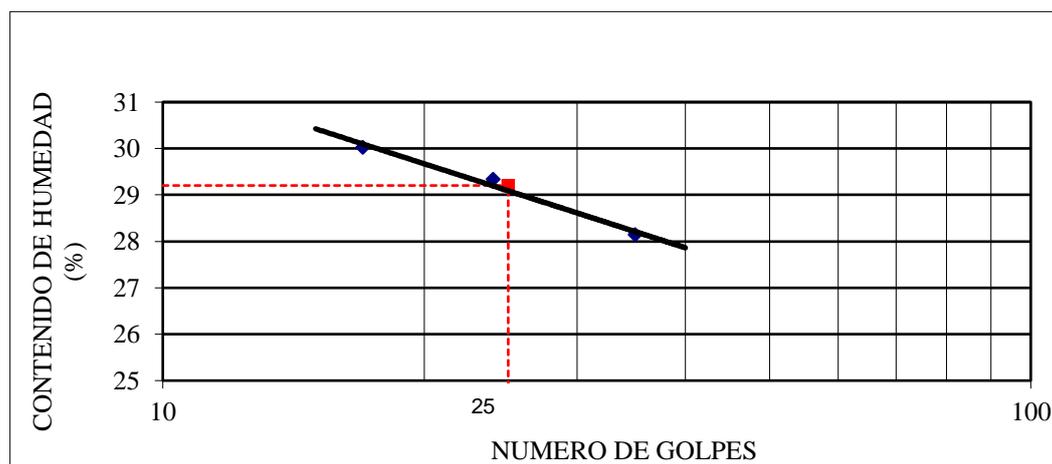


Figura III-1 Diagrama de Fluidez

Fuente: Elaboración propia (Resultados de ensayos preliminares de suelo)

De acuerdo a la clasificación SUCS, la arcilla se clasifica CL que significa la arcilla de baja plasticidad.

Así mismos se realizó la interpretación de resultados en la carta de plasticidad donde se determinó que la muestra es arcillas glaciares.

Sales Solubles Totales

**Tabla III-5**  
Composición química de la muestra

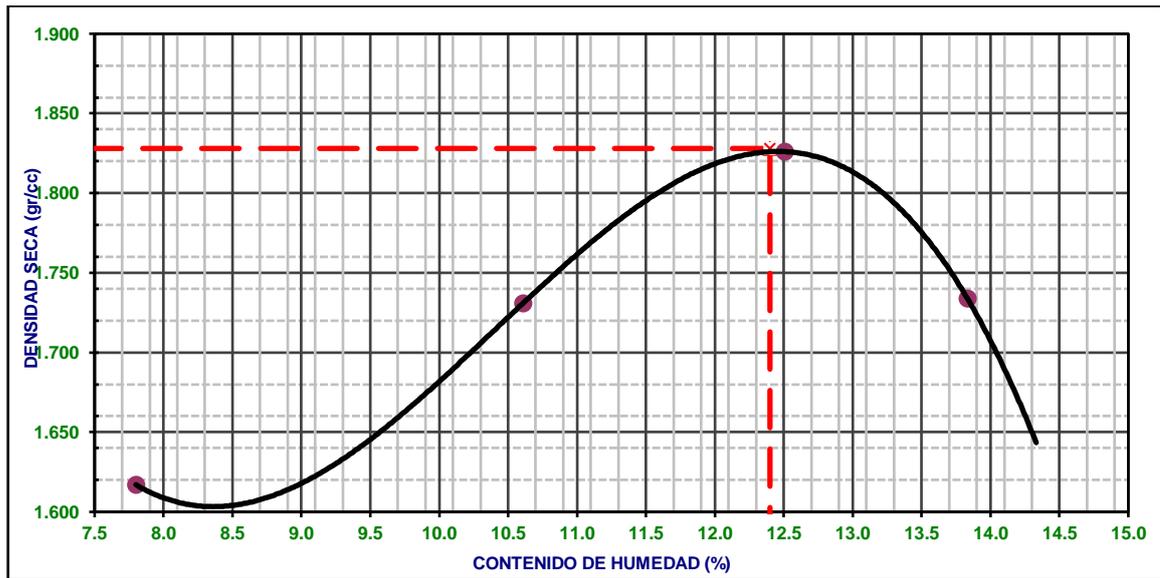
CONSTANTES QUIMICAS DE LA MUESTRA		
Nº Muestra	1.00	2.0
Sales Solubles %	0.15	0.2
Promedio	0.17	

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

De la tabla se observa que la cantidad de sales en la muestra es de 0.17 %, la cual es mínima y no es perjudicial en la composición de la unidad.

**Proctor estándar**

Este ensayo se realizó con la finalidad de determinar la cantidad de agua, con la que dicho material llega a obtener su máxima densidad seca en el laboratorio, para posterior aplicación en la elaboración de los ladrillos las cuales se cuantifico como sigue:



<b>DENSIDAD MÁXIMA SECA:</b>	<b>1.828</b>	<b>gr/cc</b>	<b>HUMEDAD OPTIMA:</b>	<b>12.4</b>	<b>%</b>
------------------------------	--------------	--------------	------------------------	-------------	----------

Figura III-2 Proctor Estándar

Fuente: Elaboración propia (Resultados de ensayos preliminares de suelo)

De la figura se puede apreciar que la densidad máxima es de 1.828 gr/cc, a una humedad de 12.4 %, la misma fue utilizado en la fabricación de ladrillos.

Del ensayo de PH, la cal hidratada utilizado posee un PH = 11.89 el cual se encuentra por encima del nivel 7 (nivel neutro), lo que significó que la cal es extremadamente alcalina, así mismos tenemos el pH de ladrillo ecológico de la muestra patrón que posee un Ph= 8.61 que es calificado como fuertemente alcalino la misma que se encuentra por encima del nivel neutro y por último, respecto al pH ladrillos ecológicos de la muestra experimental se obtuvo un pH=9.74 que significa que la muestra es extremadamente alcalina, la misma que se encuentra por encima del nivel neutro, donde se puede decir que los componentes de la muestra patrón y experimental poseen alto grado de alcalinidad.

#### Componentes Química de la Arcilla

**Tabla III-6**

*Resultado de fluorescencia de rayos x de las arcillas*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Oxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ )	16.104	
Dióxido de Silicio ( $SiO_2$ )	70.061	
Dióxido de azufre ( $SO_2$ )	0.131	
Dióxido de cloro ( $ClO_2$ )	0.132	
óxido de Potasio ( $K_2O$ )	1.989	
Oxido de Calcio ( $CaO$ )	1.165	
Óxido de Titanio ( $TiO_2$ )	1.068	
Óxido de Cromo ( $Cr_2O_3$ )	0.018	
Óxido de Magnesio ( $MnO$ )	0.124	
Trióxido de Hierro ( $Fe_2O_3$ )	7.769	
Trióxido de Nitrato ( $Ni_2O_3$ )	0.016	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x
Óxido de Cobre ( $CuO$ )	0.567	
óxido de Zinc ( $ZnO$ )	0.322	
Trióxido de Arsénico ( $As_2O_3$ )	0.013	
Óxido de Estroncio ( $SrO$ )	0.034	
Óxido de Itrio ( $Y_2O_3$ )	0.011	

Dióxido de Zirconio (ZrO <sub>2</sub> )	0.075
---	-------

Fuente: Laboratorio de Areometría de la UNMS

Del cuadro se observa que la composición química relevante en el material es el Óxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) que posee el 16.104%, Dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) con 70.061% y Trióxido de Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con 7.769% haciendo un total de 93.93% de material alcalino.

Respecto al cálculo de la relación agua/cemento se determinó de la siguiente manera:

Se controló los volúmenes utilizados de cada componente, para la muestra patrón se utilizó el 12% de agua y el 15% de cemento del volumen total. Y para la muestra experimental se utilizó el 14% de agua y el 15% de cemento del volumen total.

La relación agua cemento expresa la íntima relación que existe entre el peso del agua utilizada en la mezcla y el peso del cemento la misma se calcula de la siguiente:

**Tabla III-7**  
*Calculo de Relación Agua/Cemento de la muestra patrón*

CALCULO DE RELACION AGUA/CEMENTO DE LA MUETRA PATRON		
A	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.004373m <sup>3</sup>
B	% DE AGUA AL VOLUMEN TOTAL	12
C	% DE CEMENTO AL VOLLUMEN TOTAL	15
D	CANTIDAD DE CEMENTO EN M3 (A*C)/100	0.000656m <sup>3</sup>
E	CANTIDAD DE AGUA EN M3 (A*B)/100	0.000525m <sup>3</sup>
F	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO	3.18gr/cm <sup>3</sup>
G	PESO ESPECIFICO DEL AGUA	1.00gr/cm <sup>3</sup>
H	PESO DEL AGUA EN gr (E*100 <sup>3</sup> *G)	524.813gr
I	PESO DEL CEMENTO EN gr (D*100 <sup>3</sup> *F)	2086.131gr
J	RELACION AGUA/CEMENTO (H/I)	0.25

Fuente: Elaboración propio

**Tabla III-8**  
*Calculo de Relación Agua/Cemento de la muestra Experimental*

CALCULO DE RELACION AGUA/CEMENTO DE LA MUETRA EXPERIMENTAL		
A	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.004373m <sup>3</sup>

B	% DE AGUA AL VOLUMEN TOTAL		14.00
C	% DE CEMENTO AL VOLUMEN TOTAL		15.00
D	CANTIDAD DE CEMENTO EN M3	$(A \cdot C)/100$	0.000656m3
E	CANTIDAD DE AGUA EN M3	$(A \cdot B)/100$	0.000612m3
F	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO		3.18gr/cm3
G	PESO ESPECIFICO DEL AGUA		1.00gr/cm3
H	PESO DEL AGUA EN gr	$(E \cdot 100^3 \cdot G)$	612.282gr
I	PESO DEL CEMENTO EN gr	$(D \cdot 100^3 \cdot F)$	2086.131gr
J	RELACION AGUA/CEMENTO	$(H/I)$	0.29

Fuente: Elaboración propio

### Ensayos Físicos y Mecánicos

De los ensayos físicos realizados a la unidad ecológica de suelo-cemento son los siguientes:

#### Variación de Dimensiones (NTP 331.17, 331.18)

Como se observa en el cuadro N° 3.09 las unidades presentan dimensiones que varían ligeramente respecto a las dimensiones nominales, para la muestra patrón representa una variación promedio entre las dimensiones de - 0.87% haciendo una dispersión de resultados de 1.07% y para la muestra experimental representa una variación promedio entre las dimensiones de -1.01% haciendo una dispersión de resultados de 0.89%. en base a las normas de ladrillos, estos resultados son aceptables ya que la norma nos indica que para los ladrillos industriales se acepta un 20% de dispersión y para artesanales un 40% de dispersión, y en la presente investigación se determinó que la dispersión para la muestra patrón es de 1.07% y para la muestra experimental de 0.89% respectivamente.

**Tabla III-9**  
*Variabilidad de Dimensiones*

DIMENSI	PROMEDIO (mm)	RESULTADO FINAL			
		VALOR NOMINAL (mm)	VARIACION DE DIMENSION (%)	DESVIACION ESTANDAR	DISPERSION (%)

	PATRO N	EXPER .		PATRO N	EXPER .	PATRO N	EXPR .	PATRO N	EXPER .
LARGO	249.60	250.20	250.00	-0.16%	0.08%	0.52	0.42	0.21%	0.17%
ANCHO	122.75	123.00	125.00	-1.80%	-1.60%	0.42	0.00	0.35%	0.00%
ALTO	69.56	68.94	70.00	-0.64%	-1.52%	1.85	1.73	2.66%	2.51%
<b>PROMEDIO</b>				<b>-0.87%</b>	<b>-1.01%</b>			<b>1.07%</b>	<b>0.89%</b>

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

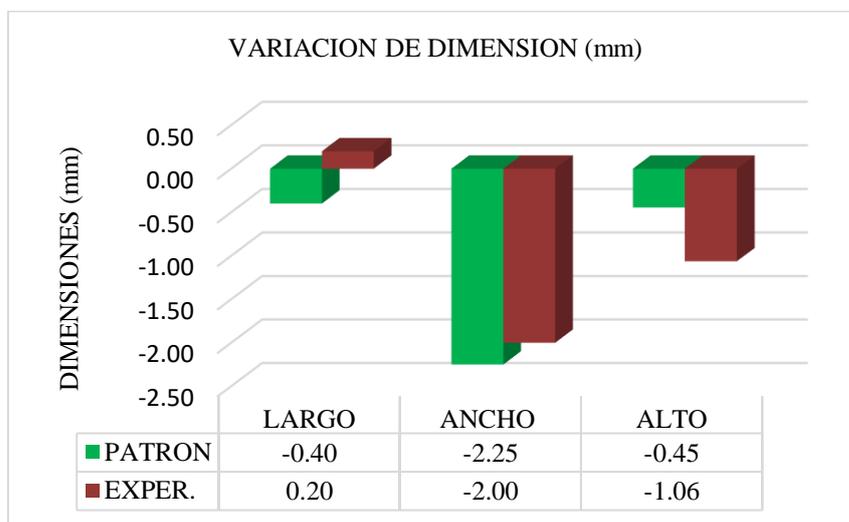


Figura III-3 Variabilidad de Dimensiones

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

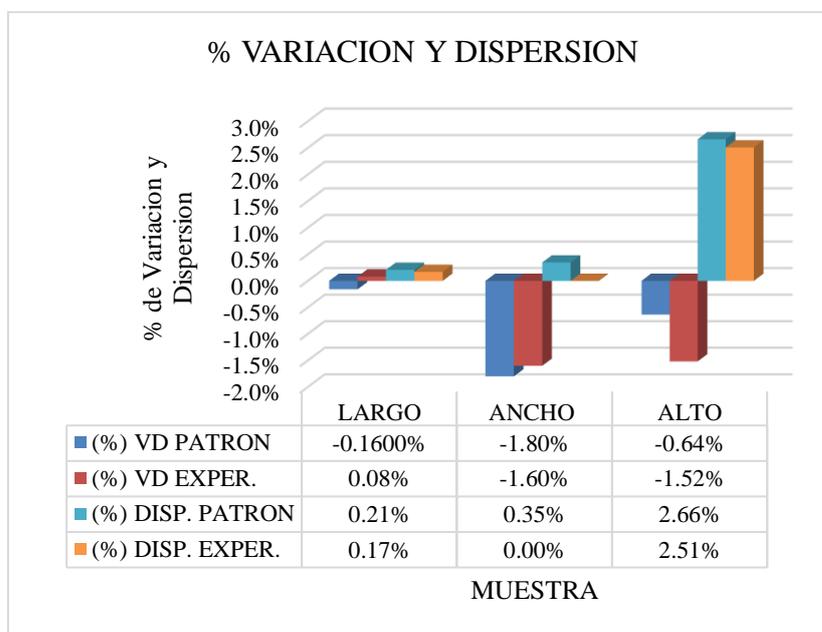


Figura III-4 % de Variación y Dispersión

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

Alabeo (NTP 331.17, 331.18)

De acuerdo a los ensayos realizados, su alabeo de los ladrillos prensados no existe por ser un ladrillo prensado con una humedad óptima como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla III-10**  
*Alabeo de los ladrillos*

MUESTRA	MUESTRA PATRON y EXPERIMENTAL CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP (mm)	CARA INFERIOR (mm)	PROM (mm)	CARA SUP (mm)	CARA INFERIOR (mm)	PROM (mm)
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		<b>PROM (mm)</b>	<b>0.00</b>			<b>0.00</b>

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

Densidad Seca (NTP 331.17, 331.18)

En la realización del ensayo de densidad seca del ladrillo Ecológico prensado de suelo – cemento, se tomó como muestra en función a la norma NTP 331.018 y los procedimientos establecidos en el capítulo dos de la presente tesis, dicho resultado se calculó con la Ec. 07.

La densidad seca obtenida para la muestra patrón es de 1.84 gr/cm<sup>3</sup> con una dispersión de resultados de 2.11% y para la muestra experimental la densidad seca del ladrillo es de 1.85 gr/cm<sup>3</sup> con una dispersión de resultados de 4.59%.

**Tabla III-11**  
*Densidad seca de muestra patrón*

N° DE MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			DIEMENSIÓN ALVEOLAR		VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )		PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )
	LARGO	ANCHO	ALTO	r (mm)	BRUTA (mm <sup>3</sup> )	NETA (cm <sup>3</sup> )			
1.00	249.00	123.00	69.25	30.00	2120919.75	1729.32	3311.70	1.92	
2.000	250.00	122.50	68.50	30.00	2097812.50	1710.45	3073.00	1.80	
3.000	249.00	123.00	70.00	30.00	2143890.00	1748.05	3192.80	1.83	
4.000	250.00	123.00	69.50	30.00	2137125.00	1744.11	3148.80	1.81	
5.000	249.00	123.00	70.00	30.00	2143890.00	1748.05	3222.90	1.84	
6.000	249.00	122.00	67.00	30.00	2035326.00	1656.45	2985.50	1.80	
7.000	250.00	122.00	69.75	30.00	2127375.00	1732.95	3213.00	1.85	
8.000	250.00	123.00	69.75	30.00	2144812.50	1750.39	3290.00	1.88	
9.000	250.00	123.00	71.00	30.00	2183250.00	1781.75	3214.50	1.80	
10.000	250.00	123.00	73.30	30.00	2253975.00	1839.47	3411.00	1.85	
PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )								1.84	
DESVIACION ESTANDAR								0.04	
DISPERSION DE RESULTADOS								2.11%	

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-12**  
*Densidad seca de muestra Experimental*

N° DE MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			DIEMENSIÓN ALVEOLAR		VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )		PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )
	LARGO	ANCHO	ALTO	r (mm)	BRUTA (mm <sup>3</sup> )	NETA (cm <sup>3</sup> )			

1.00	250.00	123.00	69.2 5	30.00	2129437. 50	1737.84	3311. 70	1.91
2.000	250.00	123.00	69.1 3	30.00	2125593. 75	1734.70	3073. 00	1.77
3.000	250.00	123.00	71.7 5	30.00	2206312. 50	1800.58	3192. 80	1.77
4.000	250.00	123.00	68.7 5	30.00	2114062. 50	1725.29	3148. 80	1.83
5.000	250.00	123.00	71.8 8	30.00	2210156. 25	1803.71	3222. 90	1.79
6.000	251.00	123.00	67.3 8	30.00	2080068. 38	1699.07	2985. 50	1.76
7.000	250.00	123.00	66.8 8	30.00	2056406. 25	1678.24	3213. 00	1.91
8.000	251.00	123.00	67.7 5	30.00	2091645. 75	1708.53	3290. 00	1.93
9.000	250.00	123.00	69.1 3	30.00	2125593. 75	1734.70	3214. 50	1.85
10.000	250.00	123.00	67.5 0	30.00	2075625. 00	1693.92	3411. 00	2.01
PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )								1.85
DESVIACION ESTANDAR								0.08
DISPERSION DE RESULTADOS								4.59%

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

#### Absorción (NTP 331.17, 331.18)

Los resultados de absorción de agua han sido calculados con la (Ec. N° 04), realizando los procedimientos estipulados en el capítulo dos de la presente investigación, para lo cual se tomó como muestra 05 unidades de ladrillos ecológicos de suelo-cemento.

Como se muestra en la (tabla N° 3. 11), la absorción promedio de la muestra patrón es de 12.94%, y mientras que de la muestra experimental la absorción promedio obtenida es de 14.87%, comparando los resultados con la norma, la absorción se encuentra dentro de límites permitidos que es de 22% para ladrillos industriales de arcilla.

**Tabla III-13**  
*Resultados del ensayo de Absorción*

ABSORCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)				
MUESTRA	MUESTRA SECA (gr)	MUESTRA SATURADO (gr)	PESO DE AGUA (gr)	ABSORCIÓN (%)
1.00	2985.50	3421.50	436.00	14.60%
2.00	3213.00	3640.50	427.50	13.31%
3.00	3290.00	3631.00	341.00	10.36%
4.00	3214.00	3650.00	436.00	13.57%
5.00	3411.00	3849.50	438.50	12.86%
			PROMEDIO (%)	12.94%

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-14**  
*Resultados del ensayo de Absorción*

ABSORCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)				
MUESTRA	MUESTRA SECA (gr)	MUESTRA SATURADO (gr)	PESO DE AGUA (gr)	ABSORCIÓN (%)
1.00	2969.00	3397.00	428.00	14.42%
2.00	2856.50	3330.00	473.50	16.58%
3.00	2949.00	3397.00	448.00	15.19%
4.00	3011.50	3458.50	447.00	14.84%
5.00	2980.50	3377.50	397.00	13.32%
			PROMEDIO (%)	14.87%

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

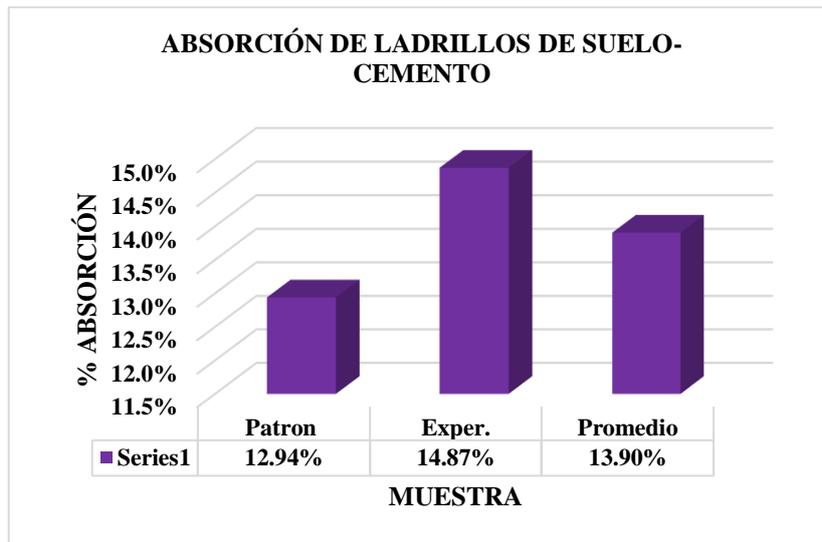


Figura III-5 % Absorción de Agua

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

#### Succión (NTP 331.17, 331.18)

Para la realización de este ensayo, las muestras han sido tomadas en función a la norma NTP 331.18, y los procedimientos de acuerdo a lo estipulado en el capítulo dos de la presente investigación, dichos resultados han sido calculados en con la (Ecu. N° 06) por lo que las áreas mojadas difieren +- a 2%.

De acuerdo a la (tabla 3.13 y 14) la succión del ladrillo de la muestra patrón es de 25.78 gr/200cm<sup>2</sup> x min), mientras que de la muestra experimental es de 22.59 gr/200cm<sup>2</sup>xmin.

**Tabla III-15**  
*Resultados del ensayo de Succión*

SUCCIÓN DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)									
MUESTR A	DIMENSIONES		SECCION VACÍA		ÁREA BRUT A (mm <sup>2</sup> )	ÁREA NETA (mm <sup>2</sup> )	PESO SECO (gr)	PESO HUMED O (gr)	SUCCIO N (gr/cm <sup>2</sup> )
	LARG O (mm)	ANCH O (mm)	RADI O (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )					
1.00	250.00	123.00	40.00	10053. 12	30750. 00	20696. 88	3211.70	3236.70	24.16
2.00	250.00	123.00	40.00	10053. 12	30750. 00	20696. 88	3073.00	3102.00	28.02

3.00	250.00	123.00	40.00	10053. 12	30750. 00	20696. 88	3192.80	3216.70	23.10
4.00	250.00	123.00	40.00	10053. 12	30750. 00	20696. 88	3148.80	3175.30	25.61
5.00	250.00	123.00	40.00	10053. 12	30750. 00	20696. 88	3222.90	3251.90	28.02
PROMEDIO (gr/(200cm <sup>2</sup> xmin))									25.78

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-16**  
*Resultados del ensayo de Succión*

SUCCIÓN DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)										
MUESTR A	DIMENSIONES			SECCION VACÍA		ÁREA BRUT A (mm <sup>2</sup> )	ÁREA NETA (mm <sup>2</sup> )	PESO SECO (gr)	PESO HUMED O (gr)	SUCCIO N (gr/cm <sup>2</sup> )
	LARG O (mm)	ANCH O (mm)	RADI O (mm)	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	RADI O (mm)					
1.00	250.00	123.00	40.00	10053.1 2	30750.0 0	206.9 7	3022.0 0	3040.60	17.97	
2.00	250.00	123.00	40.00	10053.1 2	30750.0 0	206.9 7	3014.9 0	3046.80	30.83	
3.00	250.00	123.00	40.00	10053.1 2	30750.0 0	206.9 7	3174.2 0	3189.90	15.17	
4.00	250.00	123.00	40.00	10053.1 2	30750.0 0	206.9 7	3050.4 0	3077.70	26.38	
5.00	250.00	123.00	40.00	10053.1 2	30750.0 0	206.9 7	3184.8 0	3197.70	12.47	
PROMEDIO (gr/(200cm <sup>2</sup> xmin))									22.59	

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

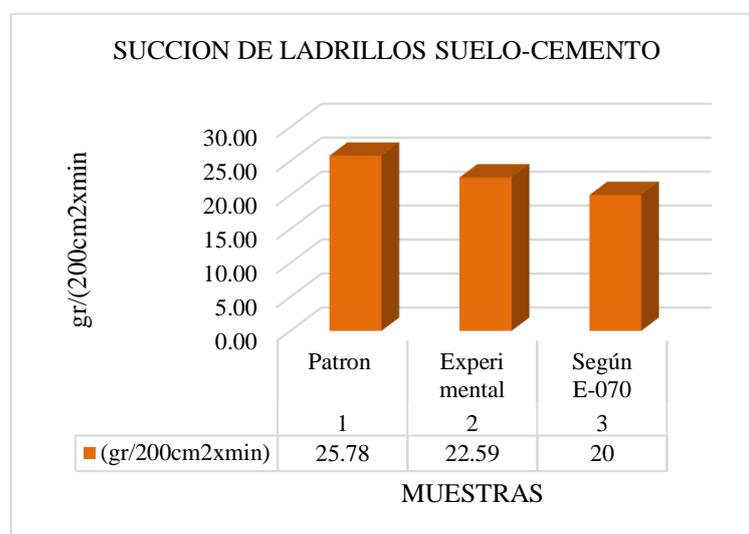


Figura III-6 Succión de los ladrillos

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

De los ensayos mecánicos realizados a la unidad ecológica de suelo-cemento son los siguientes:

#### Resistencia a la compresión Simple (NTP 331.17, 331.18)

Los resultados del ensayo de resistencia a compresión ( $f'b$ ) de las unidades ecológicas de suelo-cemento han sido calculados con la fórmula (Ec N° 03), realizando los mismos procedimientos definidos en el capítulo 04 de la presente investigación,

**Tabla III-17**

*Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple de Muestra Patron*

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)						
IDENTIFICACION	PESO (Kg)	DIEMENSIONES		ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	MAXIMA CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)			
1.0	4067.00	250.00	123.00	307.50	29932.56	97.34
2.0	4220.00	249.00	123.00	306.27	29029.91	94.79
3.0	4027.00	249.00	123.00	306.27	24171.94	78.92
4.0	4142.50	250.00	123.00	307.50	26666.70	86.72
5.0	3804.50	249.00	123.00	306.27	25423.85	83.01
					$f'b$ PROMEDIO (Kg-f/cm <sup>2</sup> )	88.16
					DESVIACION ESTANDAR	7.78
					F'b FINAL Kg-f/cm <sup>2</sup>	80.38
					DISPERSION DE RESULTADOS	8.82%

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-18**

*Ensayo de Compresión Simple de Muestra Experimental*

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)						
IDENTIFICACION	PESO (Kg)	DIEMENSIONES		ÁREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	MAXIMA CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)			
1.0	3742.00	250.00	123.00	307.50	20661.13	67.19

2.0	3879.50	251.00	123.00	308.73	30064.10	97.38
3.0	3960.50	251.00	123.00	308.73	20198.47	65.42
4.0	3783.50	250.00	123.00	307.50	23151.36	75.29
5.0	3907.00	251.00	123.00	308.73	25305.92	81.97

<b>f b PROMEDIO (Kg-f/cm2)</b>	<b>77.45</b>
<b>DESVIACION ESTANDAR</b>	<b>12.96</b>
<b>F b FINAL Kg-f/cm2</b>	<b>64.49</b>
<b>DISPERSION DE RESULTADOS</b>	<b>16.74%</b>

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

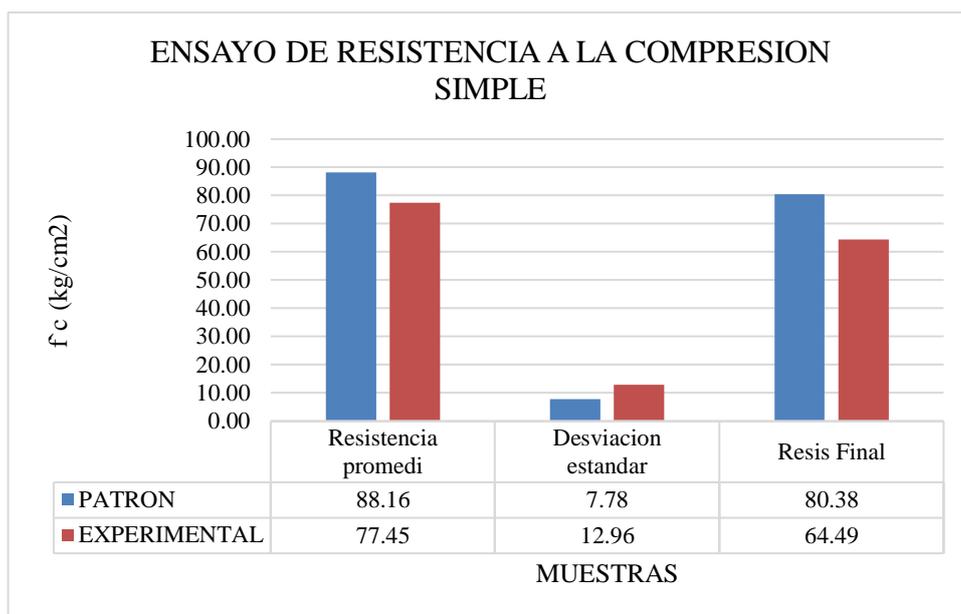


Figura III-7 Compresión simple de ladrillos ecológicos

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

**Tabla III-19**  
*Comparación y Clasificación*

MUESTRA	f b (kg/cm2)	CLASIFICACION DE NORMA
MUESTRA PATRON	80.38	LADRILLO TIPO III
MUESTRA EXPERIMENTAL	64.49	LADRILLO TIPO II

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

## Resistencia a la compresión de Pilas (RNE. E-070)

Los resultados a compresión en pilas fueron calculados según la Ec. 10 siguiendo todos los procedimientos estipulados en el capítulo II de la presente investigación.

Como se muestra la tabla N° 3.20 la resistencia a compresión simple de las pilas de suelo – cemento para la muestra patrón es de 95.57 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para la muestra experimental la resistencia ultima es de 65.65 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente como se muestra la tabla N° 3.21.

**Tabla III-20**  
*Resistencia a la Compresión de Pilas de Muestra Patrón*

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)									
Muestra	Pesos (gr)	Dimensiones			Área ( cm2)	Carga máxima (kg-f)	Esbeltez	Coefi. Corrección (e-070)	Resistencia admisible (f'm =kg -f /cm2)
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)					
P-1	18505.0	250.0	123.00	290.75	307.50	37956.61	2.36	0.781	96.40
P-2	18440.0	249.0	123.00	290.25	306.27	41567.21	2.36	0.781	105.99
P-3	18345.0	249.0	123.00	289.25	306.27	38981.73	2.35	0.779	99.15
f'm PROMEDIO (Kg-f/cm2)									100.51
DESVIACION ESTANDAR									4.94
f'm FINAL (Kg-f/cm2)									95.57
DISPERSION									4.91%
PROMEDIO ESBELTEZ									2.36

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-21**  
*Resistencia a la Compresión de Pilas de Muestra Experimental*

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)									
muestra	pesos (gr)	dimensiones			área ( cm2)	carga (kg-f)	esbeltez	coefi. corrección (e-070)	resistencia admisible (f'm =kg -f /cm2)
		largo (mm)	ancho (mm)	alto (mm)					
c- 1	18665.0	250.0	123.00	298.25	307.50	24802.43	2.42	0.789	63.68
c-2	18085.0	250.0	123.00	292.00	307.50	33765.42	2.37	0.782	85.91
c-3	18655.0	250.0	123.00	297.50	307.50	35611.54	2.42	0.789	91.43
f'm promedio (kg-f/cm2)									80.34

desviación estándar	14.69
f'm final (kg-f/cm2)	65.65
dispersión	18.29%
promedio esbeltez	2.41

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

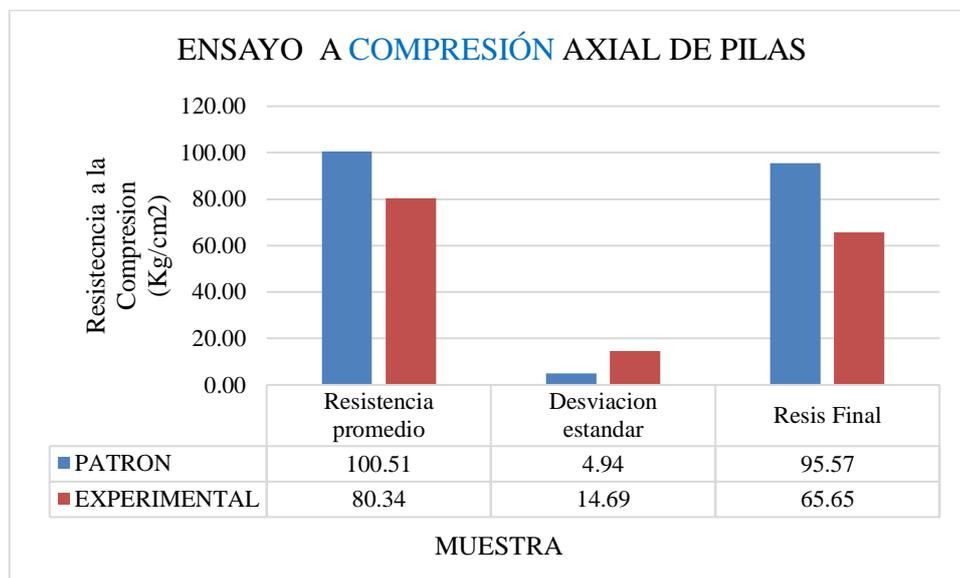


Figura III-8 Grafica de Compresión simple de pilas de ladrillos ecológicos

Fuente: Elaboración propia (laboratorio)

### Resistencia a la compresión Diagonal de Muretes (RNE. E-070)

Los resultados a compresión diagonal de muretes fueron calculados según la Ec. 11 siguiendo todos los procedimientos estipulados en el capítulo II de la presente investigación.

**Tabla III-22**

*Resistencia a la Compresión diagonal de Muestra Patrón*

Compresión diagonal en muretes de suelo cemento (patrón)							
Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espeso (cm)	Diagonal (cm)	Carga máx. (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	V'm (kg/cm <sup>2</sup> )
P-1	62.07	64.50	12.30	89.51	6000.00	1101.03	5.45
P-2	62.70	64.30	12.30	89.81	5150.00	1104.66	4.66
P-3	63.00	64.40	12.30	90.09	4900.00	1108.12	4.42

Promedio	<b>4.84</b>
Desviación estándar	<b>0.54</b>
V´m final (kg/cm2)	<b>4.31</b>
Dispersión	<b>11.09%</b>

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

**Tabla III-23**

*Resistencia a la Compresión diagonal de Muestra Experimental*

COMPRESION DIAGONAL EN MURETES DE SUELO CEMENTO (EXPERIMENTAL)							
Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espeso (cm)	Diagonal (cm)	Carga máx. (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	V´m (kg/cm <sup>2</sup> )
C-1	62.90	65.60	12.30	90.88	5750.00	1117.86	5.14
C-2	62.60	65.50	12.30	90.60	5550.00	1114.42	4.98
C-3	63.20	64.80	12.30	90.52	5200.00	1113.36	4.67
						Promedio	4.93
						Desviación estándar	0.24
						V´m final (kg/cm <sup>2</sup> )	4.69
						Dispersión	4.87%

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

La resistencia unitaria a corte ( $V'm$ ), fue obtenida dividiendo la carga diagonal (P) entre el área bruta de la diagonal cargada. La resistencia final a compresión diagonal de muretes de la muestra patrón se presenta en el Figura N° 3.11 con una resistencia final de 4.31 kg/cm<sup>2</sup> y mientras que para la muestra experimental se muestra en el Figura N° 3.12 con una resistencia final de 4.69 kg/cm<sup>2</sup>.

Luego de realizado los ensayos y obtenido los cálculos en gabinete, en la presente investigación se realizó la comparación de resultados, con la finalidad de determinar y clasificar los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio de unidades ecológicas de suelo – cemento con el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070 Albañilería.

Como se puede apreciar en la Tabla N° 3.24 los resultados no son tan distanciados de acuerdo al reglamento.

**Tabla III-24**  
*Resumen de resultados*

<b>RESUME DE RESULTADOS</b>			
MUESTRA	$VM$ (KG/CM <sup>2</sup> )	$V' m < \sqrt{f'} m$	TIPO DE FALLA
Patrón	4.31	9.78	
Experimental	4.69	8.10	Diagonal

Fuente: Elaboración propio (laboratorio)

#### **IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Después de haber realizado todo el proceso experimental y el procesamiento de los datos obtenidos en los distintos ensayos de laboratorios, se procede a realizar la discusión de los resultados obtenidos en la investigación.

En primera instancia antes de empezar con la discusión es importante remarcar que los niveles de fiabilidad de los resultados han sido altos, ya que se llevó con mayor control y delicadez el desarrollo de todos los ensayos realizados.

En relación con los antecedentes, respecto a los ensayos preliminares practicada a la arcilla:

Según Rojas J. y Vidal, R. (2014), las tierras más adecuadas para la fabricación de las unidades son aquellas que cumplen con las siguientes características:

- Aquellas que pasan por el tamiz de 4.8mm al 100%
- Aquellas que pasan el tamiz de 0.075 mm de 10% al 50%
- Límite de liquidez menor o igual al 45%
- Índice de plasticidad menor o igual al 18%

En función a los ensayos realizados referente a la materia prima, los resultados obtenidos poseen similares características a la recomendación de otros investigadores, en esta investigación el suelo que se utilizó está compuesto por las siguientes características:

- Contenido de humedad natural 1.96%
- La muestra pasa al 100% la malla N° 4
- Contenido de arena 40.5%
- Contenido de finos entre arcilla y limo 59.5 %
- Limite liquido 20.20
- Limite plástico 19.67
- Índice de plasticidad 9.54
- Contenido de sales solubles 0.17%
- Humedad optima al ensayo de proctor es el 12.4% a una densidad máxima

seca de 1.828 gr/cc.

De acuerdo a los resultados de los ensayos, el suelo con la que contamos cumple todas estas características, es decir que el suelo ensayado está dentro de los límites propuestos por Rojas J. y Vidal, R. (2014). Por otro lado, así como (Abanto P. y Akarley L. 2014) determinan el tipo de suelo a emplear e indican que el suelo óptimo es en función a la cantidad de arena en un 50% de su composición que posee el suelo, en ese sentido para la producción de las unidades de albañilería prensada de suelo – cemento se adiciono el 10% de arena haciendo una composición de 50% de arena y 50% de arcilla y limo, la adición de la arena al suelo se hizo con la finalidad de cumplir con el diseño de mezcla planeado. Las otras características como el resultado del ensayo de Proctor estándar fueron utilizadas para la adición de la cantidad de agua a la mezcla para la elaboración de los ladrillos. Así mismo los resultados de fluorescencia de rayos X de la arcilla nos muestran que más de 93% de su composición química pertenece a un material alcalino y este resultado en comparación con los componentes del cemento portland tipo I y de la cal hidratada contribuirá a la resistencia y durabilidad de los ladrillos ecológicos.

La cal utilizada en la adición del 5% de la muestra experimental de ladrillos ecológicos de suelo cemento, nos muestra como resultado de un pH= 11.89 que significa un material extremadamente alcalino, lo que significa que, en la adición, la cal deberá aportar en la resistencia y durabilidad de los ladrillos, en cuanto a los resultados del pH de los ladrillos ecológicos de la muestra patrón posee un pH= 8.61, que significa que se encuentra por encima del nivel neutro y más para la muestra experimental con la adición de la cal hidratada el Ph de ladrillo se estima a Ph=9.74, donde se puede determinar que los resultados arrojan un material altamente alcalino y resistente, que las mismas podrían ser utilizadas como material alternativo en la construcción de viviendas sociales de uno a dos niveles, sin embargo queda investigar más adelante la durabilidad y la influencia de la humedad natural en los ladrillos ecológicos experimentales.

Cabo, M (2011), en su trabajo de investigación desarrollo de ladrillos ecológicos de carácter puzolánico mediante la incorporación de la arcilla, cal hidráulica natural y cenizas de cascara de arroz donde concluye que el bloque propuesto podría ser utilizado en tabiquerías internas.

Así mismo respecto a la relación agua cemento, una vez determinado las propiedades físicas y mecánicas de la materia prima, para el caso de la muestra patrón y más con las características de la cal hidratada para el caso de la muestra experimental, se procedió a determinar el diseño de mezcla, para muestra Patrón se utilizó (suelo, arena, cemento y agua) y para muestra experimental (suelo, arena, cemento, cal hidratada y agua), para la determinación de las cantidades en volumen de los componentes se tuvo como base la cantidad de cemento a emplear (15% del volumen total) ya que es un componente que nos brinda la resistencia a las unidades, identificando este elemento como un factor muy importante, podemos en este caso entender como una relación directa del cemento a la resistencia, de manera que si se varía la cantidad del cemento variaría también la resistencia y generar nuevos resultados. Esto ocurre en la investigación desarrollada por los tesisistas Abanto P. y Akarley L. (2014) y Rojas J. y Vidal, R. (2014), de acuerdo a sus investigaciones ellos optan por utilizar el 20% de cemento en ambos tesisistas en lo cual se observa el incremento de la resistencia en función a los resultados de esta investigación.

Con respecto a los ensayos físicos de los ladrillos ecológicos se puede discutir lo siguiente:

De acuerdo a los resultados del ensayo de variabilidad para ambas muestras, Patrón y experimental, la dimensión que varía en mayor porcentaje es el ancho que representa el -1.80% en muestra Patrón y 1.60% en muestra experimental, esto suele suceder por la calibración de la maquina Forza y por otro lado la que varía también es el alto con -0.64% de la muestra Patrón y -1.52% en muestra experimental respectivamente, de acuerdo a la clasificación según el RNE E-070, los resultados

indican que los ladrillos puede ser utilizados como portantes ya que en ningún caso superan el 20% de variación especificado en la Norma de albañilería, en función a los resultados las juntas a utilizar pueden variar entre 0.4mm a 5mm, con respecto al ensayo Abanto, P y Akarley, L (2014) no realizan el ensayo por la que la variación de los bloques es mínimo.

Los valores obtenidos en este ensayo de alabeo son prácticamente nulas por lo que el sistema de producción de ladrillo es presado con una prensa hidráulica con capacidad de 6 ton haciendo que ni exista concavidad ni convexidad, aquellos ladrillos presados se encuentran dentro del margen establecido según la Norma E-70 Albañilería para ladrillos de tipo I hasta al IV, pero la que determina la calidad del ladrillo es la resistencia a la compresión de unidades  $f'_{b}$ . con respecto a los antecedentes los tesisistas como Rojas J. y Vidal, R. (2014) no lo hicieron por lo k el alabeo en el bloque es casi nulo.

Respecto al ensayo de absorción, la discusión no está enfocada a la comparación con el Reglamento ya que el porcentaje de absorción de las muestras de patrón como experimental está por debajo de 22% que estipula la norma,

La discusión es interna dentro de la investigación, es la de porque la muestra experimental absorbe más cantidad de agua que el patrón, es por la que los ladrillos de muestra experimental contienen el 5% de cal hidratada posee propiedades alcalinas similares al cemento, es por esta razón que la muestra experimental absorbe más agua.

En los resultados obtenidos del ensayo de succión promedio de la muestra patrón es 25.78 gr/200cm<sup>2</sup> x min. y mientras que de la muestra experimental es de 22.59 gr/200cm<sup>2</sup> x mim. En comparación de los resultados de la muestra patrón y experimental se observa una variación de 3.19 gr/200cm<sup>2</sup> x mim lo que significa que las propiedades de la cal hayan intervenido en la impermeabilización del ladrillo, pero cuando se hace una comparación de resultados con la Norma E-070 la succión de los ladrillos ya sea de la muestra patrón como de experimental se encuentran fuera del límite, lo que significa que al momento de construir el muro con los ladrillos

ecológico prensados de suelo-cemento serán humedecidos con agua. Según Abanto, P. y Akarley, L. (2014) los ladrillos prensados serán humedecidos durante media hora, entre 10 y 15 horas antes del asentado.

La densidad seca es uno de las propiedades que tiene mayor relevancia, respecto a la calidad del ladrillos, donde se determina que a mayor densidad se obtiene la mejor calidad de ladrillo, si realizamos una comparación de resultados con la norma, donde la densidad mínima de un ladrillo para las arcillas cocidas es de 1.50gr/cm<sup>3</sup>, mientras que nuestros resultados para la muestra patrón 1.84gr/cm<sup>3</sup> y para la muestra experimental de 1.85gr/cm<sup>3</sup>, las mismas se encuentran por encima del valor mínimo estipulado en la norma, mientras que la discusión podría surgir respecto al la diferencia que existe de la muestra patrón, con respecto a la muestra experimental es de 0.01 gr/cm<sup>3</sup>, esta diferencia nos determina que la muestra experimental deberá tener mayor resistencia, sin embargo se puede determinar que ambas unidades pueden ser empleados en la construcción de viviendas sociales sin inconvenientes tanto para muros portantes y no portantes.

Así mismo de los ensayos mecánicos de los ladrillos ecológicos se puede discutir lo siguiente:

Respeto a la influencia de la cal hidratada, la cal es un material que resulta de la descomposición, por el calor de las rocas calizas, que posee un alto contenido de hidróxido de calcio, haciendo que el material tenga un alto grado de alcalinidad. A la cal utilizada en la presente investigación se realizó el cálculo de PH, donde se obtuvo que el PH es de 11.89 que representa un material extremadamente alcalino. Al igual que el cemento que posee el 36% de silicato tricíclico, un 33% de silicato bicalcico, 21% de aluminato tricalcico y 10% de otros componentes.

Con respecto al ensayo de resistencia a la compresión simple de la unidad, para el caso de los resultados de la muestra Patrón se obtuvo  $f'_{b}=80.38\text{kg/cm}^2$  clasificándose ladrillos de Tipo II que supera el valor de 70 kg/cm<sup>2</sup> lo cual indica que si puede ser empleado en la construcción de viviendas de 1 a 2 pisos dependiendo del lugar donde se ubique la vivienda. Mientras que los resultados de la muestra experimental suelen

ser relativamente inferior a de la muestra Patrón con resistencia última a compresión de  $64.49 \text{ kg/cm}^2$  clasificándose dentro de la norma E-70 como ladrillos de Tipo I.

La discusión está referida en cuanto a la diferencia de resultados que es de  $f'b=15.89 \text{ kg/cm}^2$  entre la muestra patrón y experimental, lo que se espera de esta investigación es que la resistencia promedio de la muestra experimental debe ser relativamente superior que al de la muestra patrón, cosa que no está sucediendo con los resultados, esto es debido a que la relación agua/cemento de la muestra patrón es inferior que de la muestra experimental, se puede decir que la resistencia bajo debido al incremento de agua a la mezcla.

Respecto a la resistencia a compresión axial de pilas ( $f'm$ ) obtenida para la muestra Patrón es de  $95.57 \text{ kg/cm}^2$  y para la muestra experimental es de  $65.65 \text{ kg/cm}^2$ , que de acuerdo a la Norma E-070 el resultado de la muestra patrón esta como si el material sería de Sílice-cal Dédalo con una resistencia mínima de  $95 \text{ kg/cm}^2$  y/o como bloque de concreto tipo P(\*) a resistencia mínima de  $74 \text{ kg/cm}^2$ , y mientras que el resultado de la muestra experimental obtenida se podría clasificarse en ladrillos de arcilla de tipo industrial con resistencia mínima de  $65 \text{ kg/cm}^2$ . Esto puede ser debido al proceso constructivo e incremento de agua en la mezcla.

En función a la norma E-70 los ladrillos se clasifican como elemento estructural ya se encuentran dentro de los valores mínimos, pero la discusión de resultado suele ser relevante porque la diferencia de resistencia de la muestra patrón y experimental es de  $29.92 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual no está cumpliendo como lo esperado en la investigación por lo que la resistencia de la muestra experimental debería ser relativamente mayor que el de la muestra patrón, ya que en la muestra experimental se adiciono el 5% de cal hidratada para mejorar la resistencia por sus propiedades resistentes de la cal, debido a la hidratación de la misma, esto refleja el agua utilizado para la muestra experimental baja la resistencia.

Con respecto a la resistencia a la compresión diagonal de muretes, de manera similar a los cálculos realizados en los ensayos de compresión en pilas, para determinar el valor de la resistencia característica al corte de la albañilería prensada

de suelo-cemento ( $V'm$ ), se utilizó el último valor de la carga aplicada entre el área diagonal.

La resistencia al corte obtenido para la muestra patrón es de  $4.31 \text{ kg/cm}^2$  y mientras que para la muestra experimental es de  $4.69 \text{ kg/cm}^2$ . De acuerdo a la norma E-070 la ( $V'm$ ) deberá ser menor ( $V'm < \sqrt{f'm}$ ), la raíz cuadrada de la resistencia a compresión de pilas, es mucho mayor que los resultados obtenidos en el ensayo a compresión diagonal de muretes. Esta condición deberá cumplir para efectos de diseño de muros. Y por otro lado una de las condiciones que nos propone la norma es también que para el diseño de muros deberá utilizar como valor mínimo a corte de muros  $5.1 \text{ kg/cm}^2$  cuando se utiliza ladrillos de King Kong artesanal.

## V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

El suelo que se utilizó se clasifica según SUCS de tipo (CL) arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, con un 40% de arena y de 60% de finos entre limo – arcilla, con una humedad natural de 1.96%, la cantidad de sales es de 0.17%, la densidad máxima de 1.828 gr/cc con una humedad óptima de 12.40%, dentro de su composición química posee el 93.93% de material alcalino.

El PH de la cal utilizado en la presente investigación es de 11.89 que representa un material extremadamente alcalino, la muestra patrón posee un pH= 8.61 la cual es calificado como fuertemente alcalino y para la muestra experimental con un pH = 9.74 que es calificado como extremadamente alcalino. Las mismas que nos determinan que el ladrillo es un material alcalino.

La relación agua-cemento de la muestra patrón es de 0.25: con una dosificación volumétrica de cemento, suelo, arena 1.5: 7.5: 1, el agua utilizado fue de 12% de acuerdo al ensayo de Proctor estándar y para la muestra experimental la relación es de 0.29 con una dosificación de cemento, cal hidratada, suelo y arena 1.5: 0.5: 7.5:1, el agua utilizado se incrementó en 2% por la trabajabilidad en la fabricación.

La variabilidad más relevante en el ancho tanto en la muestra patrón de 2.25mm y experimental de 2mm con respecto a la dimensión nominal. Su alabeo de los ladrillos prensados no existe, en tal sentido normalmente se aceptan de acuerdo a la Norma E-070. La densidad seca obtenida para la muestra patrón es de 1.84 gr/cm<sup>3</sup> a muestra experimental la densidad seca es de 1.85 gr/cm<sup>3</sup> con una dispersión de resultados de 4.59%. La absorción promedio de la muestra patrón es de 12.94%, y mientras que de la muestra experimental, es de 14.87%, la misma se encuentra dentro de los parámetro que estipula la norma que es de 22%. La succión promedio de la muestra patrón es 25.78 gr/200cm<sup>2</sup> x min, y mientras que de la muestra experimental es de 22.59 gr/200cm<sup>2</sup> x mim. En comparación de las mismas se observa una variación de 3.19 gr/200cm<sup>2</sup> x mim la que significa que la cal ha intervenido en la impermeabilización del ladrillo. En cuanto al peso, tenemos tanto para el patrón y como experimental de 3.206 kg no hay variación respecto a la misma.

Con respecto a la resistencia a compresión de unidades para la muestra patrón se obtuvo de 80.38 kg/cm<sup>2</sup> y para la muestra experimental se obtuvo de 64.94kg/cm<sup>2</sup> donde la muestra patrón se clasifica como ladrillo de tipo III y la experimental de tipo II en función al RNE. E-070.

La resistencia admisible obtenida en el ensayo de compresión de pilas ( $f_m$ ) es de 95kg/cm<sup>2</sup> para muestra patrón y 65.65 kg/cm<sup>2</sup> de muestra experimental dicho resultado es suficiente para la albañilería armada que soportara las cargas estáticas de una vivienda dependiendo de la zona sísmica a la que se encuentra.

La resistencia al corte ( $V_m$ ) obtenido para la muestra patrón es de 4.31 kg/cm<sup>2</sup> y mientras que para la muestra experimental es de 4.69 kg/cm<sup>2</sup>. De acuerdo a la norma E-070 la ( $V_m$ ) deberá ser menor a la raíz cuadrada de la resistencia a compresión de pilas.

Haciendo la comparación de resultados con la determinación de PH la muestra patrón posee un ph=8.61 y mientras que la muestra experimental un ph=9.74 en ambos casos nos concluyen que el material es alcalino.

En cuanto a la interpretación estadístico. La aceptación de ladrillos ecológicas de suelo – cemento estadísticamente se encuentran por debajo de lo máximo permitido y según las normas de ladrillos: Para ladrillos industriales con una dispersión máxima de 20% y ladrillos artesanales 40% y en ningún caso de los ensayos realizados los resultados estadísticos supera este límite máximo por lo tanto se acepta los resultados.

## **Recomendaciones**

Es muy importante conocer las características de la materia prima ya que la resistencia depende mucho de ella y para eso se deberán realizar los ensayos preliminares del suelo extraído para la producción de ladrillos de suelo – cemento.

Se recomienda realizar ensayos de durabilidad de los ladrillos ecológicos de suelo cemento con la finalidad de determinar el tiempo de durabilidad de las mismas.

Se recomienda realizar la construcción de las muestras en el mismo laboratorio, donde se desarrollará los ensayos con la finalidad de evitar los maltratos que pueden sufrir las muestras durante su traslado.

Se recomienda realizar un análisis, referido a los procesos constructivos con ladrillos ecológicos prensados de suelo – cemento, en comparación con los ladrillos tradicionales cocidos industrializados y con los ladrillos artesanales.

Como línea de investigación a futuro se recomienda realizar trabajos de investigación respecto a los componentes del mortero utilizado en la presente investigación, la adherencia del mortero de enlucido en paredes construidos con ladrillos ecológicos, durabilidad de los ladrillos, ensayos a muros a carga lateral cíclica.

## VI). AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

### Agradecimiento

En especial mi cordial agradecimiento a la Universidad “San Pedro” a la Facultad de Ingeniería Civil y a todos los profesores de esta casa de estudio por prepararnos profesionalmente para ser hombre de retos a futuro en especial para mi asesor el **Ing. FLORES REYES Gumercindo** quien me abrió los caminos para poder concluir esta investigación.

### Dedicatoria

A nuestro señor creador por darme la vida cada día y por darme una familia maravillosa. A mi querido Padre **Rudecindo Albino Ramírez Guerra**, a la mujer que amo con todo corazón mi madrecita linda **Domitila Bernachea Cerna**. Por haberme educado y haberme entendido en los tropiezos de la vida. A mi querida y adorada acompañante de mi vida **Yaneth Marisol Ramírez Bañez** y a todos mis Hermanos en especial a Víctor, Luis, Omar, Aydee, Ana, y Digna la familia RAMIREZ BERNACHEA. Por haberme brindado su apoyo incondicional para ser un hombre de bien.

**Bach. E. Isaac Ramirez Bernachea**

## VII). REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Abanto, P. y Akarley, P. (2014). Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo – cemento en la ciudad de Trujillo. (Tesis Para Optar Título Profesional). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú. Recuperado de: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/684/1/ABANTO\\_PETER\\_CHARACTERISTICAS\\_FISICA%20MECANICA\\_SUELO.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/684/1/ABANTO_PETER_CHARACTERISTICAS_FISICA%20MECANICA_SUELO.pdf)

Aguirre, D. (2004). Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. (Tesis para optar el grado académico de magister en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú. Recuperado de: [file:///C:/Users/USER/Downloads/AGUIRRE\\_DIONISIA\\_ALBA%20%91ILERIA\\_FABRICADAS\\_JUNIN.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/AGUIRRE_DIONISIA_ALBA%20%91ILERIA_FABRICADAS_JUNIN.pdf)

Cabo, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción. (Ingeniero técnico agrícola en explotaciones agropecuarias). Universidad Pública de Navarra. Recuperado de: <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Holcim (2011). Ficha de datos de seguridad del clínker de cemento Portland. Recuperado 12 de Marzo del 2018, de [http://www.holcim.es/fileadmin/templates/ESP/doc/Fichas\\_Seguridad\\_Cemento/FDS-clinker-October11\\_01.pdf](http://www.holcim.es/fileadmin/templates/ESP/doc/Fichas_Seguridad_Cemento/FDS-clinker-October11_01.pdf)

Galíndez, F. (2009). Bloques de tierra comprimida sin adición de cemento. Facultad de Arquitectura. Universidad Católica del Salta, Argentina.

Recuperado de:  
[https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_Figuras/grupo.cmd?path=1063357](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_Figuras/grupo.cmd?path=1063357)

INDECOPI (2010). NORMAS TÉCNICAS 331.018 NTP 331.018.

Instituto nacional de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual  
INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y  
COMERCIALES (NORMAS TECNICAS) NTP 331.018.

Instituto nacional de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual  
INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y  
COMERCIALES (NORMAS TECNICAS) NTP 331.019.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y SENSICO (2006).  
Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E – 070 “Albañilería”

Padrón, J. y Ruiz, E. (2015). Análisis del bloque de tierra comprimida como material alternativo y sostenible para la construcción. (Tesis de grado Título Profesional). Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela.  
Recuperado de: <http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-15-08278.pdf>

Rojas J. y Vidal, R. (2014). Comportamiento Sísmico de un módulo de dos pisos reforzado y Construido con ladrillos ecológico prensados. (Tesis Para Optar Título Profesional). Pontificia Universidad Católica del Perú.  
Recuperado de:  
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5618/ROJAS\\_JAVIER\\_COMPORTEAMIENTO\\_SISMICO\\_DOS\\_PISOS\\_LA\\_DRILLOS\\_ECOLOGICOS\\_PRENSADOS.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5618/ROJAS_JAVIER_COMPORTEAMIENTO_SISMICO_DOS_PISOS_LA_DRILLOS_ECOLOGICOS_PRENSADOS.pdf?sequence=1)

Regal. A. (1984). Materiales de Construcción

## **VIII). ANEXOS Y APENDICE**

**ANEXO N° 01 ENSAYOS PRELIMINARES DE MATERIA PRIMA**



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS :	"PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"				
SOLICITA :	Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac				
DISTRITO :	INDEPENDENCIA	HECHO EN :		USP -HUARAZ	
PROVINCIA :	HUARAZ	FECHA :		23/11/2016	
		ASESOR :		ING. GUMERCINDO FLORES	
DATOS DE LA MUESTRA					
CANTERA :	Shamcayan - Independencia - Huaraz				
MUESTRA :	Suelo triturado				
PROF. (m) :	1				
Nº TARRO		49	20		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	823.5	825.6		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	811.0	812.9		
PESO DE AGUA	(g)	12.5	12.7		
PESO DEL TARRO	(g)	167.0	168.8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	644.0	644.1		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1.94	1.97		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			1.96	

Contenido de Humedad		
Muestra	1	2
% de Humedad	1.94%	1.97%
Promedio %	1.96	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
MASAS DE MALETERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 - 1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422, MTC E 204)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

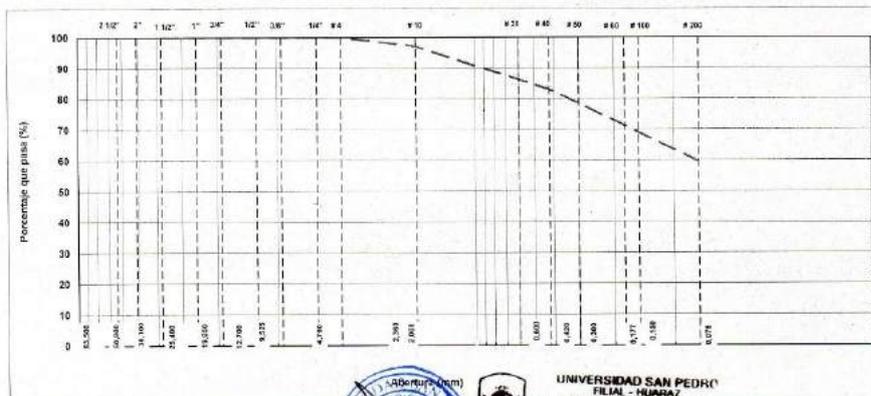
TESIS : "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"  
SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac  
ELEMENTO : Suelos  
CANTERA : Shancayán - Independencia - Huaraz  
HECHO POR : LAB. USP  
ING. RESP. : J.H.G.  
FECHA : 23-nov-15

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA : 01 Cantera Shancayán  
PESO INICIAL : 2264.5 g  
FRACCION LAVADA SECA : 925.3

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE % QUE PASA	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE TRABAJO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80.85							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			% Peso Piedra: 0.0%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0			% Peso arena: 100.0%
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0			Limite Líquido (LL): 25.30
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0			Limite Plástico (LP): 15.67
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0			Índice Plástico (IP): 9.64
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasificación(SUCS): CL
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasif. (AASHTO): A-4 (5)
1/4"	6.325	0.0	0.0	0.0	100.0			% Humedad: 2.0%
# 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0			
# 10	2.000	66.7	2.9	2.9	97.1			
# 18	1.190	107.0	4.7	7.5	92.4			
# 20	0.840	66.5	2.9	10.5	89.5			
# 30	0.600	73.2	3.2	13.7	86.3			
# 40	0.420	73.5	3.2	16.9	83.1			
# 50	0.300	80.4	3.5	20.4	79.6			
# 60	0.177	53.3	2.3	22.7	77.3			
# 100	0.150	162.5	7.1	29.9	70.1			
# 200	0.075	243.2	10.6	40.5	59.5			
< N° 200	FONDO	1,359.2	56.5	100				
FRACCION		925.3						
TOTAL		2,264.5						

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE



**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

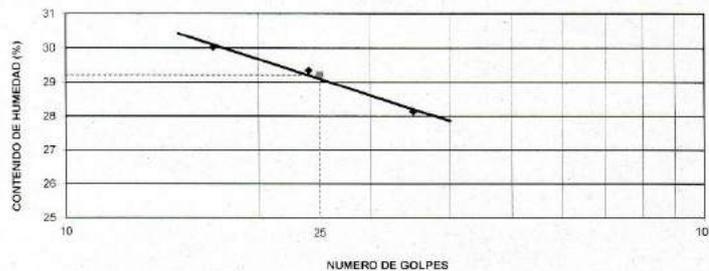
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"		
SOLICITA:	Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac		
DISTRITO:	Independencia	HECHO	USP
PROVINCIA:	Huarez	FECHA	23/11/2016
		FORMATO	

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	:		
MUESTRA	: N° 01	SUELOS	Cantera Sharceyan
PROF. (m)	:		

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		36	28	1
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	52.55	51.00	59.12
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.71	53.32	51.34
PESO DE AGUA	(g)	5.84	7.68	6.78
PESO DEL TARRO	(g)	27.26	27.14	27.25
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.45	26.18	24.09
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.03	29.34	28.14
NUMERO DE GOLPES		17	24	35

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		20	22	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	31.88	32.92	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	31.10	31.91	
PESO DE AGUA	(g)	0.78	1.01	
PESO DEL TARRO	(g)	27.09	26.83	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.01	5.08	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.45	19.88	

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28.20
LIMITE PLASTICO	19.87
INDICE DE PLASTICIDAD	8.54



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
TRAYECTO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**SALES SOLUBLES TOTALES**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
TESIS :	"PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"			
SOLICITA :	Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac			
DISTRITO :	INDEPENDENCIA	HECHO EN :	USP -HUARAZ	
PROVINCIA :	HUARAZ	FECHA :	23/11/2016	
		ASESOR :	ING. GUMERCINDO FLORES	
DATOS DE LA MUESTRA				
CANTERA :	Shancayan - Independencia - Huaraz			
MUESTRA :	Suelo triturado			
PROF. (m) :	----			
N° CAPSULA	1	2		
PESO DE LA CAPSULA + SAL EN LIQUIDO	353.1	825.6		
PESO DE LA CAPSULA + SAL SECO	154.9	153.7		
PESO DE LA CAPSULA	154.6	153.3		
SALES SOLUBLES	0.3	0.4		
VOL. TOTAL DE SALES	200.0	200.0		
SALES SOLUBLES (%)	0.150	0.20		
SALES SOLUBLES EN PROMEDIO (%)	0,175			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE MECANICA DE SUELOS  
Y MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

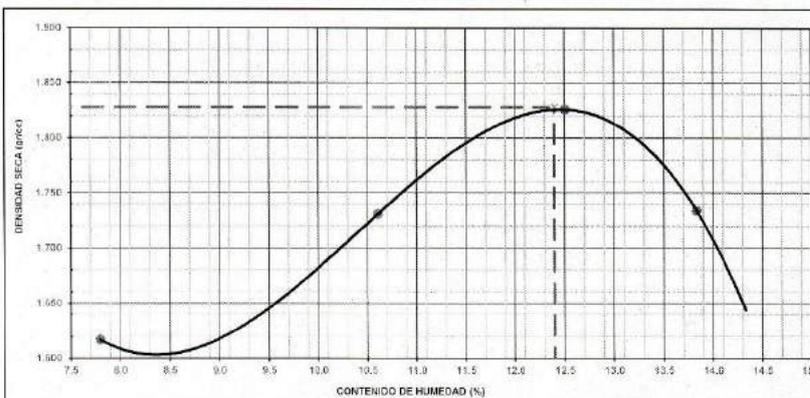


**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE PROCTOR ESTANDAR (AASHTO - T-180, ASTM D1557, MTC E115)	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
TESIS :	"PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"
SOLICITA :	Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac
MATERIAL :	Cantera Shancayan
HECHO POR :	Lab. U.S.P
ING. RESP. :	E.M.A
FECHA :	23-nov-16

COMPACTACION (METODO B)				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> ) :	929	PESO DEL MOLDE (gr) :	4191	
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	5810.0	6970.0	6100.0	6025.0
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1619	1779	1909	1834
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.743	1.915	2.055	1.974
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE No.	5	21	29	18
PESO SUELO HUMEDO + TARA	638.00	750.50	855.00	720.00
PESO SUELOS SECO + TARA	603.70	694.60	778.80	652.50
PESO DE LA TARA	163.90	167.70	169.60	164.50
PESO DE AGUA	34.30	55.90	76.20	67.50
PESO DE SUELO SECO	439.80	526.90	609.30	488.00
CONTENIDO DE AGUA	7.80	10.61	12.51	13.83
PESO VOLUMETRICO SECO	1.617	1.731	1.826	1.734
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.828	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	12.4 %

GRAFICO DEL PROCTOR



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
INGENIERIA DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**ANEXO N° 02 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

---

**Informe N°121-LAQ/2017**

**Análisis de una muestra de arcilla de Shancayán por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla de Shancayán, a pedido del Bach. Ramírez Bernachea, Ely Isaac, egresado de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillos Ecológicos Suelo-Cemento con Adición de Cal Hidratada al 5% para Muros Portantes, Huaraz-2016.”**

La muestra está en forma de grano fino de color gris.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2270 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

---

componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de arcilla de Shancayan. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el intervalo de energías de 1 a 18 keV que es el intervalo de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que en este caso la arcilla no ha sido calcinada; además, la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de arcilla de Shancayán en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,723	16,104
SiO <sub>2</sub>	29.417	70.061
SO <sub>2</sub>	0.055	0.131
ClO <sub>2</sub>	0.055	0.132
K <sub>2</sub> O	0.830	1.989
CaO	0.487	1.165
TiO <sub>2</sub>	0.447	1.068
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.018
MnO	0.052	0.124
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.244	7.769
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.016
CuO	0.237	0.567
ZnO	0.134	0.322
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.013
SrO	0.014	0.034
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.005	0.011
ZrO <sub>2</sub>	0.031	0.075
Totales	41.749	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es bastante menor que 100% indicando que la muestra puede contener compuestos de Na y Mg que esta técnica no puede detectar y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

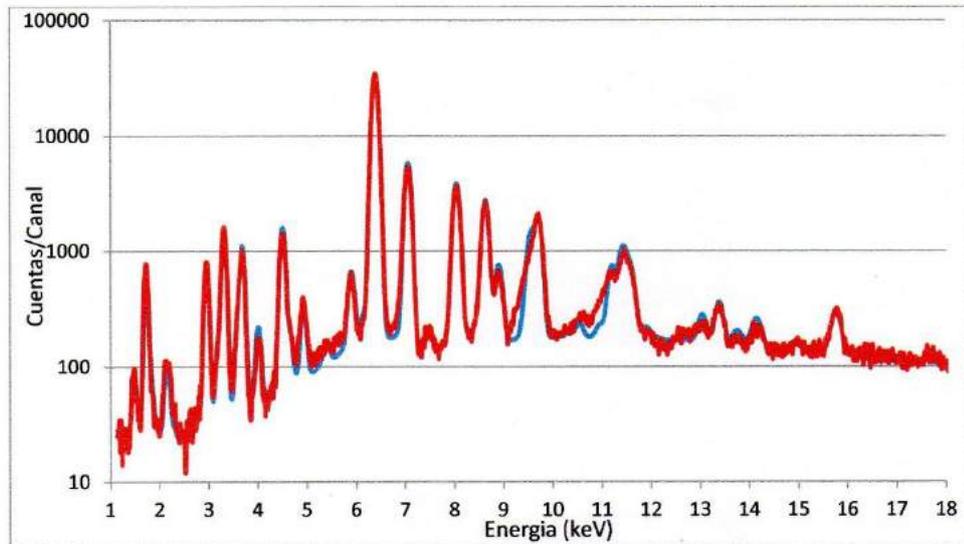


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de arcilla de Shancayán en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 22 de diciembre del 2017

**ANEXO N° 03 ENSAYOS DE PH**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"Santiago Antúnez de Mayolo"**  
**"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN**  
Telefax. 043-426588 - 106  
**HUARAZ – REGIÓN ANCASH**



**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH Y CONDUCTIVIDAD  
ELECTRICA (C.E)**

**TITULO DE TESIS:** "Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológicos de suelo –  
cemento con adición de cal hidratada al 5% para muros portantes  
Huaraz 2016"

**TESISTA** : RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac  
**INSTITUCIÓN** : Universidad San Pedro CEAIS – Huaraz  
**MUESTRA** : Cal hidratada

**LUGAR DE MUESTREO:** Ranrahirca – Yungay  
**FECHA DE MUESTREO:** 15 de Febrero del 2017  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 15 de febrero del 2017  
**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 16 de febrero del 2017  
**FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS:** 17 de febrero del 2017

Muestra N°	pH	C.E dS/m.
01	11.89	100.3

**ENSAYOS:**

1. Determinación de pH
2. Determinación de la conductividad eléctrica (C.E.)

**OBSERVACIONES:**

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

**CONCLUSIONES.**

- El pH es calificado como extremadamente alcalina
- La conductividad eléctrica (C.E.) es calificado como muy fuertemente salino

Huaraz, 17 de Febrero del 2017





## RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: " Propiedades Físicas y Mecánicas de Ladrillos Ecológicos de Suelo Cemento con Adición de Cal Hidratada al 5 %, para Muros Portantes, Huaraz-2016"

TESISTA : Ely Isaac Ramírez Bernachea

MUESTRA : Ladrillo Ecológico de suelo-cemento (Patrón).

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz

FECHA DE RECEPCIÓN: 07-03-18

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 08-03-18

FECHA DE TÉRMINO DEL ANALISIS: 08-03-18

Muestra N°	pH
Adobe Ecológico - Patrón	8.61

### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como fuertemente alcalina

Huaraz, 08 de Marzo del 2018.

F.C.A.  
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero  
HUARAZ, JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"Santiago Antúnez de Mayolo"  
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN  
Telefax. 043-426588 - 106  
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



### RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TESISTA : Ely Isaac Ramírez Bernachea  
MUESTRA : Ladrillo Ecológico de suelo-cemento (Patrón).  
LUGAR DE MUESTREO: Huaraz  
FECHA DE RECEPCIÓN: 07-03-18  
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 08-03-18  
FECHA DE TÉRMINO DEL ANÁLISIS: 08-03-18

Muestra N°	pH
Adobe Ecológico - Patrón	8.61

#### ENSAYOS

1.- Determinación de pH

#### OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- Lugar y condiciones de muestreo es indicado por el cliente

#### CONCLUSIONES

- El pH es calificado como fuertemente alcalina

Huaraz, 08 de Marzo del 2018.



**ANEXO N° 04 ENSAYOS FÍSICOS DE LOS LADRILLOS ECOLÓGICOS  
PATRÓN Y EXPERIMENTAL**



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**VARIACIÓN DE DIMENSIONES**  
(NORMA INTENEC 331.17, 331.18)

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS ECOLÓGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICIÓN DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"

SOLICITA : Bach. RAMÍREZ BERNACHEA Ely Isaac  
ELEMENTO : Ladrillos Ecológicos de Suelo Cemento

HECHO EN : LAB. USP  
ING. RESP. : J.H.G  
FECHA : 23-mar-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

Nº DE MUESTRA	MEDIDA PROMEDIO (mm)			VALOR NOMINAL (mm)			VD(%)		
	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO
	1.00	249.0	123.0	69.25	250.0	125.0	70.0	-0.40%	-1.60%
2.000	250.0	122.5	68.50	250.0	125.0	70.0	0.00%	-2.00%	-2.14%
3.000	249.0	123.0	70.00	250.0	125.0	70.0	-0.40%	-1.60%	0.00%
4.000	250.0	123.0	67.00	250.0	125.0	70.0	0.00%	-1.60%	-4.29%
5.000	249.0	123.0	70.00	250.0	125.0	70.0	-0.40%	-1.60%	0.00%
6.000	249.0	122.0	67.00	250.0	125.0	70.0	-0.40%	-2.40%	-4.29%
7.000	250.0	122.0	69.75	250.0	125.0	70.0	0.00%	-2.40%	-0.36%
8.000	250.0	123.0	69.75	250.0	125.0	70.0	0.00%	-1.60%	-0.36%
9.000	250.0	123.0	71.00	250.0	125.0	70.0	0.00%	-1.60%	1.43%
10.000	250.0	123.0	73.30	250.0	125.0	70.0	0.00%	-1.60%	4.71%

Nº DE MUESTRA	PROMEDIO (mm)			VALOR NOMINAL (mm)			VD(%)		
	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO	LARGO	ANCHO	ALTO
	1.00	250.00	123.00	69.25	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%
2.000	250.00	123.00	69.13	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	-1.25%
3.000	250.00	123.00	71.75	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	2.50%
4.000	250.00	123.00	68.75	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	-1.79%
5.000	250.00	123.00	71.88	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	2.68%
6.000	251.00	123.00	67.38	250.00	125.00	70.00	0.40%	-1.60%	-3.75%
7.000	250.00	123.00	68.88	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	-4.46%
8.000	251.00	123.00	67.75	250.00	125.00	70.00	0.40%	-1.60%	-3.21%
9.000	250.00	123.00	69.13	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	-1.25%
10.000	250.00	123.00	67.50	250.00	125.00	70.00	0.00%	-1.60%	-3.57%

**RESULTADO FINAL**

DIMENSI.	PROMEDIO (mm)		VALOR NOMINAL (mm)	VARIACION DE DIMENSION (%)		VARIACION DE DIMENSION (mm)		DEVIACION ESTANDAR		DISPERSION (%)		Clasificación según RNE E-070
	PATRON	EXPER.		PATRON	EXPER.	PATRON	EXPER.	PATRON	EXPER.	PATRON	EXPER.	
LARGO	249.60	250.20	250.00	-0.1600%	0.08%	-0.40	0.20	0.32	0.42	0.21%	0.17%	TIPO V
ANCHO	122.75	123.00	125.00	-1.80%	-1.60%	-2.25	-2.00	0.42	0.00	0.35%	0.00%	
ALTO	69.56	68.94	70.00	-0.64%	-1.52%	-0.45	-1.06	1.85	1.73	2.66%	2.51%	

VARIACION PROMEDIA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FISIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
RESISTENCIA DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrasio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312942 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

<b>ALABEO</b> (NORMA NTP 331.17, 331.18)	
<b>LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES</b>	
TESIS	<b>"PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"</b>
SOLICITA	Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac
ELEMENTO	Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento
HECHO EN	LAB USP
ING. RESP.	E.M.A
FECHA	23-mar-17
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	

MUESTRA PATRON y EXPERIMENTAL						
MUESTRA	CONCAVIDAD			CONVEXIDAD		
	CARA SUP (mm)	CARA INFERIOR (mm)	PROM (mm)	CARA SUP (mm)	CARA INFERIOR (mm)	PROM (mm)
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	PROM (mm)		0.00			0.00



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ABSORCION DE LAS UNIDADES DE SUELO-CEMENTO

(NORMA NTP 331.17, 331.18 )

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS **SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUÁRAZ - 2016"**

SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac HECHO EN LAB. USP  
 ELEMENTO : Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento ING. RESP. J.H.G  
 FECHA 23-mar-17

### DATOS DE LA MUESTRA

ABSORCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)				
MUESTRA	MUESTRA SECA (gr)	MUESTRA SATURADO (gr)	PESO DE AGUA (gr)	ABSORCIÓN (%)
1.00	2985.50	3421.50	436.00	14.60%
2.00	3213.00	3640.50	427.50	13.31%
3.00	3290.00	3631.00	341.00	10.36%
4.00	3214.00	3650.00	436.00	13.57%
5.00	3411.00	3849.50	438.50	12.86%
PROMEDIO (%)				12.94%

ABSORCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)				
MUESTRA	MUESTRA SECA (gr)	MUESTRA SATURADO (gr)	PESO DE AGUA (gr)	ABSORCIÓN (%)
1.00	2969.00	3397.00	428.00	14.42%
2.00	2856.50	3330.00	473.50	16.58%
3.00	2949.00	3397.00	448.00	15.19%
4.00	3011.50	3458.50	447.00	14.84%
5.00	2980.50	3377.50	397.00	13.32%
PROMEDIO (%)				14.87%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUÁRAZ - HUÁRAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 FUNDOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**SUCCION DE LAS UNIDADES DE SUELO-CEMENTO**  
(NORMA ITINTEC 331.17, 331.18)

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"  
SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac  
ELEMENTO : Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento  
HECHO EN : LAB. USP  
ING. RESP. : E.M.A  
FECHA : 23-mar-17

DATOS DE LA MUESTRA

EXPRECION DE RESULTADO

1.- Cuando el area no difiere de  $\pm 2.5\%$  de  $200\text{cm}^2$  se calcula con diferencia de pesos dividido entre el area de ladrillo sumergido

$$S = \frac{W}{A} (\text{gr}/\text{cm}^2 \times \text{min})$$

2.- si el area difiere  $\pm 2.5\%$  de  $200\text{cm}^2$  se calcula con la formula expresa para corregir la velocidad se succion

$$S = \frac{200W}{A} (\text{gr}/200\text{cm}^2 \times \text{min})$$

DONDE S = SUCCION 200= FACTOR DE CORECCION  
W= PESO DE AGUA  
A= AREA

SUCCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)										
MUESTRA	DIMENSIONES			SECCION VACIA		AREA		PESO SECO	PESO HUMED	SUCCION
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	RADIO (mm)	AREA (mm <sup>2</sup> )	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	(gr)	O (gr)	(gr/cm <sup>2</sup> )	
1.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3211.70	3236.70	24.16	
2.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3073.00	3102.00	28.02	
3.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3192.80	3216.70	23.10	
4.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3148.80	3175.30	25.61	
5.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3222.90	3251.90	28.02	

PROMEDIO (gr/200cm<sup>2</sup>min) = 25.78

SUCCION DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)										
MUESTRA	DIMENSIONES			SECCION VACIA		AREA		PESO SECO	PESO HUMED	SUCCION
	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	RADIO (mm)	AREA (mm <sup>2</sup> )	AREA BRUTA (mm <sup>2</sup> )	AREA NETA (mm <sup>2</sup> )	(gr)	O (gr)	(gr/cm <sup>2</sup> )	
1.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3022.00	3040.60	17.97	
2.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3014.90	3046.80	30.83	
3.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3174.20	3189.90	15.17	
4.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3050.40	3077.70	26.38	
5.00	250.00	123.00	40.00	10053.12	30750.00	206.97	3184.80	3197.70	12.47	

PROMEDIO gr/(200cm<sup>2</sup>-min) = 22.59



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAJES DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Androsio  
CIP: 116544  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## DENSIDAD SECA DE LADRILLOS SUELO-CEMENTO

(NORMA NTP 331.17, 331.18)

### LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS

SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac HECHO EN LAB. USP  
ELEMENTO : Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento ING. RESP. J.H.G

FECHA 23-mar-17

### DATOS DE LA MUESTRA

#### MUESTRA PATRON

N° DE MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			DIMENSION ALVEOLAR r (mm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )		PESO (gr)	DENSIDAD D (gr/cm <sup>3</sup> )
	LARGO	ANCHO	ALTO		BRUTA (mm <sup>3</sup> )	NETA (cm <sup>3</sup> )		
1.00	249.00	123.00	69.25	30.00	2120919.75	1729.32	3311.70	1.92
2.000	250.00	122.50	68.50	30.00	2097812.50	1710.45	3073.00	1.80
3.000	249.00	123.00	70.00	30.00	2143890.00	1748.05	3192.80	1.83
4.000	250.00	123.00	69.50	30.00	2137125.00	1744.11	3148.80	1.81
5.000	249.00	123.00	70.00	30.00	2143890.00	1748.05	3222.90	1.84
6.000	249.00	122.00	67.00	30.00	2035326.00	1656.45	2985.50	1.80
7.000	250.00	122.00	69.75	30.00	2127375.00	1732.95	3213.00	1.85
8.000	250.00	123.00	69.75	30.00	2144812.50	1750.39	3290.00	1.88
9.000	250.00	123.00	71.00	30.00	2183250.00	1781.75	3214.50	1.80
10.000	250.00	123.00	73.30	30.00	2253975.00	1839.47	3411.00	1.85

PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.84
DESVIACION ESTANDAR	0.04
DISPERSION DE RESULTADOS	2.11%

#### MUESTRA EXPERIMENTAL

N° DE MUESTRA	DIMENSIONES PROMEDIO (mm)			DIMENSION ALVEOLAR r (mm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )		PESO (gr)	DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )
	LARGO	ANCHO	ALTO		BRUTA (mm <sup>3</sup> )	NETA (cm <sup>3</sup> )		
1.00	250.00	123.00	69.25	30.00	2129437.50	1737.84	3311.70	1.91
2.000	250.00	123.00	69.13	30.00	2123593.75	1734.70	3073.00	1.77
3.000	250.00	123.00	71.75	30.00	2206312.50	1800.58	3192.80	1.77
4.000	250.00	123.00	68.75	30.00	2114062.30	1723.29	3148.80	1.83
5.000	250.00	123.00	71.88	30.00	2210156.25	1803.71	3222.90	1.79
6.000	251.00	123.00	67.38	30.00	2080068.38	1699.07	2985.50	1.76
7.000	250.00	123.00	66.88	30.00	2056406.25	1678.24	3213.00	1.91
8.000	251.00	123.00	67.75	30.00	2091645.75	1708.53	3290.00	1.93
9.000	250.00	123.00	69.13	30.00	2125593.75	1734.70	3214.50	1.85
10.000	250.00	123.00	67.50	30.00	2075623.00	1693.92	3411.00	2.01

PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.85
DESVIACION ESTANDAR	0.08
DISPERSION DE RESULTADOS	4.59%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**ANEXO N° 05 ENSAYOS MECÁNICOS DE LOS LADRILLOS  
ECOLÓGICOS PATRÓN Y EXPERIMENTAL**



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION**  
(NORMA NTP 331.17, 331.18)

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES,  
SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac HECHO EN : LAB. USP  
ELEMENTO : Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento ING. RESP. : E.M.A  
FECHA : 23-mar-17

DATOS DE LA MUESTRA

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRON)

IDENTIFICACION	PESO (Kg)	DIMENSIONES		AREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	MAXIMA CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)			
1.0	4067.00	250.00	123.00	307.50	29932.56	97.34
2.0	4220.00	249.00	123.00	306.27	29029.91	94.79
3.0	4027.00	249.00	123.00	306.27	24171.94	78.92
4.0	4142.50	250.00	123.00	307.50	26666.70	86.72
5.0	3804.50	249.00	123.00	306.27	25423.85	83.01

F <sub>b</sub> PROMEDIO (Kg-f/cm <sup>2</sup> )	88.16
DESVIACION ESTANDAR	7.78
F <sub>b</sub> FINAL Kg-f/cm <sup>2</sup>	80.38
DISPERSION DE RESULTADOS	8.82%

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)

IDENTIFICACION	PESO (kg)	DIMENSIONES		AREA BRUTA (cm <sup>2</sup> )	MAXIMA CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)			
1.0	3742.00	250.00	123.00	307.50	20661.13	67.19
2.0	3879.50	251.00	123.00	308.73	30064.10	97.38
3.0	3960.50	251.00	123.00	308.73	20198.47	65.42
4.0	3783.50	250.00	123.00	307.50	23151.36	75.29
5.0	3907.00	251.00	123.00	308.73	25305.92	81.97

F <sub>b</sub> PROMEDIO (Kg-f/cm <sup>2</sup> )	77.45
DESVIACION ESTANDAR	12.96
F <sub>b</sub> FINAL Kg-f/cm <sup>2</sup>	64.49
DISPERSION DE RESULTADOS	16.74%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PILAS - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
CIERRE DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JRE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE DE PILAS**

RNE. E-070, NTP 399.606 Y 399.621

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

TESIS : "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LADRILLOS ECOLOGICOS DE SUELO CEMENTO CON ADICION DE CAL HIDRATADA AL 5%, PARA MUROS PORTANTES, HUARAZ - 2016"

SOLICITA : Bach. RAMIREZ BERNACHEA Ely Isaac

HECHO EN : LAB. USP

ELEMENTO : Ladrillos Ecologicos de Suelo Cemento

ING. RESP. : E.M.A

FECHA : 23-mar-17

DATOS DE LA MUESTRA

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA PATRÓN)

MUESTRA A	PESOS (gr)	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg-f)	ESBELTEZ Z	COEFL. CORRECCION (E-070)	RESISTENCIA ADMISIBLE (Fm = Kg-f / cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)					
P-1	18503.0	250.0	123.00	290.75	307.50	37956.61	2.30	0.781	96.40
P-2	18440.0	249.0	123.00	290.25	306.27	41367.21	2.35	0.781	105.99
P-3	18345.0	249.0	123.00	289.25	306.27	38981.73	2.35	0.779	99.15

Fm PROMEDIO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ):	100.51
DESVIACION ESTANDAR:	4.94
Fm FINAL (Kg-f/cm <sup>2</sup> ):	96.57
DISPERSION:	4.91%
PROMEDIO ESBELTEZ:	2.36

COMPRESION SIMPLE DE UNIDADES DE SUELO - CEMENTO (MUESTRA EXPERIMENTAL)

MUESTRA	PESOS (gr)	DIMENSIONES			ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (Kg-f)	ESBELTEZ Z	COEFL. CORRECCION (E-070)	RESISTENCIA ADMISIBLE (Fm = Kg-f / cm <sup>2</sup> )
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTO (mm)					
C-1	18965.0	250.0	123.00	298.25	307.50	24802.43	2.42	0.789	63.68
C-2	18085.0	250.0	123.00	292.00	307.50	33785.42	2.37	0.782	85.01
C-3	18655.0	250.0	123.00	297.50	307.50	35611.54	2.42	0.789	91.43

Fm PROMEDIO (Kg-f/cm <sup>2</sup> ):	80.34
DESVIACION ESTANDAR:	14.69
Fm FINAL (Kg-f/cm <sup>2</sup> ):	65.65
DISPERSION:	18.29%
PROMEDIO ESBELTEZ:	2.41



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FIJAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrus  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Techno



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : RAMIREZ BERNACHEA ELY ISAAC  
 Obra : TESIS (UNIVERSIDAD SAN PEDRO-HUARAZ-ANCASH)  
 Ubicación : HUARAZ-ANCASH  
 Asunto : Ensayo de Prueba de Carga  
 Expediente N° : 17-1028  
 Recibo N° : 55009  
 Fecha de emisión : 05/04/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 03 muretes hechos con ladrillos ecológicos de suelo-cemento y adición de cal hidratada al 5%.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO.  
Certificado de Calibración CMC-040-2016
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ASTM E 519
4. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 04/04/2017

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	DIMENSIONES (cm)			CARGA MÁXIMA DE ROTURA (Kg)	OBSERVACIÓN
		LARGO	ANCHO	ESPESOR		
EXPERIMENTAL 1C	07/03/2017	62.9	65.6	12.5	5750	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE
EXPERIMENTAL 2C	07/03/2017	62.6	65.5	12.5	5550	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE
EXPERIMENTAL 3C	07/03/2017	63.2	64.8	12.5	5200	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. A.A



*Ana Torre Carrillo*  
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe ( e ) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 306



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : RAMIREZ BERNACHEA ELY ISAAC  
 Obra : TESIS (UNIVERSIDAD SAN PEDRO-HUARAZ-ANCASH)  
 Ubicación : HUARAZ-ANCASH  
 Asunto : Ensayo de Prueba de Carga  
 Expediente N° : 17-1028  
 Recibo N° : 55009  
 Fecha de emisión : 05/04/2017

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 03 muretes hechos con ladrillos ecologicos de suelo-cemento.  
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZOSHO.  
 Certificado de Calibración CMC-040-2016  
 3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ASTM E 519  
 4. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 04/04/2017

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	DIMENSIONES (cm)			CARGA MÁXIMA DE ROTURA (Kg)	OBSERVACIÓN
		LARGO	ANCHO	ESPESOR		
PATRON P1	07/03/2017	74.5	62.7	12.5	6000	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE
PATRON P2	07/03/2017	64.5	62.7	12.5	5150	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE
PATRON P3	07/03/2017	64.4	63.0	12.5	4900	FRACTURA DIAGONAL BLOQUE

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. A.A



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 306



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



**ANEXO N° 06 PANEL FOTOGRÁFICO.**



FOTO N° 1 Trituración del suelo extraído



FOTO N° 2 Determinación del PH De la Cal Hidratada



FOTO N° 3 Proporciones de mezcla en volumen para producción



FOTO N° 4 Mezclado con el apoyo de mezcladora de concreto



FOTO N° 5 Prensa hidráulica de 6ton



FOTO N° 6 Prensado de ladrillos ecológico



FOTO N° 7 Curado de ladrillo por 07 días



FOTO N° 8 Construcción de los especímenes



FOTO N° 9 Incorporación de Cappin de yeso – cemento a los muretes



FOTO N° 10 Construcción de pilas



FOTO N° 11 Unidades para compresión simple experimental



FOTO N° 12 Unidades para compresión simple Patrón



FOTO N° 13 Arrancando con los ensayos



FOTO N° 14 Etiquetado de muestra



FOTO N° 15 Ensayo de Variación de Dimensiones



FOTO N° 16 Ensayo de Absorción



FOTO N° 17 Ensayo de Succión



FOTO N° 18 Ensayo de compresión axial de pilas



FOTO N° 19 Traslado de muretes a LEM UNI



FOTO N° 20 Ensayo a compresión diagonal de Muretes