

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN  
DEL ADOBE ESTABILIZADO CON CAL EN LA CIUDAD DE  
CAJAMARCA”**

**Para Optar el Título Profesional de:  
INGENIERO CIVIL**

**Presentado por el Bachiller:  
OSCAR VIRGILIO ALTAMIRANO CARRASCO**

**Asesor:  
M. en I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA**

**Cajamarca – Perú**

**2018**

## **AGRADECIMIENTO:**

A mi amada madre, a la Sra. Jayne Carrasco Olivera: “Muchas maravillas hay en el universo; pero la obra maestra de la creación es el corazón materno”

A mi amado padre, al Sr. Virgilio Jesús Altamirano Quispe: "Tengo recuerdos de niño en los que te veía gigante, hoy que soy adulto... Te veo aún más grande".

A mi hermanita María Lizeth, mi orgullo.

A mis sobrinos Joaquín y Leonardo, campeones de la vida.

Al Ing. Leoncio Carrasco Olivera, por sus recomendaciones para la elaboración del presente trabajo de investigación, por su amistad y aprecio.

Al Ing. Nels Cachi Barrantes, por su amistad y apoyo, así como a su gran familia, a su señora madre a la Sra. Yolanda Barrantes Martos, a sus hermanos, por el aprecio que es mutuo, por facilitarme los ambientes para hacer los especímenes de adobe, para la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mis grandes amigos, William Hernández, Johan Edquén, Stalin Ruiz, Fernando Pajares, Jacob Romero, Antonio Regalado, Leiner Guerrero, Cluber Martos, Josué Dávila, Willans Pardo, a mis hermanos Carlos Núñez y Miguel Hernández quienes me apoyaron en el proceso y en la realización de los diferentes especímenes y ensayos de laboratorio para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi asesor de tesis, M. en I. Héctor A. Pérez Loayza, por su ayuda, amistad, por forjarme con sus conocimientos en mi formación académica y ser el guía para el desarrollo satisfactorio del presente trabajo de investigación.

A todos los docentes que me encaminaron durante la carrera, de manera especial al Ing. Marcos Mendoza Linares, al Ing. José Lázaro Lezama Leiva, y al Ing. Wilder Hoyos Saucedo que me ayudaron a pulir este trabajo de investigación con sus sabias observaciones y consejos.

Un agradecimiento especial a mi alma mater Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ingeniería, a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil y a los docentes quienes me formaron como un profesional.

¡Mis más sinceros agradecimientos!

## **WILLANA**

Kawsana, mishki kawsay.

“Shunqupim waq chishikuna parpita anis  
yakituan, masaykunapa asikuynin  
tullpa pullan quñukash, rupaq  
kawsayniypa, chuchupa kawsaynin  
intishina chinkakan kinkraypi.”

Oscar V. Altamirano Carrasco

## **DEDICATORIA**

Hogar, dulce hogar.

"En el corazón están aquellas tardes con humitas  
y agüita de anís, las sonrisas de mis hermanos  
abrigados junto al fogón, el calor de hogar de los  
míos, las historias del abuelo que se pierden  
como el sol en el horizonte".

Oscar V. Altamirano Carrasco

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTO:	i
WILLANA	ii
DEDICATORIA	ii
RESUMEN:	viii
SUMMARY:	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCION	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3. HIPÓTESIS	13
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	13
1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	13
1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	13
1.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE	13
1.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	14
1.5. OBJETIVOS	15
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.	15
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.7. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7.1. ALCANCES	16
1.7.2. DELIMITACIÓN	16
1.7.3. LIMITACIONES	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	26
2.2. BASES TEÓRICAS.	28
2.2.1. Adobe.	28
2.2.2. Adobe de suelo estabilizado.	29
2.2.2.1. Estabilización con cemento.	30
2.2.2.2. Estabilización con cal.	31
2.2.2.3. Estabilización con asfalto.	31
2.2.3. El suelo estabilizado.	33
2.2.4. Materiales constitutivos del adobe estabilizado con cal.	34
2.2.4.1. El Suelo.	34
2.2.4.1.1. Arcilla.	34
2.2.4.1.2. Limo y arena.	36
2.2.4.1.3. Distribución granulométrica.	36
2.2.4.1.4. Porosidad.	39
2.2.4.1.5. Superficie específica.	39
2.2.4.1.6. Densidad.	39

2.2.4.1.7. Resistencia a la compresión.	39
2.2.4.1.8. Módulo de Elasticidad.	40
2.2.4.1.9. Ensayos para analizar la composición de un suelo.	40
2.2.4.2. Cal.	46
2.2.4.3. Agua.	56
2.2.4.4. Paja ichu.	57
2.2.5. Elaboración de adobes estabilizados con Cal Apagada.	57
2.2.5.1. Geometría del adobe.	58
2.2.5.2. Elaboración de Mezcla.	58
2.2.6. Ensayos mecánicos.	59
2.2.7. Economía del adobe.	63
2.2.7.1. Factores que influyen en la economía	63
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.	64
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.	67
3.1. Ubicación geográfica o espacial de la investigación.	67
3.2. Ubicación temporal de la investigación.	68
3.3. Recursos, equipos y herramientas utilizados en la investigación.	68
3.4. Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación.	69
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	80
4.1. Determinación de la resistencia a la compresión de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	80
4.1.1. Determinación de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	80
4.1.1.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	82
4.1.2. Determinación de la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	85
4.1.2.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	88
4.1.3. Determinación de la resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	96
4.1.3.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).	99
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	113

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2001 - 2015 .....	11
Tabla N° 2: Operacionalización de variables .....	14
Tabla N° 3: Ensayos de resistencia mecánica (compresión y flexión) de muestras de cal-tierra, cantidad 1:3 y 1:4, en volumen (antes de la extinción de la cal).....	23
Tabla N° 4: Resultados de los ensayos de resistencia mecánica a compresión simple de adobes estabilizados en el laboratorio de la FICSA-UNPRG. ....	25
Tabla N° 5: Ensayos de resistencia mecánica (compresión).....	27
Tabla N° 6: Composición granulométrica del suelo adecuada para la fabricación de adobe, según varios autores. ....	29
Tabla N° 7: Efectos de los estabilizantes en la tierra. ....	32
Tabla N° 8: Símbolos de grupo (SUCS) .....	44
Tabla N° 9: Tipología de suelos (SUCS) .....	44
Tabla N° 10: Composición de las de cales aéreas sobre muestra calcinada (UNE 83-501-93). ....	52
Tabla N° 11: Dimensiones del molde M1 para determinar la resistencia a compresión de la unidad. ....	70
Tabla N° 12 : Dimensiones del molde M2 para determinar la resistencia a compresión de la albañilería.....	70
Tabla N° 13: Dimensiones del murete de albañilería para determinar la resistencia a compresión de la albañilería .....	70
Tabla N° 14: Dimensiones del molde M3 y M4 para determinar la resistencia al corte de la albañilería.....	70
Tabla N° 15: Dimensiones del murete para determinar la resistencia al corte de la albañilería. ....	71
Tabla N° 16: Código de Adobes Estabilizados .....	74
Tabla N° 17: Número de adobes y número de especímenes elaborados para ensayos a compresión. ....	77
Tabla N° 18: Resistencia promedio a la compresión de la unidad del adobe convencional y del estabilizado, tipo “A, B, C y D”.....	81
Tabla N° 19: Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.....	86
Tabla N° 20: Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.....	87
Tabla N° 21: Resistencia a la compresión diagonal del murete del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.....	97
Tabla N° 22: Resistencia a la compresión diagonal del murete del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.....	98

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Distribución Mundial de Arquitectura de Adobe .....	10
Figura N° 2: Vivienda hecha de adobe en la zona periférica de la ciudad de Cajamarca .....	29
Figura N° 3: Adobe estabilizado con cemento.....	30
Figura N° 4: Viviendas con Adobe Estabilizado en Cayalti, con protección de Eternit. ....	32
Figura N° 5: Estructura de los tres minerales arcillosos más comunes y su distancia intralaminar. 36	
Figura N° 6: Curva granulométrica de un suelo arcilloso. ....	37
Figura N° 7: Curva granulométrica de un suelo limoso.....	38
Figura N° 8: Curva granulométrica de un suelo arenoso. ....	38
Figura N° 9 : Ensayo de sedimentación. ....	42
Figura N° 10: Bolas de barro luego del ensayo de la caída.....	43
Figura N° 11: Carta de Casagrande para los suelos cohesivos.....	46
Figura N° 12: Piedra Caliza .....	47
Figura N° 13: El ciclo la de cal. ....	50
Figura N° 14: Proceso de fabricación de la cal. ....	55
Figura N° 15: Ensayo a compresión de la unidad de adobe.....	59
Figura N° 16: Ensayo de compresión Axial.....	60
Figura N° 17: Ensayo de compresión Diagonal .....	61
Figura N° 18: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación. ....	67
Figura N° 19: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación. ....	68
Figura N° 20: Secuencia de la elaboración de especímenes de adobe convencional y estabilizado.75	
Figura N° 21: Secuencia del proceso de investigación. ....	79

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Diagrama % de Cal Apagada VS Esfuerzo a Compresión de la unidad de adobe ....	82
Gráfico N° 2: Diagrama Comparación de los $f_0$ del adobe convencional (A) con los $f_0$ de los adobes estabilizados (B,C y D) .....	83
Gráfico N° 3: Diagrama Comparación de los $f_0$ del adobe convencional (A) con el $f_0$ de la NTP E.080 del 2006 y con el $f_0$ de la NTP E.080 del 2017. ....	84
Gráfico N° 4: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo a compresión último de la pila de adobe .	88
Gráfico N° 5: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo admisible compresión del muro de adobe	89
Gráfico N° 6: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento.....	89
Gráfico N° 7: Comparación del $f'm$ del adobe convencional (A) con los $f'm$ de los adobes estabilizados (B, C y D) .....	90
Gráfico N° 8: Diagrama comparación del $f m$ del adobe convencional (A) con los $f m$ de los adobes estabilizados (B, C y D) .....	91
Gráfico N° 9: Diagrama comparación del * del adobe convencional (A) con los * de los adobes estabilizados (B, C y D) .....	92
Gráfico N° 10: Comparación de $f'm$ del adobe convencional (A) con el $f'm$ de la NTP E.080 del 2006 y con el $f_0$ de la NTP E.080 del 2017. ....	93
Gráfico N° 11: Comparación de $fm$ del adobe convencional (A) con el $fm$ de la NTP E.080 del 2006 y con el $fm$ de la NTP E.080 del 2017. ....	94
Gráfico N° 12: Comparación de * del adobe convencional (A) con el * de la NTP E.080 del 2006 y con el * de la NTP E.080 del 2017.....	95
Gráfico N° 13: % de cal apagada Vs. esfuerzo último del murete de adobe.....	99
Gráfico N° 14: % de cal apagada Vs. esfuerzo último del murete de adobe.....	100
Gráfico N° 15: Comparación del $f't$ del adobe convencional (A) con los $f't$ de los adobes estabilizados (B, C y D) .....	100
Gráfico N° 16: Comparación del $vm$ del adobe convencional (A) con los $vm$ de los adobes estabilizados (B, C y D) .....	101
Gráfico N° 17: Comparación de $f't$ del adobe convencional (A) con el $f't$ de la NTP E.080 del 2006 y con el $f_0$ de la NTP E.080 del 2017. ....	102
Gráfico N° 18: Comparación de $vm$ del adobe convencional (A) con el $vm$ de la NTP E.080 del 2006 y con el $f_0$ de la NTP E.080 del 2017. ....	103

## **RESUMEN:**

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal apagada en la ciudad de Cajamarca. Los materiales usados para la elaboración del adobe fueron: Suelo proveniente de la cantera adobera Cruz Blanca clasificado como areno limoso (SM, clasificación SUCS), paja o ichu propia de las zonas aledañas a la ciudad, agua potable del sistema que abastece a la ciudad de Cajamarca y cal apagada del distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

Estos especímenes de adobe (unidad, pilas y muretes) se fabricaron siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Peruana E.080 del año 2006, estos se clasificaron en especímenes de adobe convencional o tipo “A”, y especímenes de adobes estabilizados con cal apagada o de tipos “B”, “C” y “D” respectivamente, siendo estos últimos adobes en donde se reemplazó por cal apagada en porcentajes de 6 %, 12 % y 18 % al peso seco del suelo. Estos fueron ensayados a los 30 días (cubos) y a los 60 días (pilas y muretes), después del proceso de secado bajo sombra para protección contra el viento y la lluvia.

Obtenidos los resultados se concluyó que la resistencia mecánica a compresión de los especímenes de adobe estabilizado con cal apagada (cubos, pilas y muretes) disminuye significativamente con respecto a la resistencia mecánica a compresión del adobe convencional en 57 %, 68 %, 77% para cubos (resistencia última  $f_0$ ), en 64 %, 70%, 75% para pilas (esfuerzo de compresión último  $f'_m$ , esfuerzo admisible a compresión del muro  $f_m$  y esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento \*) y en 56 %, 71%, 86 % para muretes (esfuerzo último de ensayo  $f'_t$  y esfuerzo admisible a corte  $v_m$ ). A mayor reemplazo porcentual de cal apagada por el peso seco del suelo menor resistencia a compresión.

**PALABRAS CLAVES:** Resistencia a compresión, adobe estabilizado, cal apagada.

## **SUMMARY:**

The present investigation had as a main objective to analyse the stabilized adobe's compressive resistance with slaked lime in Cajamarca city. The used materials for its elaboration of the adobe were: Soil from the Cruz Blanca adobe quarry clasified as sand-loamy (SM, SUCS clasification), straw or ichu grass from the city surroundings, the drinking wáter from the system that supply Cajamarca city and slaked lime from Bambamarca district of Hualgayoc province.

These adobe samples(unity, stacks, lows) were produced following the guidelines' Norma Peruvian Technique E.080 of 2006, these were ranked in samples of conventional adobe or type "A", and samples of stabilized adobe with slaked lime or the types "B", "C" and "D" respectively, being these last adobes in which, slaked lime replaced the dry weight`s soul in percentages of 6 %, 12 % y 18 %. These were tested at 30 days(cubes) and at 60 days (stacks and walls), after the shade drying process for protection against wind and rain.

After obtaining the results it was concluded that the mechanical compressive strength of the adobe samples which werw stabilized with slaked lime (cubes, stacks and walls) decreases significantly with regard to the adobe mechanical resistance to compression in 57 %, 68 %, 77% for cubes (ultimate resistance  $f_0$ ), in 64 %, 70%, 75% for stacks (last compressive strength  $f'_m$ , allowable compressive stress of the wall  $f_m$  and allowable stress for compression for crushing\*) and in 56 %, 71%, 86 % for lows (ultimate trial effort  $f'_t$  and allowable effort to cut  $v_m$ ). The greater percentage replacement of slaked lime by dry weigth of soil, the lower compression resistance.

**KEY WORDS:** Compression resistance, stabilized adobe, slaked lime.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCION

En casi todos los climas cálidos, secos y templados, la tierra ha sido desde siempre el material de construcción predominante. Aún en la actualidad un tercio de la humanidad habita en viviendas hechas de tierra; y en países en vías de desarrollo, esto representa más de la mitad (AMAZÚ, 2017).

Los primeros vestigios de construcción en tierra datan del Neolítico (6.000-10.000 años de antigüedad), y están situados en Mesopotamia entre el Tigris y el Éufrates. Según los estudios arqueológicos se evolucionó hasta la construcción de edificios emblemáticos como la Torre de Babel, la Biblioteca de Alejandría, o muchos de los edificios de la propia Babilonia (Cappadoce, 1985).

Alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra (Houben & Guillard, 1994).

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos y de uso más difundido. El uso de unidades de barro secadas al sol data de 8000 A.C. (Houben & Guillard, 1994). El uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo, tradicionalmente a lo largo de América Latina, África, el subcontinente de India y otras partes de Asia, el Oriente Medio y el Sur de Europa (Blondet et. al, 2003).

*Figura N° 1: Distribución Mundial de Arquitectura de Adobe*



*Fuente: Earth Architecture (De Sensi, 2003)*

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), indica que para el año 2015 el 33.5 % de las construcciones a nivel nacional fueron hechas con adobe o tapial, es decir más de un tercio de la población usa este material para la construcción de sus viviendas.

*Tabla N° 1: Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia, 2001 - 2015*

VIVIENDA															
VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES Y ÁREA DE RESIDENCIA, 2001 - 2015															
(Porcentaje del total de viviendas particulares)															
Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Total</b>	<b>100.0</b>														
Ladrillo o bloque de cemento	44.3	45.4	45.4	45.1	46.0	46.7	48.2	49.4	50.1	51.4	50.6	51.5	52.2	51.7	51.7
Piedra o sillar con cal o cemento	1.1	1.3	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6
Adobe o tapia	40.0	37.3	37.8	38.7	37.4	38.1	35.7	34.9	34.8	34.2	34.4	34.1	33.6	34.3	33.5
Quincha (caña con barro)	2.7	3.2	2.9	2.4	2.5	2.2	2.0	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.7
Piedra con barro	1.1	1.8	1.3	1.2	1.3	1.0	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
Madera	7.2	7.4	7.5	7.0	7.3	6.1	5.8	6.3	6.6	6.1	6.9	7.0	7.6	7.7	8.5
Estera	1.0	1.1	0.9	1.0	0.7	0.6	0.9	1.1	0.9	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4
Otro material 1/	2.4	2.5	3.4	3.9	3.9	4.4	5.2	4.8	4.2	4.4	3.9	3.4	2.8	2.8	2.8

*Fuente: INEI- Encuesta Nacional de Hogares.*

El ladrillo o bloque de cemento representa el primer material predominante en el distrito de Cajamarca con un 43.2%, mientras que el adobe se ubica en segundo lugar como material de construcción representando el 41.7 % del total de las viviendas. En el caso de las paredes, en la ciudad de Cajamarca, las que predominan como primer lugar son las viviendas de adobe o tapia en el 44,1% de los casos y como segundo lugar las paredes de ladrillo o bloque de cemento en el 38,5%. (Fondo MI VIVIENDA, 2009).

Las edificaciones de adobe son generalmente autoconstruidas porque se emplea una técnica tradicional simple, además son de bajo costo y de fácil accesibilidad para los pobladores tanto de la zona urbana como de la zona rural.

La norma E.080 Adobe (MVCS, 2006) señala que la resistencia mínima a la compresión de la unidad es de 12 Kg/cm<sup>2</sup>, posteriormente esta norma en el año 2017 adopta el nombre de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada (MVCS, 2017), en esta se señala que la resistencia mínima a la compresión del adobe convencional debe ser de 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> en promedio, sin embargo, esta es baja. Además, las viviendas por la falta de arriostramiento hacen que estas sean vulnerables frente a peligros naturales como sismos siendo el Perú un país sísmico por encontrarse en el "Círculo de Fuego del Océano Pacífico".

Existen materiales que ayudan a estabilizar la estructura interna del adobe, adicionándose en proporciones tales que sean factibles económicamente y que sean propios de la zona. La cal en dosificaciones adecuadas podría ser un buen estabilizador del adobe. En la región Cajamarca existen diversas Caleras dedicadas a la producción de cal, ubicadas en su mayoría en yacimientos de roca caliza, a estas se las encuentra en la provincia de Hualgayoc, especialmente en el Distrito de Bambamarca y en otros lugares de la región, una muy cercana a la ciudad de Cajamarca es la ubicada en el Centro Poblado de Puyllucana, distrito de Baños del Inca. La cal tiene un precio que está al alcance del poblador, y es un material propio de nuestra región lo que le da un plus adicional en el uso como material de construcción.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema de la presente investigación se puede resumir mediante la siguiente interrogante:

¿Cómo se puede mejorar la resistencia a la compresión del adobe convencional en la ciudad de Cajamarca?

## **1.3. HIPÓTESIS**

### **1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- El reemplazo porcentual en peso del suelo seco por cal apagada incrementa la resistencia a compresión del adobe estabilizado en la ciudad de Cajamarca.

## **1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

X: Porcentaje de cal apagada que reemplaza al suelo seco.

### **1.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Y: Resistencia a compresión del adobe

## 1.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 2: Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	NIVELES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
Tipo de Variable	Variable			INDICADORES	ÍNDICE
Independiente	Reemplazo del suelo seco por cal apagada.	Para poder utilizar la cal viva en la fabricación de adobe y mortero es necesario someterla a un proceso de apagado con agua. Durante el apagado se produce una reacción exotérmica que desprende calor y que puede llegar a los 70-80 °C. Tras el apagado se obtiene hidróxido cálcico (Ca(OH) <sub>2</sub> ) llamada comúnmente cal apagada o cal muerta. Las partículas de la cal viva se transforman entonces en cal hidratada en polvo o en forma de pasta, dependiendo de la cantidad de agua aportada.	% de cal apagada en peso con respecto al suelo seco	% de cal apagada	Kg
Dependiente	Resistencia a compresión del adobe.	Resistencia mecánica que se presenta cuando sobre una pieza actúan dos fuerzas iguales, pero de sentido contrario y que tienden a acortar el material.	Resistencia a compresión	Resistencia a la compresión de la unidad.	Kg/cm <sup>2</sup>
				Resistencia a la compresión de la albañilería.	
				Resistencia al corte de la albañilería (ensayo de compresión diagonal).	

## 1.5. OBJETIVOS

### 1.5.1. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar la resistencia a compresión del abobe estabilizado con cal apagada en la ciudad de Cajamarca.

### 1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a la compresión de la unidad de adobe convencional y la de la unidad de adobe estabilizado con cal apagada (6%,12%, 18%).
- Determinar la resistencia a la compresión de la albañilería del adobe convencional y la del adobe estabilizado con cal apagada (6%,12%, 18%).
- Determinar la resistencia al corte de la albañilería (ensayo de compresión diagonal) del adobe convencional y la del adobe estabilizado con cal apagada (6%,12%, 18%).

## 1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La provincia de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona 3, le corresponde un factor de zona Z de 0.35, de acuerdo al decreto supremo N°003-2016 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento (MVCS, 2016).

La Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006), señala: El objetivo del diseño de construcciones de albañilería de adobe es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas. Esta norma se orienta a mejorar el actual sistema constructivo con adobe tomando como base la realidad de las construcciones de este tipo, existentes en la costa y sierra.

En la ciudad de Cajamarca se encuentran construcciones hechas con adobe convencional (tierra más paja más agua), este material de construcción es tradicional, económico, brinda confort frente a las condiciones climáticas y sigue empleándose hoy en día tanto en la zona urbana como en la zona rural, sin embargo, su baja resistencia a la compresión conlleva a realizar estudios con el afán de mejorar sus propiedades mecánicas; de modo que se están empleando diversos tipos de materiales para estabilizar la estructura interna del adobe como

la cal, asfalto, cemento, la fibra de palmera entre otros para aumentar su resistencia mecánica.

La Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006) hace referencia al adobe simple y al adobe estabilizado, proporciona las pautas y lineamientos necesarios a tener en cuenta en el trabajo y diseño de viviendas hechas de adobe, tomando en cuenta que nuestro país está en zona de alto potencial sísmico por localizarse en el "Círculo de Fuego del Océano Pacífico", estamos propensos a futuros sismos y se deben tomar las precauciones y medidas necesarias para evitar sobre todo la pérdida de vidas humanas.

Se debe señalar que actualmente el uso del adobe estabilizado es poco o nulo en la región y en el país, esto debido a la falta de información que se le da al poblador sobre este tema, y a la incertidumbre que este tenga sobre el costo de construcción de su vivienda. Por ello, teniendo en cuenta estudios anteriores y recurriendo a los materiales con los que disponemos en nuestro medio para la fabricación del adobe se realizó el estudio donde se utilizó cal apagada, como agente estabilizador en una dosificación óptima de manera que mejore su resistencia a compresión del adobe sin elevar excesivamente los costos.

## **1.7. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. ALCANCES**

Este trabajo de investigación permitió obtener información acerca de la utilización de la cal apagada en la elaboración de adobe estabilizado, también se determinó la resistencia mecánica del adobe estabilizado y la del adobe convencional en la ciudad de Cajamarca.

Esta investigación está dirigida a todos los profesionales del país, ingenieros y población en general de la ciudad de Cajamarca que proyectan construir viviendas de adobe con el uso de este estabilizante. Asimismo, está dirigida a estudiantes de ingeniería civil, como fuente bibliográfica y como base para la elaboración de investigaciones similares.

### **1.7.2. DELIMITACIÓN**

En esta tesis se analizó la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal apagada en la ciudad de Cajamarca. Se reemplazó a la tierra por cal apagada en porcentajes de 6 %, 12% y 18% con respecto a su peso seco.

La investigación se situó en la ciudad de Cajamarca, entre los meses de diciembre del 2016 y septiembre del 2018, los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales Carlos Esparza Díaz de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Los materiales usados son propios y representativos de la región Cajamarca, es así que estos tienen las siguientes características:

- **Suelo:** El suelo usado procede de la cantera adobera Cruz Blanca, Av. Independencia N° 1860, caserío Chinchimarca – Cajamarca con coordenadas UTM: 9204810-N y 774715-E.
- **Clasificación del suelo:** Se realizó el estudio de suelos en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca por el método SUCS:
  - **Clasificación método SUCS:** El suelo es areno limoso (S.M.)
- **Cal Apagada:** De la calera de la Empresa Minera El Progreso S.R.L., ubicada al lado derecho de la carreta 3N Chota-Bambamarca, en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.
- **Agua:** Agua potable que abastece a la ciudad de Cajamarca.
- **Ichu o Paja:** Propia de las zonas aledañas a la ciudad de Cajamarca.

La Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006) considera las siguientes resistencias mecánicas a compresión:

- Resistencia a la compresión de la unidad.
- Resistencia a la compresión de la albañilería.
- Resistencia al corte de la albañilería (ensayo de compresión diagonal).

Estas resistencias fueron objeto de estudio de la presente investigación y el número de especímenes de adobe fueron de acuerdo con la Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006).

La investigación únicamente se centró en el estudio de la resistencia a compresión del adobe convencional y la del adobe estabilizado con cal apagada, no se desvió al estudio en otro tipo de resistencias ni en temas de absorción.

### **1.7.3. LIMITACIONES**

En el presente trabajo de investigación no se encontró limitaciones que impidieran el normal desarrollo del mismo.

Teniendo la necesidad de presentar estudios necesarios para dar una respuesta acorde con el problema planteado, la investigación se focalizó en la cantera adobera Cruz Blanca la cual reunió las proporciones de arena, limo y arcilla según se indica en la Norma Técnica E 0.80 (MVCS, 2006) y estudios anteriores como la del Ingeniero Nels Cachi Barrantes cuya tesis se titula “Incremento de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cemento para Construcciones Ecológicas-Económicas en Cajamarca”. Otra tesis que se consideró fue la del ingeniero Kelvin Raphael Cáceres Vásquez que se titula “Análisis de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cal y Compactado para Construcciones Ecológicas - Económicas en Cajamarca”.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

No hay fecha exacta sobre el uso que dieron los primeros humanos a la cal. Probablemente estos hayan usado rocas para proteger a sus fogones dando así a la primera cal quemada, posteriormente con el venir de las lluvias esta se hidrataría para formar hidróxido de calcio, esta a su vez reaccionaría con las cenizas, tierra, arena que rodeaban al fuego creando lo que podría señalarse como el primer mortero. En Lascaux Francia, se han hallado pinturas a base de pigmentos de óxido de hierro con alto contenido de calcio, hace 16000 años. En Turquía hace 14000 años se hallaron cimientos de cal. (LHOIST, 2017).

**LHOIST. La Cal a lo largo de la Historia [en línea]. [Fecha de consulta:10 abril 2017]. Disponible en: <http://www.lhoist.com/es/la-cal-lo-largo-de-la-historia>**

Se encuentra la cronología del uso de la piedra caliza:

C. 7500 A.C.

Los antiguos pobladores del actual Jordán lograron crear una especie de yeso a partir de cal y de piedra caliza triturada no tratada térmicamente para recubrir las paredes, suelos y fogones de sus hogares.

C. 3000 A.C.

Los pobladores del Antiguo Egipto teñían su piel con cal, y crearon una de las Maravillas del Mundo con piedra caliza: la pirámide de Keops, de 137 m de altura.

C. 2800 A.C. – C. 1000 D.C.

Los Celtas solían fertilizar el suelo con cal. En la Antigua Grecia también se utilizó cal para colorear numerosos frescos (pinturas).

C. 500 D.C.

Los chinos construyeron la Gran Muralla China, de 2500 km de longitud, tras estabilizar el suelo con cal, y también utilizaron esta última en los morteros para aglutinar la piedra.

C. 753 A.C.–535 D.C.

En muchos edificios y frescos de la época romana se puede identificar el uso de distintos colores de cal. Las mujeres también utilizaban cal no hidratada para teñir sus cabellos de un color rojo claro característico.

C. 400 D.C. – C. 1100 D.C.

Los alquimistas descubrieron las propiedades cáusticas de la cal y crearon un jabón a base de cenizas de madera.

C. 1300 D.C. – C. 1800 D.C

En toda Europa se ha utilizado ampliamente la cal como masa de recubrimiento y pintura decorativa, además de servir como principal material en la construcción de hogares.

SIGLOS XIV y XV

En el sureste de Inglaterra, los artesanos solían aplicar pastas de cal decorativas en los arcos decorativos del exterior de los edificios. Durante el Renacimiento, la cal hizo su reaparición en las artes plásticas y en la pintura.

SIGLO XVI

El uso de la cal continuaría progresando a través de nuevos inventos (sobre todo en la construcción) en la forma de nuevos procesos que han permitido crear nuevos tipos de estructuras y acabados.

SIGLO XVII

La técnica Scagliola del estuco se puso de moda como alternativa más económica a las incrustaciones de mármol. Esta técnica utilizaba una mezcla pigmentada de polvo de cal, mármol o escamas. Se utilizó también para crear las fachadas de los edificios, columnas de estuco, esculturas y otros elementos arquitectónicos de aspecto similar al mármol.

SIGLOS XVIII y XIX

Black y Lavoisier describieron la reacción química de la cal. Debray y Lechatelier descubrieron otras cualidades y aplicaciones. Por ejemplo, en esta época se utilizó por primera vez la cal como ingrediente en los dentífricos.

SIGLOS XX y XXI

La proliferación de nuevas innovaciones (y en especial el nacimiento y rápido desarrollo de nuevas tecnologías) dio lugar a la difusión del uso de la cal. En la actualidad, podemos observar el uso de la cal, o los resultados de su tratamiento, de formas diversas y en cada momento de nuestra vida cotidiana.

### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

**HERAS Ricardo. El Adobe como Material de Construcción [en línea]. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 1996. 175 h. [Fecha de consulta:11 abril 2017]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ppt1997/0240365/Index.html>**

Heras (1996) concluye:

La tecnología de la construcción con tierra ya sea el clásico tapial, los adobes hechos a base de paja, o bien las técnicas modernas de estabilización que van desde el suelo - cemento con prensa, o bien el suelo - asfalto que lo hace impermeable, representa una verdadera opción para la construcción de viviendas en pequeñas comunidades rurales y urbanas hacia un esquema de autosuficiencia y autonomía.

Del adobe, es conveniente considerar también los siguientes factores:

- Su fácil y amplia disponibilidad.
- Es idóneo en sitios donde abunda la mano de obra.
- Las técnicas constructivas son sencillas y no requieren equipo sofisticado.
- Las personas pueden manejarlos en sistemas de autoconstrucción.
- Es un material que climatológicamente resulta adecuado.
- Las construcciones resultan más económicas que con otros materiales.
- Son materiales que pueden reincorporarse fácilmente al medio natural, sin provocar contaminación.
- Poseen propiedades térmicas, acústicas y plásticas.
- Para mejorar su resistencia y apariencia requieren un mínimo de materiales tecnificados o industrializados (Heras, 1996).

**DÍAZ Leonides. El Mejoramiento Físico del Adobe para Fines Constructivos [en línea]. Tesis para obtener el grado de Maestro en Arquitectura. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, 2016. 103 h. [Fecha de consulta: 11 abril 2017]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2016/mayo/508008256/Index.html>**

Su investigación se enfocó en 03 características típicas del adobe tradicional: la poca resistencia a la compresión, el comportamiento inadecuado ante la presencia de humedad y en la vulnerabilidad ante el ataque de insectos (adobes hechos de materia orgánica).

En cuanto a la resistencia a compresión, Díaz (2016) elaboró 04 muestras para cada tipo de tierra, tierra negra (orgánica) y tierra amarilla. Tanto para tierra sin estabilizar (línea base), y para la tierra estabilizada con cal y cemento (10 % y 15 % de tipo de estabilizador). Obtuvo resultados para tierra negra sin estabilizar una resistencia a la compresión de 0 Kg/cm<sup>2</sup> y usando estabilizador también obtuvo una resistencia a la compresión de 0 Kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que la tierra orgánica no se puede estabilizar. Para la tierra amarilla sin estabilizar obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 7.88 Kg/cm<sup>2</sup>, usando cal al 10 % obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 0 Kg/cm<sup>2</sup>, lo que hace suponer que este ensayo ha sido inadecuado o no ha tenido un debido control por el resultado obtenido que es menor al hallado en la tierra amarilla sin estabilizar; usando cal al 15 % obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 12.20 Kg/cm<sup>2</sup>. Usando cemento al 10 % obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 5.61 Kg/cm<sup>2</sup>; usando cemento al 15 % obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 22.47 Kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a la prueba de absorción que consistió en colocar un cubo (espécimen) en un recipiente que contenga 8 mm de agua constante, Díaz (2016) usó 03 especímenes de tierra amarilla, sin estabilizar (línea base) y estabilizada con cal (al 10 y 15 %). Para el espécimen de tierra sin estabilizar a los 160 segundos de iniciada la prueba tuvo que parar puesto que hubo decremento de peso y pérdida de material (se comenzó a desboronar). Para el espécimen con 10 % y 15 % con cal transcurrido cierto tiempo (diferente para ambos), llegaron a un peso (diferente para ambos) sin variaciones, quiere decir que los especímenes dejaron de absorber agua, esto sin pérdida de material, lo que indica que el adobe estabilizado con cal presenta un buen comportamiento ante la presencia de humedad.

En cuanto al ataque de insectos uso como estabilizador al estiércol que repele a los insectos y al yeso (Díaz, 2016).

**FERNANDES María, MIRAJO José, VELOSA Ana, CANDEIAS Antonio. Estabilización de Tierra con Cal - Ventajas y Desventajas. Comité Científico Internacional del Patrimonio en Tierra (ICOMOS/ISCEAH) y Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. Évora, abril del 2012. [Fecha de consulta: 19 abril 2017]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10174/7490>**

Artículo cuyo estudio se enfocó en algunas regiones de Portugal (centro-litoral), los pobladores de esta región apagaban la cal usando tierra y agua para la producción de adobes y morteros (cal apagada directamente con la tierra en proporciones variables de 1 de cal para 3 o 4 volumen en tierra, según tradición oral y local), se usaban dos tipos de cales producidas en hornos tradicionales; la dolomítica y la caliza, para ello se extrajeron muestras de tierra-cal extraídas de adobes y revoques de viviendas de aproximadamente 80 años.

Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

*Tabla N° 3: Ensayos de resistencia mecánica (compresión y flexión) de muestras de cal-tierra, cantidad 1:3 y 1:4, en volumen (antes de la extinción de la cal).*

VALORES MEDIOS A COMPRESION Y FLEXION (28 días)					
	CALIZA	DOLOMITICA		CALIZA	DOLOMITICA
<b>COMPRESION (MPa)</b>			<b>COMPRESION (kg/cm2)</b>		
1:3 PIEDADE	0.58	0.93	1:3 PIEDADE	5.92	9.49
1:3 TRAVASSO	0.79	2.54	1:3 TRAVASSO	8.06	25.91
1:4 PIEDADE	0.42	1.55	1:4 PIEDADE	4.28	15.81
1:4 TRAVASSO	0.85	1.31	1:4 TRAVASSO	8.67	13.36
<b>FLEXION (MPa)</b>			<b>FLEXION (Kg/cm2)</b>		
1:3 PIEDADE	0.22	0.36	1:3 PIEDADE	2.24	3.67
1:3 TRAVASSO	0.19	0.49	1:3 TRAVASSO	1.94	5
1:4 PIEDADE	0.19	0.54	1:4 PIEDADE	1.94	5.51
1:4 TRAVASSO	0.2	0.34	1:4 TRAVASSO	2.04	3.47

*Fuente: Artículo, Estabilización de Tierra con Cal -Ventajas y Desventajas. Comité Científico Internacional del Patrimonio en Tierra. (FERNANDES et al, 2009)*

La conclusión a la que llegaron es “que hay muchas ventajas en estabilizar tierra con cal, sobre todo si se tiene en mente mecanizar el procedimiento de fábrica-producción del material. Pero para que eso ocurra y para que la construcción no sea dificultosa hay que optar por producir unidades, adobes, de menor dimensión que los tradicionales y secarlos en condiciones estables, de humedad y temperatura constantes”.

### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

**LOPEZ José, BERNILLA Pedro. Valuación Funcional y Constructiva de Viviendas con Adobe Estabilizado en Cayalti. Programa Cobe - 1976. [en línea]. Tesis para optar el Grado de Maestro. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Sección de Posgrado, 2012. 237 h. [Fecha de consulta: 25 abril 2017]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1130>**

Esta valuación se basó en el proyecto de investigación que instituciones nacionales y la Cooperación Internacional (AID) realizaron a principios de la década del 70, como consecuencia del sismo del año 1970 de aproximadamente 7.5 grados en la escala de Richter, que tuvo lugar en el departamento de Ancash a 50 kilómetros de la costa, ocasionado la pérdida de 67000 vidas humanas y la destrucción de 70000 viviendas (gran porcentaje de las viviendas fueron hechas de adobe, construidas de manera empírica y además estaban localizadas en zonas de riesgo elevado), siendo la más afectada la localidad de Yungay que fue arrasada por el aluvión producto del sismo.

Se analizaron 100 viviendas construidas en el año 1976 con adobe estabilizado del programa COBE (Construcción con Bloques Estabilizados), este programa se desarrolló en la ex-cooperativa Cayalti, Chiclayo, Lambayeque.

Dentro de las conclusiones más resaltantes a las que llegaron se tiene:

El programa COBE, buscó el uso de mano de obra local con una metodología mejorada, sin embargo, no se ha replicado el uso del adobe estabilizado con asfalto y refuerzo de caña, ni en Cayalti ni en otro lugar del país.

Las 100 viviendas construidas no fueron sometidas a fenómenos telúricos de regular o alta intensidad. Estas tuvieron un comportamiento aceptable ante las lluvias intensas del Fenómeno de “El Niño” de años los 1983 y 1998.

Los bloques estabilizados fueron elaborados con asfalto RC 250 o RC2 (comúnmente llamado asfalto de caminos) al 2% con respecto al peso seco del suelo, para la construcción de las viviendas en Cayaltí, en el año 1976, fueron sometidos a ensayo de compresión simple, obteniéndose los resultados cuyo promedio de las cuatro muestras fue de: 21 Kg/cm<sup>2</sup>, valor mayor a lo que estipula la Norma Técnica E 0.80 (MVCS,

2006), en el artículo 8 donde la resistencia a compresión de la unidad es  $f_o = 12 \text{ Kg/cm}^2$ , los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

*Tabla N° 4: Resultados de los ensayos de resistencia mecánica a compresión simple de adobes estabilizados en el laboratorio de la FICSA-UNPRG.*

N° DE ORDEN Y MARCA DEL ADOBE	FECHA DE FAB.	FECHA DEL ENSAYO	EDAD DEL ADOBE EN DIAS	CARGA DE ROTURA EN Kg/f	RESIST A LA COMPRESION EN Kg/cm <sup>2</sup>
1 ADOBE ESTABILIZA AL 2 % CON ASFALTO	...	4/06/2012	...	30.750	21
2 ADOBE ESTABILIZA AL 2 % CON ASFALTO	...	4/06/2012	...	17.250	20
3 ADOBE ESTABILIZA AL 2 % CON ASFALTO	...	4/06/2012	...	15.750	22
4 ADOBE ESTABILIZA AL 2 % CON ASFALTO	...	4/06/2012	...	9.250	21

*Fuente: LOPEZ José y BERNILLA Pedro, Tesis para obtener el Grado de Maestro, UNI.*

Se realizaron ensayos a compresión simple del adobe común de Cayalti, cuyo promedio de 4 adobes ensayados dio como resultado  $17.50 \text{ Kg/cm}^2$ , el adobe estabilizado con asfalto resistió un 20 % más en compresión simple con respecto al adobe común.

Se realizó ensayos de absorción de dos bloques del adobe estabilizado con asfalto, el porcentaje de absorción promedio a las 24 horas es de 1.55 % mientras que a las 48 horas es 2.00 %. Se hizo también ensayos de absorción de dos bloques del adobe común, el porcentaje de absorción promedio a las 24 horas es de 35.79 % mientras que a las 48 horas es 39.24 %, ensayos realizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (FICSA-UNPRG). Concluyen que los adobes estabilizados son más consistentes e impermeables ante la acción de la humedad por efecto de las lluvias e inundaciones que los adobes comunes hechos de maneras artesanal por los pobladores de Cayalti (LOPEZ José & BERNILLA Pedro, 2017).

**CACERES Fiorella. Mejora del Adobe a partir de su Estabilización con el Material Confitillo [en línea]. Trabajo de Investigación. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes, Programa Cybertesis PERÚ, 2010. 99 h [Fecha de consulta: 25 abril 2017]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/165>**

Propuso un adobe mejorado (de mayor resistencia y durabilidad), el cual tomó como base el "saber hacer" a partir de las experiencias que nos ha dejado nuestro patrimonio edificado en tierra.

Concluyó que se estabiliza con el material Confitillo redondeado y laminar en dosificaciones de 15%, 20% y 30% para la primera y 20%, 25% y 30% para la segunda; destacando que la mayor resistencia se alcanza con el material confitillo laminar al 30%, logrando una resistencia de 12 kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, las muestras con confitillo laminar duplicó la capacidad de resistencia de la muestra que emplea suelo solo en su fabricación (Cáceres, 2016).

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

**CACHI Nels. Incremento de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cemento para Construcciones Ecológicas-Económicas en Cajamarca. Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2016. 233h.**

Cachi (2016), concluyó:

De los resultados de incremento de resistencia a compresión para las dosificaciones (7%, 10% y 13% de cemento tipo ICo) de 2.75 kg/cm<sup>2</sup>, 15.25 kg/cm<sup>2</sup> y 32.45 kg/cm<sup>2</sup>, con respecto al adobe normal cuya resistencia es 13.81 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que cumple el cemento su función de agente estabilizador e incrementa su resistencia a compresión en 19.91%, 110.36% y 234.90%.

De acuerdo al análisis de costo unitarios por 100 unidades de adobes normales y estabilizados de dimensiones (0.28m X 0.28m X 0.11m); los adobes normales tienen un costo de S/. 67.92, con respecto a este costo el adobe estabilizado con 7%, 10% y 13% de cemento aumentan sus costos en S/. 37.95, S/. 54.44 y S/. 70.66 respectivamente, expresados en porcentaje son 55.88%, 80.15% y 104.04%; esto se debe a que el suelo utilizado tiene una valoración regular para utilizar en la mezcla suelo-cemento. Pero si comparamos con el adobe normal que se encuentra en el mercado cuyo precio es de S/.1200.00 por millar, el adobe estabilizado con 13% solo supera en S/.185.80 por millar (Cachi, 2016).

**CACERES Kelvin. Análisis de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cal y Compactado para Construcciones Ecológicas-Económicas en Cajamarca. Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 133h.**

Concluye: La adición de cal y compactación de un adobe tradicional mejoró en su resistencia a compresión de acuerdo al porcentaje de cal que se adicionó, salvo los adobes que solamente fueron compactados los cuales disminuyeron su resistencia a compresión (Caceres, 2017) como se muestra en la siguiente tabla:

*Tabla N° 5: Ensayos de resistencia mecánica (compresión).*

<b>Especímenes</b>	<b>F'c Promedio</b>	<b>% F'c</b>	<b>Diferencia %</b>
Adobes tradicionales	14.085	100.00%	0.00%
Adobes Compactados	13.264	94.17%	-5.83%
Adobes estabilizados con 5% de cal y compactados	15.386	109.24%	9.24%
Adobes estabilizados con 10% de cal y compactados	15.986	113.50%	13.50%
Adobes estabilizados con 15% de cal y compactados	16.954	120.37%	20.37%
Adobes estabilizados con 20% de cal y compactados	18.572	131.85%	31.85%

*Fuente: Tesis para obtener el Título Profesional, UNC (Cáceres,2017)*

## 2.2. BASES TEÓRICAS.

### 2.2.1. Adobe.

“Se define el adobe como un bloque macizo de suelo sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos”, NTP E.080 (MVCS, 2006).

La NTP E.080 (MVCS, 2017) define al adobe como la “unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.”

Es una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada de forma prismática, sin cocer, secada al aire, empleada en la construcción de muros de fábrica, paredes y tabiques. En ocasiones, se puede añadir cal, grava, estiércol para darle mayor consistencia. En la región de la Costa peruana también se utiliza con frecuencia la caña de azúcar cortada en pedazos (bagazo) que se mezcla con la tierra, el agua y el estiércol (LOPEZ José & BERNILLA Pedro, 2017).

El adobe es el bloque de construcción más común y más antiguo fabricado por el hombre. Es un bloque de barro secado al aire libre, que tradicionalmente tiene forma de paralelepípedo. Existe gran diversidad de tamaños y formas que varían de un lugar a otro. La técnica de elaboración y construcción con adobe está extendida por todo el mundo. (Calderón, 2013, pág. 21).

El adobe es un bloque macizo de barro, obtenido de la mezcla maleable de suelo arcilloso, arena, gravas de diferentes tamaños y fibras vegetales como la paja en una proporción aproximada de arcilla/limo 1%, arena 55-64% y paja 1%, que se proyecta en un molde sin fondo, bien sea metálico o de madera y previamente impregnado en aceite o sumergido en agua, y se prensa con unos golpes, después se levanta ligeramente el molde dejando a secar el adobe propiamente dicho sobre una superficie llana (Universidad Politécnica de Cataluña, 2012, pág. 24).

Figura N° 2: Vivienda hecha de adobe en la zona periférica de la ciudad de Cajamarca



Fuente: Google Maps (2018)

“Los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan adobes.” (Minke, 2001, pág. 72)

Tabla N° 6: Composición granulométrica del suelo adecuada para la fabricación de adobe, según varios autores.

Autores	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
Barrios et al (1987)	35-45		55-65
Houben y Guillaud (1994)	5-29	-	-
Graham Mc Henry (1996)	15-25	-	-
Carazas Aedo (2002)	1 volumen de tierra arcillosa: 2 volúmenes de tierra arenosa		
HB 195 (2002)	10-40	10-30	30-75 (arena y grava )
Proyecto Hornero (2007)	50% de tierra arcillosa: 50 % de tierra arenosa		

Fuente: Técnicas de construcción con suelo, Neves Celia (2011).

### 2.2.2. Adobe de suelo estabilizado.

El adobe estabilizado contiene materiales que han sido incorporados con el fin de mejorar las características resistentes del bloque. El material básico para la fabricación del adobe es el barro (que a su vez contiene arcilla, limo, arena, grava y agua), cualquier material que se adicione con el fin de mejorar las propiedades finales del adobe responden al nombre de estabilizantes. Entre los más utilizados podemos mencionar la cal, el cemento y el asfalto, sin embargo, existen una gran variedad de estabilizantes minerales, orgánicos y sintéticos como veremos más adelante (Calderón, 2013).

“El adobe estabilizado es el adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad”, Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006).

### 2.2.2.1. Estabilización con cemento.

“La resistencia mecánica y la resistencia a la acción del agua aumentan cuando se usa más cantidad de cemento en la mezcla. Se utiliza en los suelos arenosos en proporciones de 3 al 8%.” (Ferri, 2010, pág. 91)

Para Ferri (2010, pág. 91) la fabricación de construcciones de suelo cemento pueden ser útiles las siguientes recomendaciones:

- Utilizar suelo relativamente seco y tamizado.
- Mezclar bien el suelo y el cemento.
- Añadir la cantidad requerida de agua.
- Homogenizar la mezcla suelo-cemento-agua.
- Utilizar la mezcla recién hecha, no más tarde de dos horas después de su preparación.
- Debe mantenerse húmeda durante siete días cubriéndola con elementos transpirables y protegidos del sol otros siete días.

*Figura N° 3: Adobe estabilizado con cemento*



*Fuente: Cachi (2016).*

### 2.2.2.2. Estabilización con cal.

Se usa preferentemente con suelo arcilloso en proporciones del 2% al 8%, aumentando muchas veces su resistencia, pero no siempre. Se reduce la capacidad de absorción de agua y los efectos de la erosión; se consiguen aristas y caras lisas, desaparecen las deformaciones aumentando la estabilidad dimensional. Es el más adecuado para utilizarlo con suelos arcillosos (Ferri, 2010, pág. 91).

Para Ferri (2010, pág. 91), la cal para su utilización se debe tener en cuenta:

- Unir la cal con el suelo y humedecer la mezcla, manteniéndola cubierta y húmeda durante 24 horas.
- A continuación, se pulverizan bien todos los terrones de la mezcla y se utiliza en seguida.
- Igual que con el cemento debe mantenerse húmedo durante siete días cubriéndolo con elementos transpirables y protegidos del sol otros 7 días.

### 2.2.2.3. Estabilización con asfalto.

De Ferri (2010, pág. 92)

Se realizan mezclando el suelo con emulsiones asfálticas (mezcla de asfalto con agua), dada la dificultad de mezclar el suelo con el asfalto sólo. La cantidad de agua, relativamente grande, necesaria para asegurar una buena mezcla limita su uso tan sólo a la fabricación de adobes y no a la construcción de tapial, para la cual el suelo no debe estar muy húmeda

Los adobes fabricados con este material, no se hinchan ni contraen, ni se desintegran en contacto prolongado con la humedad, y la absorción capilar de los adobes así estabilizado es muy pequeña.

Después de un par de días de haber sido moldeados, los adobes se colocan de canto y en esa posición se dejan secar totalmente. El secado completo suele durar de tres a cuatro semanas.

Las obras hechas con suelo-asfalto son fáciles de mantener y no requerir enlucidos ni pinturas. Su superficie es mucho más resistente a la erosión por viento y arena. También son muy resistentes a la acción de las termitas y de otros insectos destructivos (Ferri, 2010, pág. 92).

Figura N° 4: Viviendas con Adobe Estabilizado en Cayalti, con protección de Eternit.



Fuente: LOPEZ José & BERNILLA Pedro (2017).

Así como los adobes, hechos con suelo y agua, deben colocarse a cubierto para evitar que la lluvia los estropee o destruya, los estabilizados con emulsión asfáltica raramente son estropeados por la lluvia, aunque ésta se produzca poco después del moldeo y, por tanto, no necesitan ninguna protección especial durante su secado y curado.

Tabla N° 7: Efectos de los estabilizantes en la tierra.

EFECTO DE LOS ESTABILIZANTES					
Estabilizante	Aumento de la resistencia a compresión	Aumento de la resistencia a la acción del agua	Acción sobre suelos arenosos	Acción sobre suelos arcillosos	Observaciones
Cemento	Muy eficaz	Muy eficaz	Muy eficaz	Poco eficaz	El más eficaz
Cal	Eficaz	Eficaz	Eficaz	Eficaz	Adecuado para suelos arcillosos
Asfalto	Eficaz	Muy eficaz	Eficaz	Poco eficaz	Difícil de mezclar a mano

Fuente: Apuntes de Construcción II, (Ferri, 2010, pág. 91).

### 2.2.3. El suelo estabilizado.

De Oshiro (1997, pág. 26)

#### **El suelo estabilizado como material de construcción económica.**

- El suelo como material de construcción es aún utilizado extensamente en todo el mundo, particularmente para viviendas de bajo costo. El suelo apisonado, el adobe, son ejemplos de materiales para construir casas corrientemente empleadas, en países en proceso de desarrollo. La forma de lograr una larga duración es crítica, y no puede predecirse en tanto la protección del material no pueda efectuarse científicamente.
- Por lo general, es aceptada la aceptación de estabilización de suelo como la realizada por el mezclado y compactación de suelo con pequeña cantidad de aglomerante.
- En la búsqueda del suelo estabilizado, se han experimentado con diferentes aglomerantes tales como la cal, betún, resina, asfalto, cloruros, desechos industriales, etc. (Oshiro, 1997, pág. 26).

#### **Estabilización con mezcla suelo-cal.**

El uso de cal para mejorar suelos con plasticidad, aparte de conseguir ese fin, aumenta también su resistencia a la compresión en función del tiempo.

La cantidad de cal variará en función de la necesidad que se tenga y de las propiedades del suelo utilizado en la estabilización. Generalmente los porcentajes de cal utilizados en una estabilización variaran de un 2 a 8% en peso. El suelo- cemento adquiere su resistencia rápidamente, ya que solo se necesita que el cemento se hidrate adecuadamente. En cambio, el suelo-cal, necesita la reacción química de los iones calcio y los minerales arcillosos, que lentamente adquieren resistencia. Una ventaja del suelo cal es que su periodo de curado puede iniciarse más tarde, en cambio, el suelo-cemento requiere curado inmediato (Huezo & Orellana, 2009).

#### **2.2.4. Materiales constitutivos del adobe estabilizado con cal.**

“La materia prima básica para la producción de adobe es el suelo. Sin embargo, dependiendo de sus características, se hace necesario agregar otros materiales, como las adiciones o los estabilizantes.” (Neves & Borges, 2011, pág. 18)

El adobe estabilizado contiene materiales que han sido incorporados con el fin de mejorar las características resistentes del bloque. El material básico para la fabricación del adobe es el barro (que a su vez contiene arcilla, limo, arena, grava y agua), cualquier material que se adicione con el fin de mejorar las propiedades finales del adobe responden al nombre de estabilizantes. Entre los más utilizados podemos mencionar la cal, el cemento y el asfalto, sin embargo, existen una gran variedad de estabilizantes minerales, orgánicos y sintéticos. (Calderón, 2013, pág. 24)

##### **2.2.4.1. El Suelo.**

La composición del suelo o tierra que escojamos influirá directamente en la resistencia final del bloque. La resistencia a la compresión dependerá no solo de la cantidad y tipo de arcilla, sino también de la distribución granulométrica del resto de componentes del barro, así como su preparación y mezclado. El barro o tierra es una mezcla de arcilla, limo y arena, que algunas veces contiene grava o piedras. Las características y propiedades de la tierra dependen del lugar en el que se encuentra, y las cantidades de los componentes determina el tipo de suelo: arcilloso, limoso o arenoso. La arcilla es el aglomerante del resto de partículas que conforman el hormigón de tierra o barro. En un suelo extraído en una profundidad menor a 40cm por lo general encontraremos materia orgánica y humus. La tierra que se ha de utilizar como material de construcción debe estar libre de estos (Calderón, 2013, pág. 45).

##### **2.2.4.1.1. Arcilla.**

De Minke (2001, pág. 23 y 24)

La arcilla es producto de la erosión del feldespato y otros minerales. El feldespato contiene óxido de aluminio, un segundo óxido metálico y

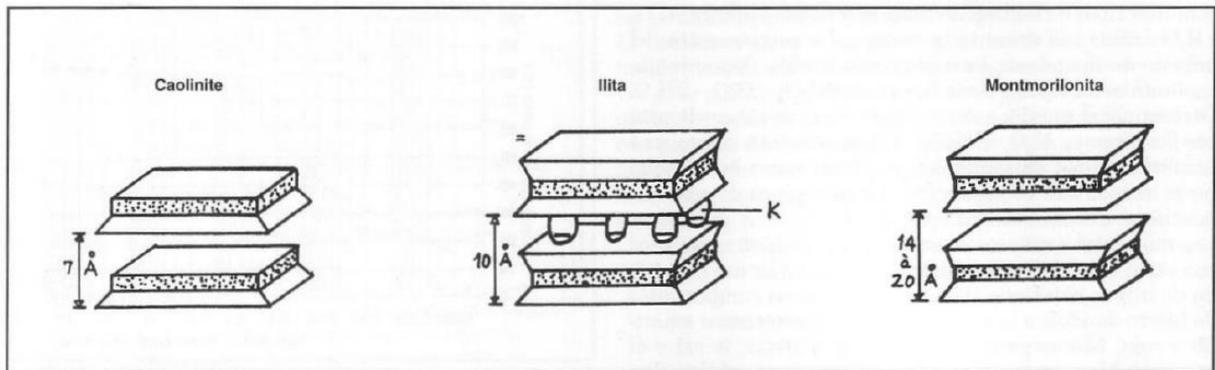
bióxido de silicio. Uno de los más comunes tipos de feldespato tienen la fórmula química  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$ . Si durante la erosión, los componentes del potasio se disuelven, entonces una arcilla denominada caolinita es formada y tiene la fórmula  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Otro mineral arcilloso muy común es la montmorilonita con la fórmula  $\text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 4\text{SiO}_2$ . Adicionalmente existe una amplia variedad de minerales arcillosos como la illita que no se encuentra comúnmente (Minke, 2001, pág. 23 y 24).

Los minerales arcillosos se encuentran también mezclados con otros componentes químicos, particularmente con óxido de hierro hidratado ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) y otros componentes de hierro dándole a la arcilla un color característico amarillo o rojo. El manganeso da un color marrón, la cal y el magnesio blanco mientras que las sustancias orgánicas dan un color marrón oscuro o negro

Los minerales arcillosos tienen usualmente una estructura laminar hexagonal y cristalina. Estas láminas están constituidas por diferentes capas que usualmente se forman alrededor de un núcleo de silicio o aluminio. En el caso del silicio estas están rodeadas de átomos de oxígeno; y en el caso del aluminio por grupos de hidróxidos (OH). Las capas de óxido de silicio tienen la carga negativa más fuerte lo que conlleva a una alta cohesividad interlaminar.

La caolinita está constituida por dos láminas y posee una capacidad aglutinante baja debido a que cada capa de hidróxido de aluminio está conectada a una capa de óxido de silicio, en cambio en el mineral montmorilonita constituido por tres láminas, una capa de hidróxido de aluminio está siempre entre dos capas de óxido de silicio, desplegando así una capacidad aglutinante alta. La mayoría de los minerales de arcilla tienen cationes intercambiables. La capacidad aglutinante y la resistencia a la compresión del suelo dependen del tipo y cantidad de cationes.

Figura N° 5: Estructura de los tres minerales arcillosos más comunes y su distancia intralaminar.



Fuente: *El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* (2001)

#### 2.2.4.1.2. Limo y arena.

Las propiedades del limo y la arena son totalmente distintas a la arcilla. Estos son solo agregados sin fuerza aglutinante y están formados a partir de rocas erosionadas en cuyo caso tienen cantos filosos o por movimiento del agua en este caso son redondeados (Minke, 2001, pág. 24).

El limo o légamo es un material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm (Calderón, 2013, pág. 47).

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros (mm). Una partícula individual dentro de este rango es llamada «grano de arena». Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca (Calderón, 2013, pág. 47).

#### 2.2.4.1.3. Distribución granulométrica.

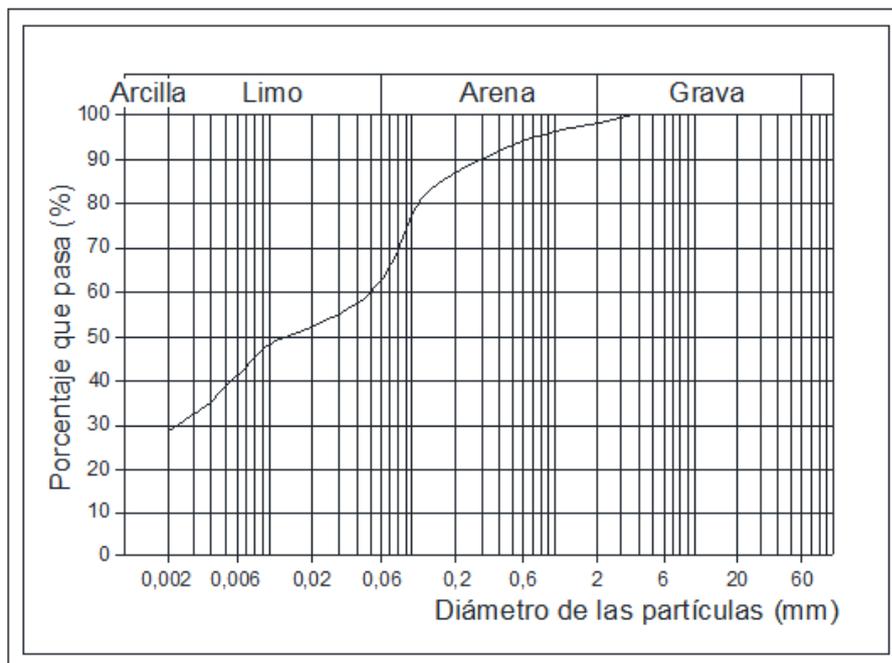
De Minke (2001, pág. 24)

El suelo se caracteriza por sus componentes: arcilla, limo, arena y grava. La proporción de los componentes se presenta comúnmente en un gráfico

como el que se muestra en las figuras n° 6, 7, 8. El eje vertical representa el peso en porcentajes del total de cada tamaño de grano, el cual se grafica en el eje horizontal usando una escala logarítmica. La curva se grafica acumulativamente, con cada tamaño de grano incluyendo todos los componentes finos.

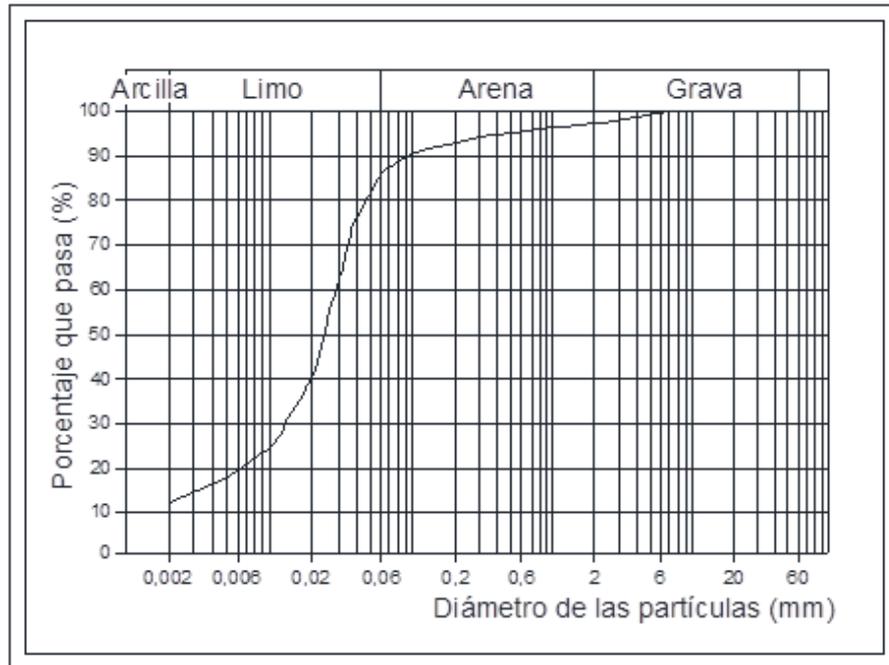
La figura n° 6 caracteriza un suelo arcilloso con 28% de arcilla, 35% de limo, 33% de arena y 4% de grava. La figura n°7 muestra un suelo limoso con 76% limo y la figura n°8 muestra un suelo arenoso con un 56% de arena (Minke, 2001, pág. 24)

Figura N° 6: Curva granulométrica de un suelo arcilloso.



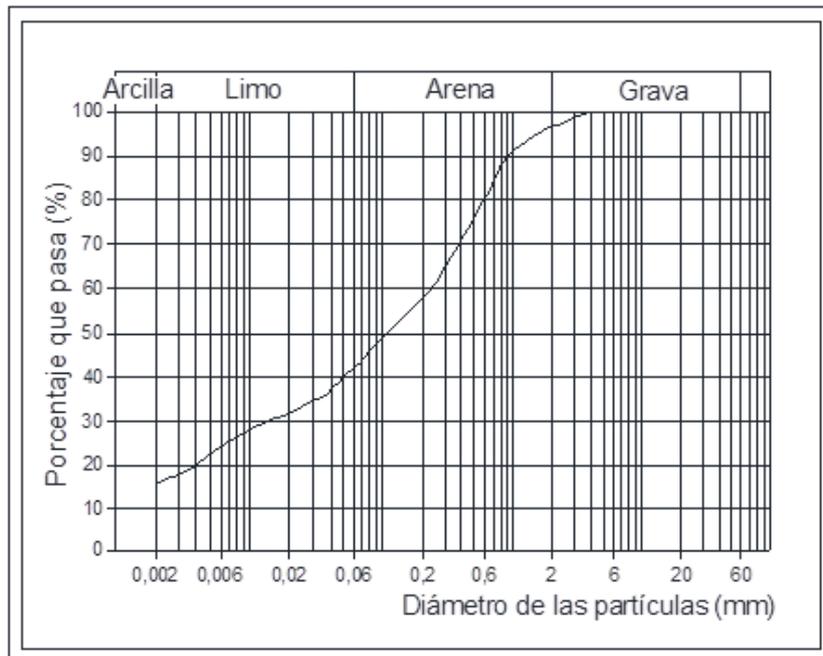
Fuente: El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. (1994)

Figura N° 7: Curva granulométrica de un suelo limoso.



Fuente: El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. (1994)

Figura N° 8: Curva granulométrica de un suelo arenoso.



Fuente: El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. (1994)

**2.2.4.1.4. Porosidad.**

El grado de porosidad se define por el volumen de todos los poros del suelo. Más importante que el volumen de los poros son las dimensiones de los mismos. Mientras mayor sea la porosidad mayor la difusión de vapor y mayor la resistencia a las heladas. (Minke, 2001, pág. 24)

**2.2.4.1.5. Superficie específica.**

La superficie específica de un suelo es la suma de superficies de todas las partículas. La arena gruesa tiene una superficie específica de aproximadamente 23 cm<sup>2</sup>/g, el limo aproximadamente 450 cm<sup>2</sup>/g y la arcilla desde 10 m<sup>2</sup>/g (caolinita) hasta 1000 m<sup>2</sup>/g (montmorillonita). Mientras mayor sea la superficie específica de la arcilla mayor será las fuerzas internas de adhesión que resultan importantes para la capacidad aglutinante y la resistencia a la compresión y tensión. (Minke, 2001, pág. 25)

**2.2.4.1.6. Densidad.**

La densidad se define por la relación de la masa seca con respecto al volumen (incluyendo los poros). Un suelo recientemente excavado tiene una densidad de 1200 a 1500 kg/m<sup>3</sup>. Si este suelo se compacta como en técnicas de tapial o en bloques de suelo, su densidad varía de 1700 a 2200 kg/m<sup>3</sup> o más, si contiene considerables cantidades de grava o agregados gruesos. (Minke, 2001, pág. 25)

**2.2.4.1.7. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión de elementos de construcción secos hecho de suelo, como por ejemplo bloques de suelo y suelo compactada difiere generalmente de 5 a 50 kg/cm<sup>2</sup>. Este depende no solo de la cantidad y tipo de arcilla sino también de la distribución granulométrica del limo, arena y agregados mayores, así como del método de preparación y compactación (Minke, 2001, pág. 40).

La Norma Técnica E.080 (MVCS, 2006) considera las siguientes resistencias mecánicas a compresión:

- Resistencia a la compresión de la unidad.
- Resistencia a la compresión de la albañilería.
- Resistencia al corte de la albañilería (ensayo de compresión diagonal).

#### 2.2.4.1.8. Módulo de Elasticidad.

“El módulo de elasticidad de un suelo fluctúa normalmente entre 600 y 700 kg/mm<sup>2</sup>.” (Minke, 2001, pág. 42)

1. Módulo de elasticidad por fórmula ( $E1$  kg/cm<sup>2</sup>) adaptación de la Norma Técnica Colombiana 4025 y el del código ACI 214.

$$E1 = 0.043 * Wc^{1.5} * \sqrt{f_c} \quad (1)$$

Dónde:

$Wc$ : Peso unitario del adobe estabilizado endurecido entre 1450 kg/m<sup>3</sup> y 2450 kg/m<sup>3</sup>.

$f_c$ : Resistencia a compresión del Adobe estabilizado en kg/cm<sup>2</sup>.

2. Módulo de elasticidad gráficamente ( $E2$  kg/cm<sup>2</sup>) y coeficiente de Poisson ( $\mu$ ) Norma Técnica de Concreto ASTM C 469.

$$E2 = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050} \quad (2)$$

Dónde:

$S_2$ : Esfuerzo kg/cm<sup>2</sup> correspondiente al 40% del esfuerzo máximo.

$S_1$ : Esfuerzo en kg/cm<sup>2</sup> correspondiente a la deformación unitaria  $\epsilon_1$  de 0.000050.

$\epsilon_2$ : Deformación unitaria correspondiente al esfuerzo  $S_2$ .

#### 2.2.4.1.9. Ensayos para analizar la composición de un suelo.

Para verificar que un suelo es apropiado para una aplicación específica, es necesario conocer su composición.

**a) Análisis combinado de tamizado y sedimentación.**

“La proporción de agregados gruesos (arena, grava y piedras) es relativamente fácil de distinguir con el tamizado. En cambio los agregados finos pueden diferenciarse solamente por medio de la sedimentación” (Minke, 2001, pág. 25). Este ensayo se encuentra especificado en detalle en la Norma ASTM D 422.

**b) Contenido de agua.**

La cantidad de agua en un suelo puede determinarse pesando la muestra con su contenido natural de agua, el siguiente paso es colocar en un horno a temperatura de hasta 105 °C. Si el peso se mantiene constante, el suelo está seco, la diferencia entre los dos pesos sobre el peso seco resulta el contenido de agua en porcentaje (Minke, 2001, pág. 25). Este ensayo se encuentra especificado en detalle en la Norma ASTM D 2216.

**c) Ensayos de campo.**

De Minke (2001, pág. 26)

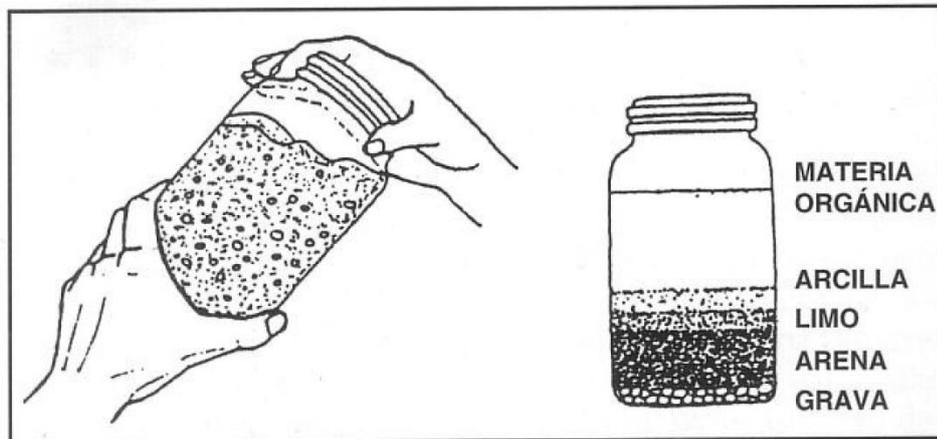
Los siguientes ensayos no son muy exactos pero pueden hacerse en el sitio en relativo corto tiempo y son a veces suficientemente exactos para estimar la composición del suelo y determinar si la mezcla es aceptable para una aplicación específica (Minke, 2001, pág. 26).

- Ensayo de olor: El suelo puro es inodoro, pero tienen olor a moho si contiene humus o materia orgánica en descomposición (Minke, 2001, pág. 26).
- Ensayo de lavado: Una muestra de suelo húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas mientras se secan, esto es indicativo de un suelo limoso. Si la muestra es pegajosa, haciendo necesario el uso de agua para lavarlas esto indica que el suelo es arcilloso (Minke, 2001, pág. 26).
- Ensayo del corte: Una muestra húmeda de suelo se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante

significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo (Minke, 2001, pág. 26).

- Ensayo de sedimentación: Se agita una muestra de suelo con agua en un frasco, las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas arriba. A partir de esta estratificación se puede estimar la proporción de componentes. Es una interpretación errónea asumir que la medida de cada capa corresponde a la proporción de arcilla, limo, arena y grava como mencionan algunos autores (Minke, 2001, pág. 26).

Figura N° 9 : Ensayo de sedimentación.

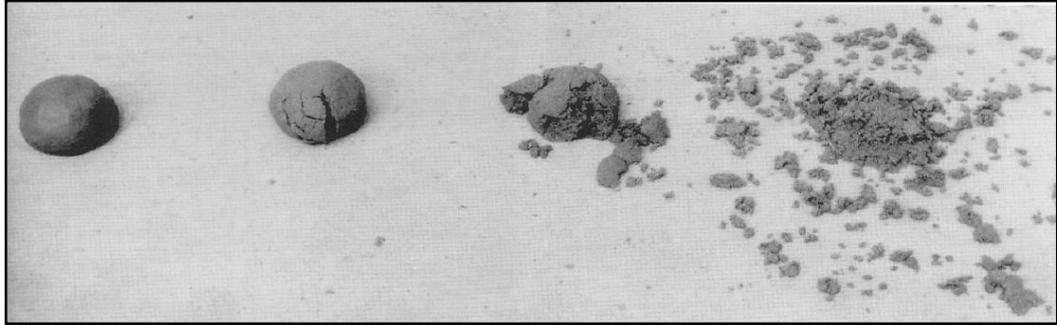


Fuente: *El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* (1994)

- Ensayo de caída de la bola: la mezcla a ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro. Cuando esta bola se deja caer desde una altura de 1.5 m sobre una superficie plana pueden ocurrir diferentes resultados como se muestra en la figura n° 10. Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, como en el ejemplo de la izquierda, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy elevado. Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Si el ensayo muestra una apariencia como la del ejemplo de la derecha entonces esta tiene un muy bajo contenido de arcilla. Su capacidad aglutinante es por lo general insuficiente y no puede ser utilizada como material de construcción. En el caso de la tercera muestra

a partir de la izquierda esta tiene una relativamente pobre capacidad aglutinante, pero usualmente una composición que le permite ser utilizada para adobes o suelo apisonado (Minke, 2001, pág. 26 y 27).

Figura N° 10: Bolas de barro luego del ensayo de la caída.



Fuente: *El suelo como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* (1994)

- Ensayo de consistencia: Se forma con suelo húmedo una bola de 2 a 3 cm de diámetro. Con esta bola se forma un rollo de 3mm de diámetro. Si el rollo se parte o desarrolla grandes fisuras antes de alcanzar 3mm de diámetro la mezcla deberá ser humedecida gradualmente hasta que el rollo se parta solamente cuando haya alcanzado un diámetro de 3mm. Con esta mezcla se forma una bola nuevamente. Si no es posible formarla entonces el contenido de arena es muy alto y el de arcilla muy bajo. Si la bola se puede deshacer entre los dedos pulgar e índice con mucha fuerza, el contenido de arcilla es alto y debe rebajarse añadiendo arena. Si la bola se deshace fácilmente entonces el suelo contiene poca arcilla (Minke, 2001, pág. 27).

#### **d) Clasificación general de Casagrande modificada**

De Bañon (2018, cap. 15, pág. 20-pag. 22)

Fue A. Casagrande quien en 1942 ideó este sistema genérico de clasificación de suelos, que fue empleado por el Cuerpo de Ingenieros del ejército de los EE.UU. para la construcción de pistas de aterrizaje durante la II Guerra Mundial.

Diez años más tarde, y vista la gran utilidad de este sistema en Ingeniería Civil, fue ligeramente modificado por el Bureau of Reclamation, naciendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); este sistema fue

adoptado por la ASTM (American Society of Testing Materials) como parte de sus métodos normalizados.

Dicha clasificación se vale de unos símbolos de grupo, consistentes en un prefijo que designa la composición del suelo y un sufijo que matiza sus propiedades. En el siguiente esquema se muestran dichos símbolos y su significación:

Tabla N° 8: Símbolos de grupo (SUCS)

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Manual de Carreteras (Bañón, 2018)

En función de estos símbolos, pueden establecerse diferentes combinaciones que definen uno y otro tipo de suelo:

Tabla N° 9: Tipología de suelos (SUCS)

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Manual de Carreteras (Bañón, 2018)

Como puede deducirse de la anterior tabla, existe una clara distinción entre tres grandes grupos de suelos:

(a) Suelos de araña grueso (G y S): Formados por gravas y arenas con menos del 50% de contenido en finos, empleando el tamiz 0.080 UNE (#200 ASTM).

(b) Suelos de grano fino (M y C): Formados por suelos con al menos un 50% de contenido en limos y arcillas.

(c) Suelos orgánicos (O, Pt): Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno de cimentación.

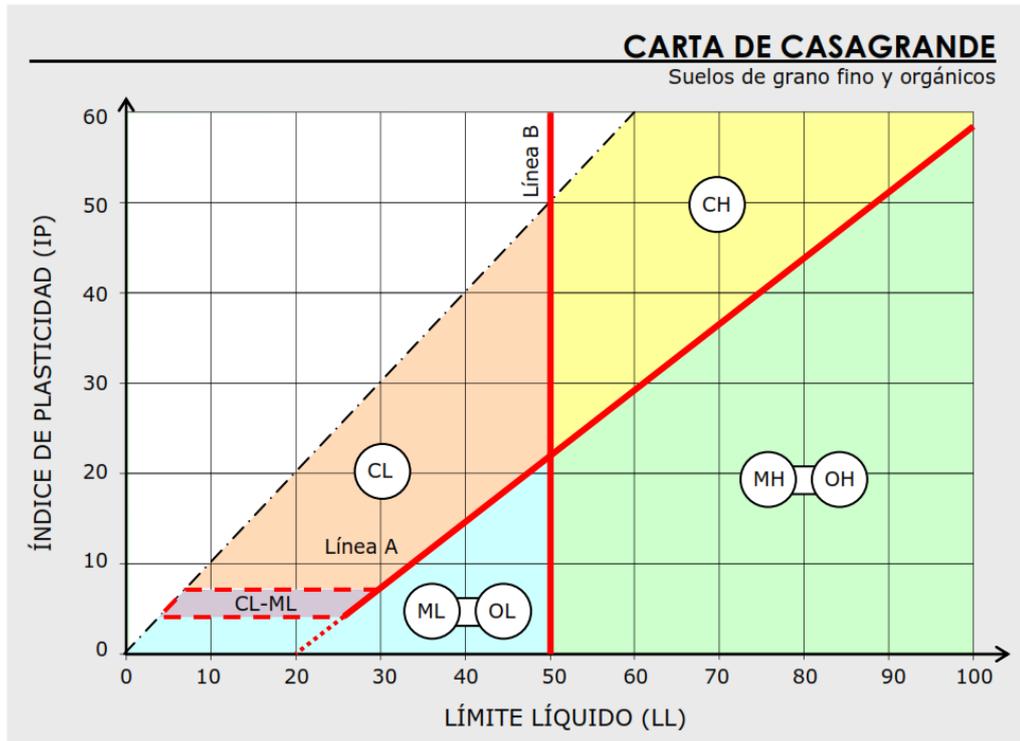
Asimismo, dentro de la tipología expuesta pueden existir casos intermedios, empleándose una doble nomenclatura; por ejemplo, una grava bien graduada que contenga entre un 5 y un 12% de Finos se clasificará como GW-GM.

Tras un estudio experimental de diferentes muestras de suelos de grano fino, Casagrande consigue ubicarlos en un diagrama que relaciona el límite líquido (LL) con el índice de plasticidad (IP). En este diagrama, conocido como la carta de Casagrande de los suelos cohesivos, destacan dos grandes líneas que actúan a modo de límites:

$$\text{Línea A: } IP = 0.73 \cdot (LL - 20)$$

$$\text{Línea B: } LL = 50$$

Figura N° 11: Carta de Casagrande para los suelos cohesivos

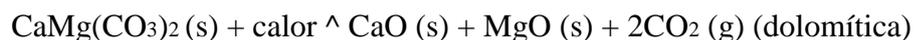


Fuente: Manual de Carreteras (Bañón, 2018)

#### 2.2.4.2. Cal.

“La cal (hidróxido cálcico o magnésico), es el endurecedor más empleado en la fabricación de los morteros tradicionales.” (Calderón, 2013, pág. 21)

“La cal es un término general que incluye formas físicas y químicas de diferentes variedades que pueden presentar los óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio” (Norma UNE 80-501-93).



La cal es un material con propiedades químicas muy específicas que varían en función de varios estados físicos que puede alcanzar al ser manipulada. Su origen está en las piedras calizas que son piedras de origen sedimentario que están compuestas mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) (TICRAT, 2008).

**a) Piedra caliza:**

Las piedras están compuestas básicamente por carbonato de calcio, aunque pueden tener varias impurezas. El carbonato de calcio es el compuesto de calcio más abundante en la naturaleza. El mármol, por ejemplo, es una roca que contiene como componente principal carbonato de calcio y lo mismo sucede con la piedra caliza. Esta última es la materia prima con la cual se prepara la cal viva (TICRAT, 2008).

“La piedra caliza se compone de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) e impurezas como arcillas, carbonato de magnesio, sílice, etc. Para que la cal sea de buena calidad y mantenga sus propiedades ligantes estas impurezas no deben de llegar al 5%” (TICRAT, 2008).

*Figura N° 12: Piedra Caliza*



*Fuente: TICRAT (2008).*

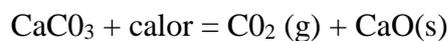
**b) La cal como material de construcción**

Los usos de la cal en el ámbito de la construcción son variados y de una gran versatilidad para dotar a los edificios de buena resistencia, de gran durabilidad y bella apariencia. La cal es incorporada en morteros para unir mampuestos, recubrir muros y cubiertas con aplanados, pintar y decorar superficies, impermeabilizar azoteas, mejorar rellenos, elaborar firmes en pisos, por mencionar los más conocidos (TICRAT, 2008).

c) **Ciclo de la cal.**

**1. Calcinación**

Proceso que consiste en la calcinación de las piedras calcáreas a elevadas temperaturas, va a estar influenciado principalmente por la naturaleza y tamaño de partículas de la piedra caliza de procedencia. En lo que se refiere a su naturaleza, la temperatura de calcinación varía con la composición química; para piedras calizas puras, la temperatura de calcinación se produce entre 800-1200 °C y para calizas que contienen impurezas o son dolomítica, entre 700-800 °C. En cuanto al tamaño de partículas, la calcinación es más rápida cuando se trata de partículas pequeñas (Boynton, 1984), ya que las partículas grandes requieren más tiempo para que la calcinación alcance su interior. Estos factores junto con el grado de calcinación que tiene lugar (Mullins y Hatfield, 1970) y la composición de los gases contenidos en el horno (Adamas et al., 1992), van a determinar algunas características del producto resultante (cal viva) como son la densidad, la porosidad, la reactividad y el tamaño de cristal. La calcinación de una calcita se produce según la reacción:



La calcinación es un proceso que incluye varias etapas (Oates T., 1991): transferencia de calor a la superficie de las partículas. El proceso de calentamientos conlleva varios puntos críticos en los cuales a los 110 °C se produce la pérdida de agua de cantera absorbida; a los 700 °C, la descomposición de las arcillas y entre los 800 y 1200 °C, la disociación por calentamiento del carbonato cálcico (y/o magnésico) que da lugar a la migración del CO<sub>2</sub> formado hacia la superficie de las partículas, mientras que el calor fluye y se difunde desde la superficie al interior (Ashurst J, 1990).

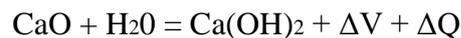
“Generalmente la cal viva es blanca con diferentes grados de intensidad; dependiendo de algunas impurezas químicas puede ser incluso grisácea o amarillenta. Su textura es cristalina, pero los agregados cristalinos varían en tamaño y cuando son microcristalinas le confieren aspecto de fases amorfas” (Calderón, 2013).

“La transformación del carbonato a óxido de calcio se ha completado cuando se produce el colapso de la estructura cristalina de la calcita” (Murray J. A., 1956).

## 2. Apagado o hidratación de la cal

Cuando la cal viva se pone en contacto con el agua se produce el fenómeno de hidratación. Al reaccionar el agua con los óxidos se lleva a cabo una fuerte reacción exotérmica, con la consiguiente liberación de calor, de aproximadamente 950 KJ/Kg (kilojoules/kilogramo), y una modificación del pH del agua de los poros de una alcalinidad de 12.6. También se produce un importante aumento de volumen; el aumento de volumen al transformarse el óxido de calcio en hidróxido cálcico es de un 90 % y para el hidróxido de magnesio de un 117 % (Chatterji S. , 1995) .

Durante el apagado se verifica la siguiente reacción:



$$\Delta V = 90\% \text{ y } \Delta Q = 950 \text{ Kj/Kg}$$

El apagado se puede efectuar por varios procedimientos (Goma F., 1979):

- Por simple extensión al aire, en cuyo caso se requieren varios meses y se origina una pérdida muy importante por carbonatación.
- Por inmersión en agua durante un espacio corto de tiempo.
- Por inmersión en agua realizada a pie de obra para pequeños volúmenes.
- Por aspersión de agua sobre la cal introducida dentro de fosos en capas de poco espesor, paralelas y cubiertas con arena para protegerla de la carbonatación.

Para poder utilizar la cal viva en la fabricación de morteros es necesario someterla a un proceso de apagado con agua. Durante el apagado se produce una reacción exotérmica que desprende calor y que puede llegar a los 70-80 °C. Tras el apagado se obtiene hidróxido cálcico (Ca(OH)<sub>2</sub>) llamada comúnmente cal apagada o cal muerta. Las partículas de la cal

viva se transforman entonces en cal hidratada en polvo o en forma de pasta, dependiendo de la cantidad de agua aportada (TICRAT, 2008).

### 3. Carbonatación

“La carbonatación o fraguado del mortero comprende el proceso de endurecimiento lento por secado y en la reacción irreversible con la atmósfera para formar carbonato cálcico” (Linch G., 1998).

El fraguado de la cal se debe a un proceso de secado, que se produce por absorción del dióxido de carbono del aire para formar carbonato de calcio. Es decir, El ciclo de la cal se cierra al convertirse el hidróxido de calcio en carbonato de calcio al recuperar el CO<sub>2</sub>; recupera su calidad pétreo, aunque, hay que señalar con una resistencia diferente (normalmente menor) a la que tenía en su estado natural (TICRAT, 2008).

Figura N° 13: El ciclo la de cal.



Fuente: Taller internacional de Conservación y Restauración de Arquitectura de tierra (TICRAT, 2008).

#### 4. Tipos de cales.

- Cal aérea:

Es el material aglomerante constituido fundamentalmente por óxido o hidróxido de calcio (y/o magnesio) y que tiene la propiedad de endurecerse, después de amasado con agua y expuestos al aire por la acción del anhídrido carbónico. Se obtiene a partir de calizas muy puras. Su endurecimiento es muy lento (años a siglos) y produce gran retracción de volumen en los morteros fabricados con este material (Calderón, 2013).

Se clasifican, según la norma UNE 80- 501-93, atendiendo a su composición química y su contenido en agua (Tabla 7).

De acuerdo con su composición química:

Cal grasa: Es la cal aérea que contiene, como máximo un 5% de óxido magnésico (Cal aérea tipo I). La caliza de procedencia debe ser muy pura (90% CaO). Se emplea en revocos, blanqueos, acabados y morteros de albañilería.

Cal dolomítica o magra (cal gris): Es la cal aérea que contiene más del 5% de óxido magnésico sobre muestra calcinada (Cal aérea tipo II). Además, la suma de óxidos de calcio y magnesio es de alrededor el 60 % como máximo. Se suele utilizar en trabajos toscos y en morteros para asentar fábricas.

Según su contenido en agua:

Cal en polvo: Es la cal apagada en la que el agua añadida durante su hidratación, es la indispensable para formar el hidróxido. Ofrece un aspecto pulverulento.

Cal en pasta: Es la cal apagada a la que se ha añadido, durante su hidratación, un exceso de agua sobre la cantidad indispensable para formar el hidróxido. Ofrece un aspecto exterior pastoso. Se le añade agua hasta obtener la consistencia deseada. Se puede obtener de dos formas, una de

ellas apagando la cal viva con un exceso de agua y la segunda como una mezcla de cal ya previamente apagada y agua.

Tabla N° 10: Composición de las de cales aéreas sobre muestra calcinada (UNE 83-501-93).

	CAL AÉREA TIPO I	CAL AÉREA TIPO II
(CaO + MgO) %	90	60
CO <sub>2</sub> %	5	5

Fuente: Morteros de cal. Aplicación en el Patrimonio Histórico.

- Cal hidráulica (Calderón, 2013):.

Es el material aglomerante, pulverulento e hidratado, que se obtiene calcinando calizas a elevada temperatura (1000-1300 °C) que contienen impurezas de hasta un 20% (sílice y alúmina), o también mezclando caliza pura molida y arcillas y sometiénolas a una temperatura casi de fusión, para que se forme el óxido cálcico libre necesario para permitir su hidratación y, al mismo tiempo, se origine cierta cantidad de silicatos de calcio deshidratado que confieren a sus compuestos propiedades hidráulicas. Estas cales, después de amasadas con agua, se endurecen en el aire, y también en agua, siendo esta última propiedad la que las caracteriza:

Cal hidráulica de bajo contenido de magnesia: Es la cal hidráulica cuyo contenido de óxido magnésico, sobre la muestra calcinada no excede del 5%,

Cal hidráulica de alto contenido de magnesia: Es la cal hidráulica en la que el contenido de óxido magnésico sobre muestra calcinada, es superior al 5%.

Los procesos físico-químicos (Ciclo de la cal) de la cal hidráulica son los mismos que los ya comentados para la cal aérea, aunque las reacciones químicas que tienen lugar durante la calcinación son mucho más complejas. A temperaturas alrededor de 900°, se forman compuestos puzolánicos por descomposición de los carbonatos y reacción con los compuestos arcillosos. A los 1000° se forman silicatos y aluminatos

cálcicos, y el clinker, que es un material inactivo hasta que se tritura finamente y se mezcla con agua.

El cemento “Romano”, es un aglomerante hidráulico obtenido mediante la molienda fina de margas calcáreas o magnesianas que contiene más del 20 % de arcillas, cocidas hasta temperaturas alrededor de 900°C. Tiene la propiedad de endurecer y conservar la resistencia en el agua.

**d) Proceso de fabricación de la cal (Saavedra, 2013) .**

Cinco etapas secuenciales intervienen en la fabricación de la cal: Extracción de la Materia Prima, Trituración, Calcinación, Hidratación y Envase. Los hornos de calcinación tipo regenerativos de la energía, optimizan esa importante fase y además, garantizan una producción continua en calidad y volumen para satisfacer las necesidades de cualquier volumen, calidad y costo en cada tipo de aplicación donde el Óxido de Calcio (cal viva) y la Cal Hidratada son los dos productos básicos.

1. Extracción. Se retira material vegetal, procediendo a perforar según el plan de minado diseñado, cargando después los explosivos para el tumbado, se carga el material ya fragmentado y se transporta al sistema triturador.

2. Trituración. Los fragmentos de roca se reducen de tamaño tamizándolos, ya homogéneos, se transportan mediante bandas hacia los hornos; para rotatorios se requieren tamaños pequeños.

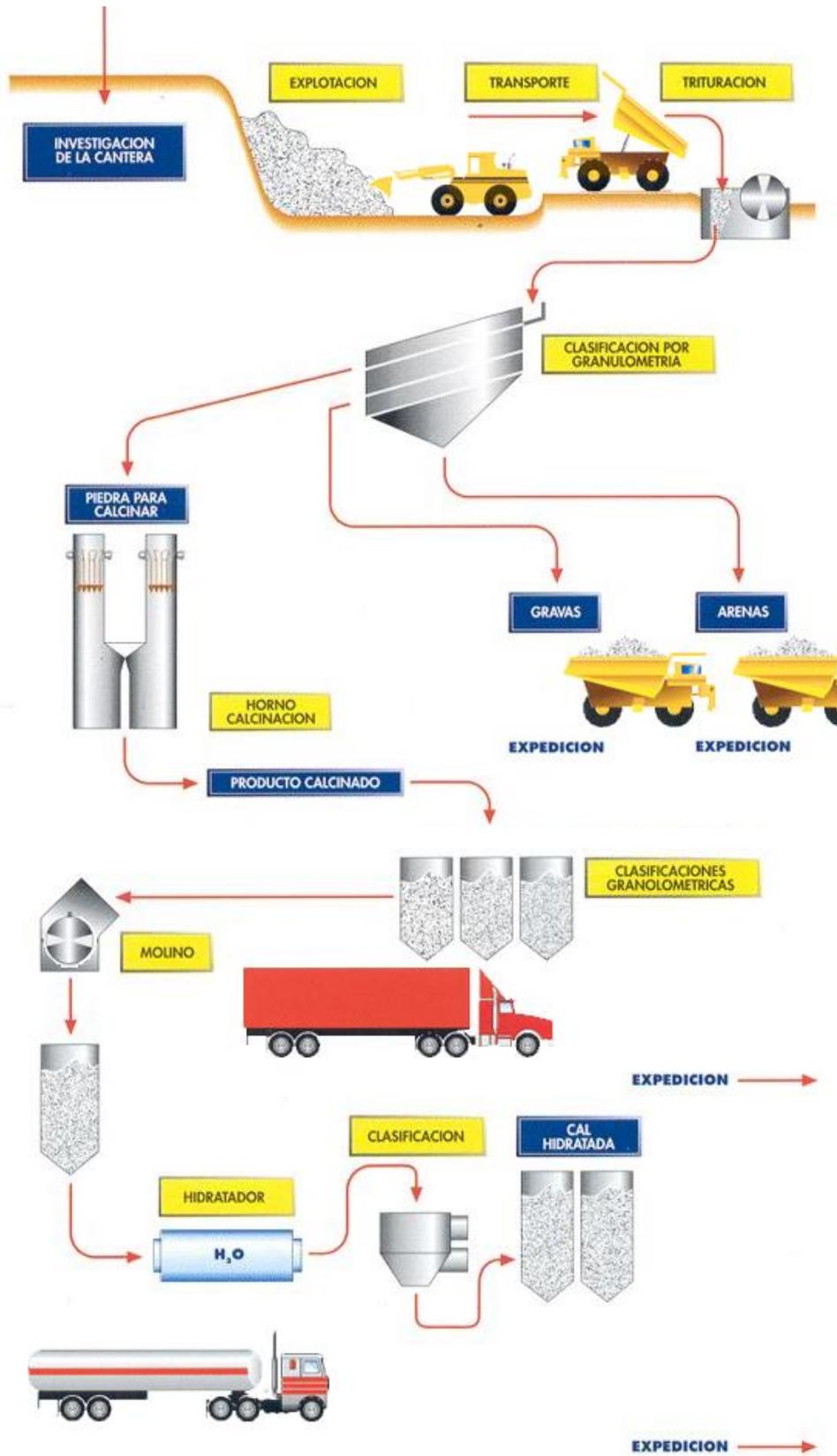
3. Calcinación. La cal se produce por cocción de las rocas calizas o dolomitas mediante flujos de aire caliente que circula en los huecos o poros de los fragmentos rocosos; las rocas pierden dióxido de carbono produciéndose el óxido de calcio.

Debido al tamaño y forma homogénea de los fragmentos, la cocción ocurre de la periferia hasta el centro quedando perfectamente calcinada la roca.

4. Enfriamiento. Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como aire secundario.

5. Inspección. El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.
6. Cribado. Se somete a cribado separando a la cal viva en trozo y segmentos de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.
7. Trituración y pulverización. Este paso se realiza con el objeto de reducir más el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación.
8. Hidratación. Consiste en agregar agua a la cal viva para obtener la cal hidratada. A la cal viva dolomítica y alta en calcio se le agrega agua y es sometida a un separador de residuos para obtener cal hidratada normal dolomítica y alta en calcio. Únicamente la cal viva dolomítica pasa por un hidratador a presión y posteriormente a molienda para obtener cal dolomítica hidratada a presión.
9. Envase y embarque. La cal es llevada a una tolva de envase e introducida en sacos y transportada a través de bandas hasta el medio de transporte que la llevará al cliente.

Figura N° 14: Proceso de fabricación de la cal.



Fuente: La cal, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería.

### 2.2.4.3. Agua.

El agua activa las fuerzas aglutinantes del suelo. Además del agua libre, existen 3 tipos diferentes de agua en el suelo: agua de cristalización (agua estructural), agua absorbida y agua capilar (agua de poros). El agua de cristalización está químicamente enlazada y se puede distinguir solo si el suelo es calentado desde 400 °C a 900 °C. El agua de absorción está eléctricamente enlazada a los minerales de la arcilla. El agua capilar es agua que entra en los poros de materiales por acción capilar. El agua absorbida y la capilar se desprenden del material cuando se calienta la mezcla a 105 °C. Si se humedece arcilla seca, esta se expande ya que el agua se desliza entre las estructuras laminares, recubriendo las láminas con una fina película de agua. Si esta agua se evapora la distancia inter laminar se reduce y las láminas se acomodan paralelamente debido a sus fuerzas de atracción eléctricas. Así la arcilla obtiene una fuerza aglutinante, si está en estado plástico y obtiene resistencia a la compresión luego del secado. (Minke, 2001, pág. 24).

Según la norma E.080 (MVCS, 2017) el agua debe cumplir las características siguientes:

- Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
- El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión.

El agua constituye un elemento indispensable en la elaboración del mortero y/o del adobe. Debe ser limpia y sin partículas contaminantes (disueltas o en suspensión). Si se emplean aguas de río, pantanos, de mar, deben ser analizadas previamente para determinar sus contenidos en impurezas y sales (Calderón, 2013).

#### 2.2.4.4. Paja ichu.

Ichal (del quechua ichu, nombre indígena de la planta en cuestión). Formación de gramíneas de las punas y otros niveles altos de montaña, en que domina la gramínea *Stipa ichu*. El término procede del Perú y Bolivia, y el tipo de vegetación abarca también las alturas andinas del norte de Chile y noroeste de la Argentina. (Font, 1982, pág. 609).

La Norma Peruana E.080 (MVCS, 2017) en el capítulo IV (Construcción de edificaciones de adobe estabilizado), señala:

- Con el control de fisuras mediante la adición de paja, se controla el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado con paja o fibras similares.
- En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa.

“La paja, una vez seca, se pica en trozos de entre 5 cm a 10 cm de largo y se guarda en bolsas, quedando lista para agregar durante el batido” (Neves & Borges, 2011, pág. 20).

“Durante el proceso de mezclado, se añade paja a la mezcla, aproximadamente en un 20 % en volumen, para controlar las fisuras” (Igarashi, 2009, pág. 19).

#### 2.2.5. Elaboración de adobes estabilizados con Cal Apagada.

La Norma Peruana E.080 (MVCS, 2006) en el artículo 4, sección 4.1 señala: La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

La tierra que se utiliza para fabricar adobes tradicionales puede estar formada por un 25 a 45% de limos y arcilla y el resto de arena. La proporción máxima de arcilla recomendada es del 15 al 17%. La tierra no

debe contener materia vegetal por lo que se recomienda no usar los 60cm de suelo próximos a la superficie. (Calderón, 2013, pág. 21)

“El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad” (MVCS, 2006).

#### **2.2.5.1. Geometría del adobe.**

De la NTP E.080 (MVCS, 2017):

- El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.
- El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.
- El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

#### **2.2.5.2. Elaboración de Mezcla.**

De la NTP E.080 (MVCS, 2006):

1. “Remojar el suelo y retirar las piedras mayores a 5 mm y otros elementos extraños.
2. Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.
3. Secar los adobes bajo sombra”.

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas lo cual facilitará mezclado. Agregar al barro la cantidad de agua recesaría y realizar el mezclado con lampas y rastrillos o con los pies pisando y caminando enérgicamente. Agregar a la mezcla materias inertes compuestas de fibras de paja o pasto seco con una proporción del 20% en volumen (Morales et. al, 1993).

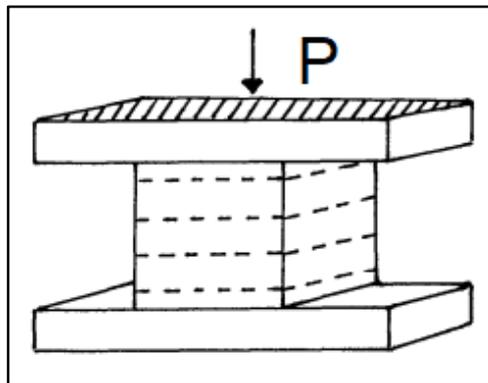
### 2.2.6. Ensayos mecánicos.

La Norma E0.80 (MVCS, 2006) señala los siguientes ensayos para obtener la resistencia a compresión del adobe:

#### Resistencia a la Compresión de la Unidad

- La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.
- El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última ( $f_0$ ) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.
- Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de  $f_0$  mínimo aceptable de 12 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

Figura N° 15: Ensayo a compresión de la unidad de adobe



Fuente: Norma E.080, Adobe (MVCS, 2006).

#### Resistencia a la Compresión de la Albañilería

La resistencia a la compresión de la albañilería podrá determinarse por:

- a) Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra.

- Las pilas estarán compuestas por el número entero de adobes necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura / espesor) del orden de aproximadamente tres (3), debiéndose tener especial cuidado en mantener su verticalidad.
- El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 16.
- El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).
- Mediante estos ensayos se obtiene el esfuerzo último  $f'_m$  en compresión de la pila, considerándose aquel valor que sobrepasa en 2 de las 3 pilas ensayadas.
- Es esfuerzo admisible a compresión del muro ( $f_m$ ) se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0,25 f'_m \quad (3)$$

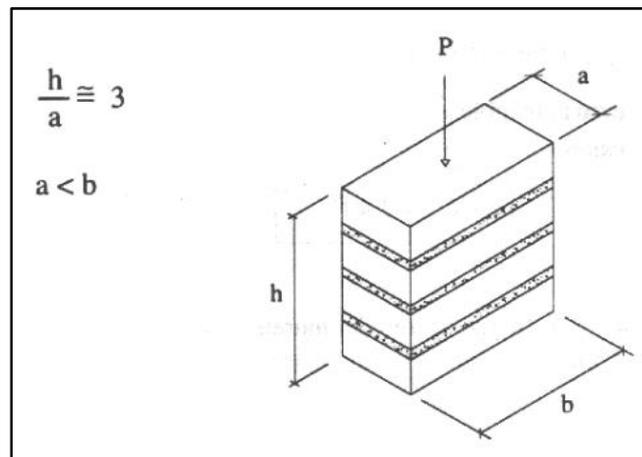
Donde:

$f'_m$  = esfuerzo de compresión último de la pila

- b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$$f_m = 2,0 \text{ kg/cm}^2$$

Figura N° 16: Ensayo de compresión Axial



Fuente: Norma E.080, Adobe (MVCS, 2006).

### Esfuerzo Admisible de Compresión por Aplastamiento

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será:  $1,25 f'_m$

### Resistencia al Corte de la Albañilería

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

- a) Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.
  - La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 17.
  - Se ensayarán un mínimo de tres (3) especímenes.
  - El esfuerzo admisible al corte del muro ( $V_m$ ) se obtendrá con la expresión:

$$V_m = 0,4 f'_t \quad (4)$$

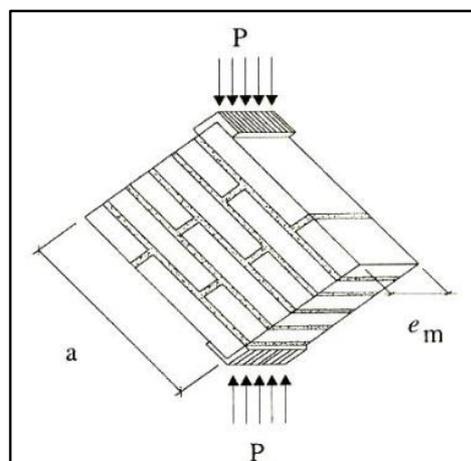
$f'_t$  = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

- b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$$V_m = 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

Figura N° 17: Ensayo de compresión Diagonal



Fuente: Norma E.080, Adobe (MVCS, 2006).

De manera similar la Norma E0.80 (MVCS, 2017) señala los siguientes ensayos para obtener la resistencia a compresión del adobe:

Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
- La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente:  $f_0 = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
- Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la compresión, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
  - La resistencia última es de  $0.6 \text{ MPa} = 6.12 \text{ kgf/cm}^2$ .
  - El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
  - Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la tracción indirecta, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia última es de  $0.025 \text{ MPa} = 0.25 \text{ kgf/cm}^2$ .
- El ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta de muretes de adobe o tapial de aproximadamente 0,65 m. x 0.65 m. x em.
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

### 2.2.7. Economía del adobe.

Para algunos expertos la creciente necesidad de hábitat en estos últimos años solo se puede encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción, puesto que no pueden ser resueltos empleando materiales industriales debido a la falta de capacidad de producción y los medios económicos requeridos (AMAZÚ, 2017).

Permite construir viviendas de bajo costo y con menor impacto ambiental, al utilizar recursos accesibles y propios de la zona, generando que la mayoría de los materiales e insumos requeridos para el proceso constructivo se puedan elaborar en el lugar de la obra. (MVCS, 2010, pág. 6)

Como cualquier otra técnica constructiva, el adobe presenta ventajas. Las principales ventajas son: (Neves & Borges, 2011, pág. 17)

- Fácil de fabricar, secar y apilar.
- Material con capacidad aislante importante por su porosidad.
- Permite diversidad de formas y tamaños.
- Es reciclable en un 100%.
- Requiere mano de obra común y el equipamiento artesanal es muy económico.
- Se puede usar para construir muros, arcos, bóvedas y cúpulas.
- Hay abundancia de la materia prima.

#### 2.2.7.1. Factores que influyen en la economía

Para la presente se investigación se ha considerado los siguientes factores:

- Contenido de arena en la tierra o suelo utilizado.
- Costo de la cal y transporte.
- Sobredimensionamiento de las dimensiones del adobe.
- Fabricación de los moldes.
- Mano de obra en caso de que se contrate al personal.

### 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- 1) **Aditivos naturales.** Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido. Norma Técnica E 0.80 (MVCS, 2017).
- 2) **Adobe.** Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. Norma Técnica E 0.80 (MVCS, 2017).
- 3) **Adobe Estabilizado.** Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. Norma Técnica E 0.80 (MVCS, 2006).
- 4) **Adobe (Técnica).** Técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 5) **Arcilla.** Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm). Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 6) **Arena fina.** Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 7) **Arena gruesa.** Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).

- 8) Colapso.** Derrumbe súbito de muros o techos. Puede ser un derrumbe parcial o total.
- 9) Dormido.** Proceso de humedecimiento de la tierra ya zarandeada (cernida o tamizada para eliminar piedras y terrones), durante dos o más días, para activar la mayor cantidad de partículas de arcilla, antes de ser amasada con o sin paja para hacer adobes o morteros.
- 10) Limo.** Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 11) Mortero.** Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílagos de cactus, y otros comprobados). Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 12) Muro.** Es un muro arriostrado cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 13) Prueba de campo.** Ensayo realizado sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos comprobados en laboratorio a través de métodos rigurosos, que permite tomar decisiones de selección de canteras y dosificaciones. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 14) Prueba de laboratorio.** Ensayo de laboratorio que permite conocer las características mecánicas de la tierra, para diseñar y tomar decisiones de ingeniería. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 15) Resistencia a la compresión.** - Resistencia a la compresión de elementos de construcción secos hechos de tierra compactada difiere generalmente de 5 a 50 kg/cm<sup>2</sup>. (Minke, 2001, pág. 40)
- 16) Secado.** Proceso de evaporación del agua que existe en la tierra húmeda. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la arcilla y barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción es muy rápida, se producen fisuras.

- 17) Tapial (Técnica).** Técnica de construcción que utiliza tierra húmeda vertida en moldes (tableros) firmes, para ser compactada por capas utilizando mazos o pisonos de madera. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 18) Técnica mixta.** Utiliza además de la tierra uno o más materiales de construcción. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 19) Tierra.** Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).
- 20) Viga collar.** Componente estructural de uso obligatorio, que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal. Norma Técnica E0.80 (MVCS, 2017).

### **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

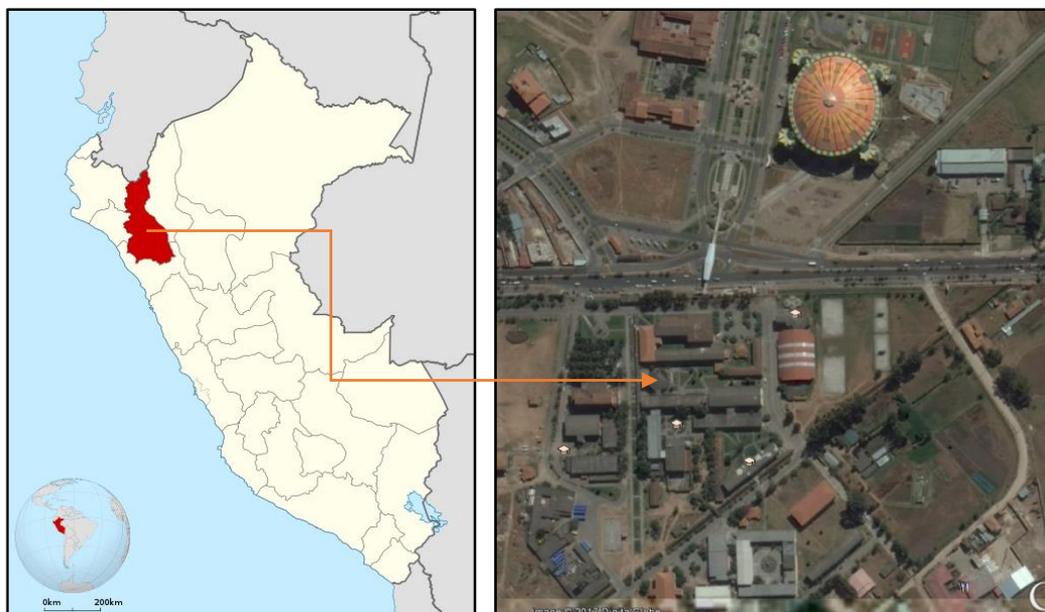
En este capítulo se realizó una ubicación del trabajo de investigación tanto temporal como geográfica. Además, se identificaron los diferentes recursos, equipos y herramientas, y se explicó la metodología a seguir para desarrollar el trabajo experimental de laboratorio, con este fin, se establecieron parámetros fijos y parámetros variables que permitieron llevar un procedimiento de manera ordenada; indicando para cada caso el tratamiento y tipo de análisis de los datos y la forma en que se presentaron los resultados respectivos.

#### **3.1. Ubicación geográfica o espacial de la investigación.**

Esta investigación fue realizada tanto en la Universidad Nacional de Cajamarca, así como en la cantera adobera Cruz Blanca.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), la cual se encuentra ubicada en la Av. Atahualpa N° 1050, en la ciudad de Cajamarca, Norte del Perú. Con coordenadas UTM: 9 206 975-N y 776618-E y una altitud de 2687 msnm.

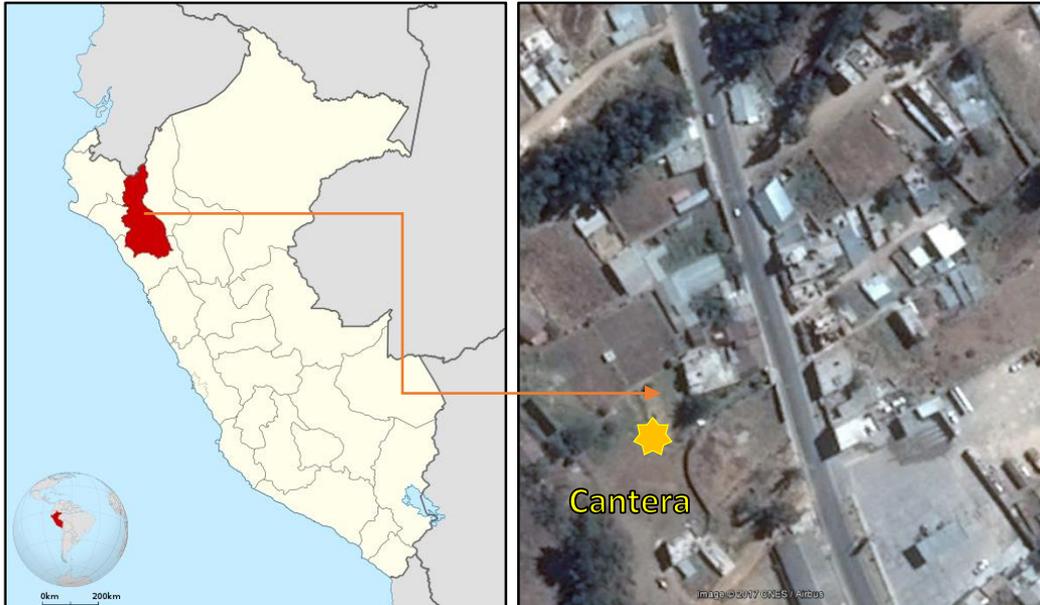
*Figura N° 18: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.*



*Fuente: Google Earth (2017)*

En la cantera adobera Cruz Blanca, la cual se encuentra ubicada en la Av. Independencia N° 1860 barrio Cruz Blanca, en la ciudad de Cajamarca, Norte del Perú. Con coordenadas UTM: 9 204 810-N y 774 715-E y una altitud de 2840 msnm.

Figura N° 19: Ubicación geográfica del lugar donde se desarrolló la investigación.



Fuente: Google Earth (2017)

### 3.2. Ubicación temporal de la investigación.

El estudio se desarrolló en el periodo comprendido entre los meses de diciembre del 2016 y septiembre del 2018.

### 3.3. Recursos, equipos y herramientas utilizados en la investigación.

- **Recursos Humanos:**
  - Tesista: Bach. Ing. Altamirano Carrasco Oscar Virgilio.
  - Asesor: Mag. Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza.
  - Otros colaboradores.
- **Recursos Materiales:**
  - Suelo (arena, arcilla y limo).
  - Cal apagada (Empresa Minera El Progreso S.R.L.-Bambamarca).
  - Agua Potable.
  - Ichu o paja.
  - Yeso.

- Champú, como antiadherente, para ayudar el desencofrado del adobe de los moldes.
- **Maquinaria Utilizada:**
  - Máquina de compresión universal.
  - Máquina de tracción universal.
  - Pórtico de compresión.
  - Movilidad para el transporte de los especímenes y otros equipos, materiales, herramientas y personal.
- **Equipo Utilizado:**
  - Botas, guantes, mascarillas.
  - Balanza digital.
  - Posas de plástico para dormir el suelo.
  - Adoberas de madera de pino de diferente dimensión
  - Computadora, cámara fotográfica.
  - Deformímetro (micrómetro).
  - Vernier.
  - Equipo metálico de traslado de especímenes de adobe.
- **Herramientas Utilizadas:**
  - Herramientas manuales.
  - Espátula, badilejos, machete, palanas, picos, carretilla.
  - Baldes graduados, jarras graduadas, tinas.
  - plásticos, cartones.

### 3.4. Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación.

A continuación, se exhibe la matriz de consistencia de la investigación. El fin es tener una adecuada coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, los objetivos, las hipótesis, las variables, el tipo, método, diseño de investigación la población y la muestra de estudio. Luego se desarrolló y determinó cada uno de los parámetros.

- **Geometría de los especímenes de adobe.**

Se elaboraron cuatro moldes (adoberas) de madera de pino M1, M2, M3 y M4. Las dimensiones (medidas internas) han sido tomadas siguiendo las recomendaciones de la Norma E.080 (MVCS, 2006). A continuación, se detallan las medidas de cada uno de ellos para cada ensayo:

Tabla N° 11: Dimensiones del molde M1 para determinar la resistencia a compresión de la unidad.

Molde (Adobera)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
M1	10.00	10.00	10.00	1000.00

Nota: Dimensiones de acuerdo con el acápite 2.2.6, se ha tomado un cubo de 0.10 m de arista.

Tabla N° 12 : Dimensiones del molde M2 para determinar la resistencia a compresión de la albañilería.

Molde (Adobera)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
M2	46.00	15.500	10.00	7130.00

Tabla N° 13: Dimensiones del murete de albañilería para determinar la resistencia a compresión de la albañilería.

Murete albañilería	h (cm)	$h/a$	*a (cm)	b (cm)
	46.00	15.33	15.50	46.00

Nota: Dimensiones de acuerdo con el acápite 2.2.6. Se debe cumplir las relaciones  $h/a \approx 3$  y  $a < b$ , siendo h altura total de la pila, a ancho, y b largo del murete, este murete está conformado por 04 adobes, con un espesor unitario de 10 cm, el espesor del mortero horizontal es de 2 cm.

Nota: \*a, es el ancho elegido para el molde M2.

Tabla N° 14: Dimensiones del molde M3 y M4 para determinar la resistencia al corte de la albañilería.

Molde (Adobera)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
M3	40.00	20.00	10.00	8000.00
M4	28.00	20.00	10.00	5600.00

Tabla N° 15: Dimensiones del murete para determinar la resistencia al corte de la albañilería.

Murete compresión diagonal	a (cm)	$e_m$ (cm)
	70.00	20.00

Nota: Dimensiones de acuerdo con el acápite 2.2.6. Para el ensayo de compresión diagonal se hicieron dos moldes (M3 y M4) que conforman una fila del murete, en total este posee seis filas y es de forma cuadrada. La altura de los especímenes de adobe es de 10 cm, y el espesor del mortero horizontal y vertical es de 2 cm.

- **Fabricación de adobes**

La fabricación de adobes se hizo de la forma tradicional, similar al proceso que se realiza en la ciudad de Cajamarca. La mano de obra fueron dos trabajadores (un maestro y un peón) que tienen experiencia en la elaboración y construcción de viviendas de adobe.

Para la mezcla del adobe convencional se tomó como base el peso seco del suelo, más paja en proporción del 1 % (del peso seco del suelo) y más agua, esta añadida hasta que la mezcla sea trabajable.

Para la mezcla del adobe estabilizado se tomó como base el peso seco del suelo, luego, luego se hizo el reemplazo del suelo seco por cal apagada en porcentajes de 6 %, 12 % y 18 %. Se procedió a mezclar el suelo con la cal de manera homogénea, a esta mezcla (suelo - cal) se le añade paja en proporción del 1 % (del peso seco del suelo) y agua, esta añadida hasta que la mezcla sea trabajable.

La trabajabilidad es definida por los trabajadores que tienen experiencia en la construcción de viviendas de adobe con la supervisión del tesista. Se debe señalar que a mayor porcentaje de cal aumenta la cantidad de agua que se añade a la mezcla para que esta no pierda su trabajabilidad.

Se adaptó el terreno (tendal) donde se elaboró los adobes, para lo cual se procedió a su limpieza y nivelación, además se protegió del sol y del viento, para ello se hizo cubiertas con postes, cordel y plásticos, para tener un secado lento.

**a) Fabricación de los adobes convencionales**

- **Procedimiento**

Para la elaboración de los adobes convencionales se siguen los siguientes pasos:

1. Se procede a extraer la tierra de la cantera y cortar la paja (dimensión de 4 cm a 6 cm).
2. Se cierne el suelo en una malla de 0.5 pulgadas, para eliminar piedras y terrones.
3. Luego se procede a dormir la tierra, durante 48 horas, con la finalidad de activar las partículas de arcilla.
4. Posteriormente los trabajadores baten al barro añadiendo paja de manera homogénea al volumen de la mezcla y agua hasta que esta sea trabajable. La mezcla final debe tener una consistencia semiplástica sin acumulaciones o exceso de paja.
5. Se lavan los moldes (adoberas), y se les pasa a sus caras internas un trapo húmedo con champú para evitar que el barro se pegue en las paredes de la adobera. Este paso es repetitivo.
6. Se toma una porción de barro con ambas manos haciendo una masa de forma esférica y se arroja con fuerza a la adobera buscando una auto compactación, así hasta llenar el espacio interno del molde. Se le aplica una fuerza con el puño a lo largo de la superficie superior para aumentar su densidad, posteriormente se le enraza con una tabla para lograr una superficie lisa. Este paso es repetitivo.
7. Para el desmoldaje en el tendal, se levanta la adobera con ambas manos de las asas, sacudiendo levemente con cuidado para que el adobe baje y salga del molde. Este paso es repetitivo.
8. Se repiten los pasos N° 5, N° 6, N° 7 de manera secuencial, hasta terminar de hacer todos los adobes convencionales para hallar las resistencias a compresión de las unidades, de las pilas de albañilerías y de los muretes a compresión diagonal.
9. Secado de los adobes en la posición de desmoldado por un periodo de 16 días, posteriormente estos se pusieron de canto por dos semanas más. Cumpliendo con el periodo mínimo de 30 días de secado estipulado en la norma E.080 (MVCS, 2006).
10. Una vez secos los adobes estos se señalan con plumón indeleble para identificarlos. Al adobe convencional se le dará un código “A<sub>n</sub>”.
11. Traslado de los adobes convencionales desde la cantera adobera Cruz Blanca hacia el laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de

Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, para la elaboración de especímenes (pilas y muretes) y luego ensayarlas con las unidades de adobe sometidas a compresión.

12. Elaboración de 04 pilas de adobe. Se humedeció previamente las caras donde iba a pegar el mortero horizontal.
13. Elaboración de 04 muretes para el ensayo a compresión diagonal de adobe a cargo de un maestro y bajo la supervisión del tesista. Se humedeció previamente las caras donde iba a pegar el mortero horizontal y vertical.

**b) Fabricación de los adobes estabilizados con cal apagada.**

- **Procedimiento**

Para la elaboración de los adobes estabilizados con cal apagada se siguen los siguientes pasos:

14. Se transporta la cal apagada desde la Empresa Minera el Progreso S.R.L. (distrito de Bambamarca) hasta la cantera adobera Cruz Blanca (Ciudad de Cajamarca)
15. Se repiten los pasos N°1, N°2, N°3.
16. Después de dormido el barro (paso N.° 03) se seca nuevamente al sol el suelo, luego de ello se procede a espolvorear la tierra.
17. Se hace la mezcla suelo cal con el uso de palanas, esta debe tener una forma homogénea de mezclado en todo su volumen.
18. A esta mezcla suelo-cal los trabajadores añaden paja en todo el volumen de la mezcla y agua hasta que esta sea trabajable. La mezcla final debe tener una consistencia semiplástica sin acumulaciones o exceso de paja.
19. Se repiten los pasos N.° 05, N.° 06, N.° 07 de manera secuencial hasta terminar de hacer todos los adobes estabilizados con cal apagada.
20. Se repite el paso N.° 09.
21. Una vez secos los adobes estabilizados estos se señalan con plumón indeleble para identificarlos. Al adobe estabilizado con cal apagada se le dará un código:

Tabla N° 16: Código de Adobes Estabilizados

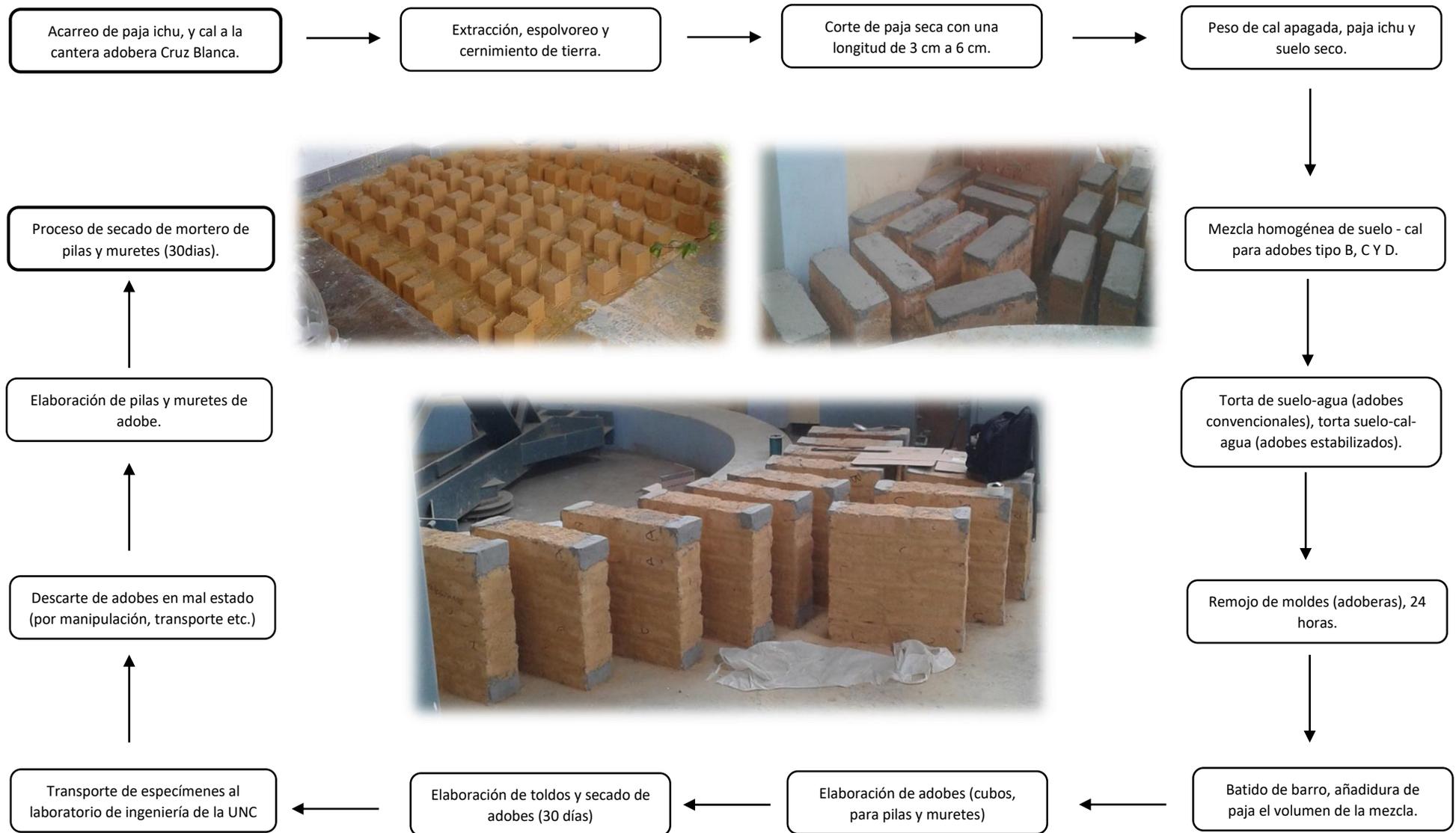
Código Adobe Estabilizado	Porcentaje de Cal Apagada
B <sub>n</sub>	6%
C <sub>n</sub>	12%
E <sub>n</sub>	18%

22. Se repiten los pasos N.º 11, N.º 12, N.º 13, en este caso usando los adobes estabilizados.

**Notas:**

- Las pilas y muretes de adobe (convencional y estabilizado) fueron hechas por personal calificado (maestro y peón) con experiencia en construcción en viviendas de adobe y bajo la supervisión del tesista, verificando verticalidad con plomada y su horizontalidad con nivel.
- Los morteros usados en la elaboración de las pilas y muretes horizontal y vertical poseen las mismas características de mezcla de los adobes convencionales y estabilizados, estos tuvieron un espesor final de 2 cm a los 30 días de secado bajo techo.
- Se consideró un porcentaje de desperdicios para adobes (convencionales y estabilizados) del 25 %, que presentaron un mal estado, o fisuras debido a su traslado o mala manipulación de estos.

Figura N° 20: Secuencia de la elaboración de especímenes de adobe convencional y estabilizado.



- **Elaboración de especímenes para compresión.**

Los ensayos para determinar la resistencia mecánica a compresión de la unidad, de las pilas de adobes, de los muretes (ensayo a compresión diagonal) se rigen a lo estipulado en la norma E.080 (MVCS, 2006), las dimensiones de los especímenes de adobe, los valores de las resistencias mecánicas, y el proceso están detallados en el acápite 2.2.6 (ensayos mecánicos).

La elaboración de los adobes se ha hecho de la forma tradicional, tanto para los adobes convencionales y los estabilizados, estos han sido elaborados directamente en la cantera adobera Cruz Blanca, allí el proceso de secado ha sido de 30 días protegidos del sol y del viento. Luego estos especímenes se han trasladado al laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca para elaborar en laboratorio las pilas y muretes. Para mayor detalle ver el acápite 3.4. (Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación).

- **PARÁMETROS FIJOS.**

**Cantera:** Los especímenes fueron elaborados en la cantera adobera Cruz Blanca, Av. Independencia N° 1860, caserío Chinchimarca, ciudad de Cajamarca con coordenadas UTM: 9 204 814-N y 774 719-E.

**Cal apagada:** Proveniente del distrito de Bambamarca, de la Empresa Minera El Progreso S.R.L.

**Agua:** Agua potable de la ciudad de Cajamarca.

**Paja o ichu:** Proveniente del caserío de Choropunta distrito de Cajamarca, el periodo de secado de esta es de un mes bajo techo.

**Clasificación del suelo:** El suelo es Areno Limoso (SM) - clasificación SUCS (Ver anexos).

- \*Nota: Inicialmente se tomó la clasificación hecha por el ingeniero Cachi, este señala: El material retenido en la malla N°200 es de 63.87%, y lo que pasa es de 36.13% lo que hace que sea un suelo de grano o fracción gruesa. Analizando el suelo con respecto a la malla N°4 el 63.87% pasa, por lo que el suelo se le cataloga como una arena. Más de 12% pasa la malla N° 200 los límites de Atterberg se grafica arriba de la línea A y su índice de plasticidad mayor que 7. Según la clasificación S.U.C.S el suelo estudiado es Arena Arcillosa (SC) (Cachi, 2016).

**Laboratorio de materiales:** Los ensayos de resistencia a compresión (cubos, pilas, y muretes) se realizarán en el Laboratorio de Ensayo de Materiales Carlos Esparza Díaz, Los ensayos de clasificación de suelos se desarrollaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca

**Resistencias a la compresión en estudio:** Se tomara como base los valores de las resistencias estipuladas en la Norma E.080 (MVCS, 2006), ver acápite 2.2.6 (Ensayos mecánicos).

**Dosificación de la cal apagada:** La cal apagada representa el 6%, 12%, 18 % del peso del suelo seco.

- **PARÁMETROS VARIABLES.**

Temperatura y humedad relativa del ambiente, viento y lluvia.

- **UNIDADES DE ESTUDIO.**

Se han elaborado especímenes para el adobe convencional y para el adobe estabilizado con cal apagada (6%, 12 %, 18% con respecto al peso seco del suelo). Se presenta la siguiente tabla:

*Tabla N° 17: Número de adobes y número de especímenes elaborados para ensayos a compresión.*

Tipo de Adobe	% cal	# Cubos	# Adobes por Pilas	# adobes por Mueretes	# Cubos a compresion	# Pilas a compresion	# muretes a compresion diagonal
Adobe Convencional	—	16	20	64	16	4	4
Adobe Estabilizado	6%	16	20	64	16	4	4
	12%	16	20	64	16	4	4
	18%	16	20	64	16	4	4
Total		<b>64</b>	<b>80</b>	<b>256</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

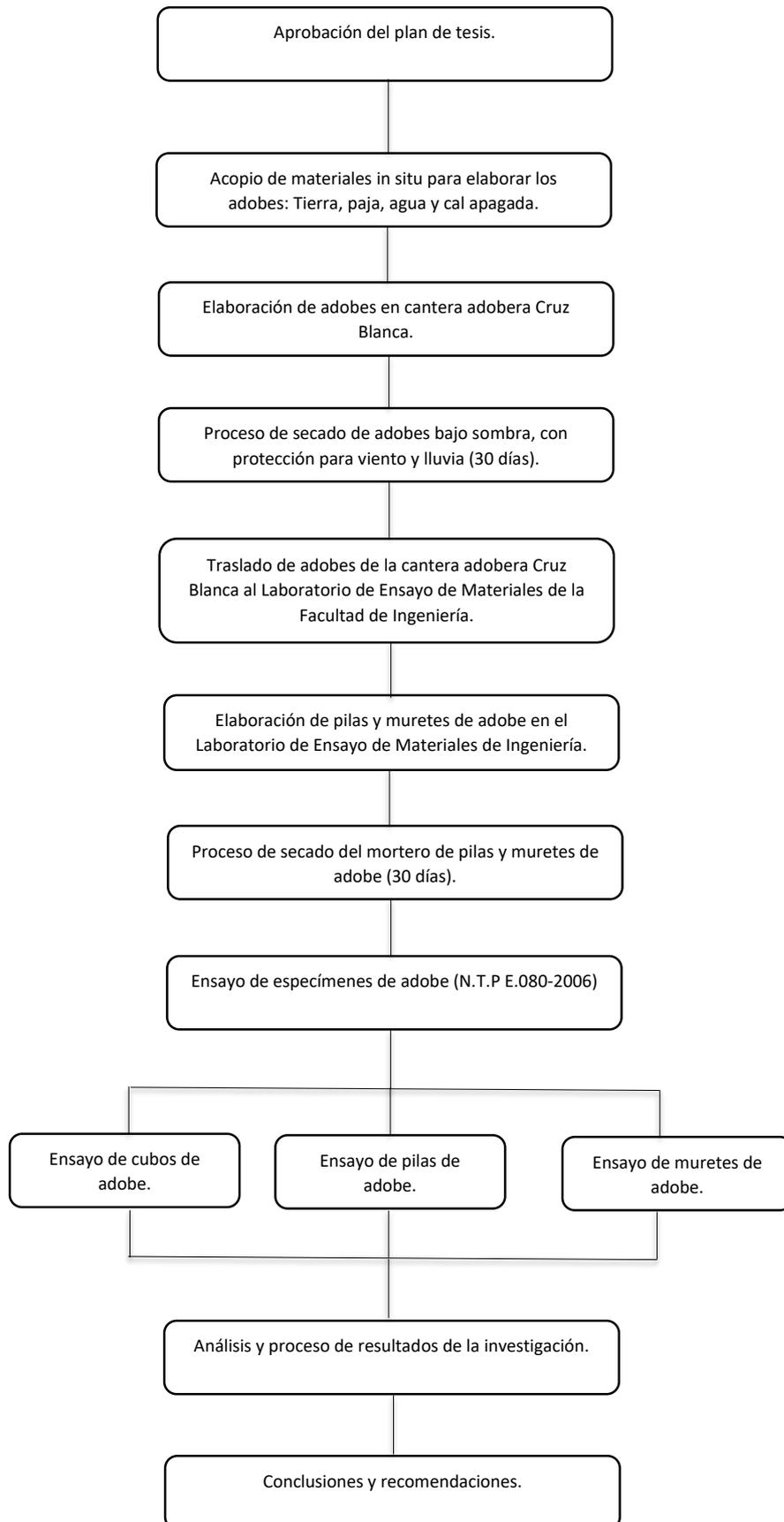
Nota:

- La norma E.080 (MVCS, 2006) establece los ensayos mínimos a realizar, para los ensayos de la compresión de la unidad (cubo de 10 cm de lado) establece que se deben ensayar 6 cubos, para la resistencia a compresión de la albañilería (pilas de adobe) establece que se deben ensayar 3 pilas, para la resistencia al corte de la albañilería (muretes de adobe a compresión diagonal) establece que se deben ensayar 3 muretes.
- En la presente investigación se ha considerado elaborar adobes considerando un 25 % de desperdicios, debido a adobes en mal estado, presencia de fisuras por el transporte o mala manipulación. Para el caso del ensayo de la unidad de cubos

(arista de 10 cm) se creyó por conveniente duplicar el número de especímenes del requisito mínimo que exige la norma E.080 (MVCS, 2006).

- Para los ensayos de muretes a compresión diagonal hay dos adobes de diferentes dimensiones por fila. El mortero tendrá un espesor final de 2cm a los 30 días de secado bajo techo.
- Para mayor detalle consultar el acápite 2.2.6 (Ensayos mecánicos).

Figura N° 21: Secuencia del proceso de investigación.



## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

En el capítulo IV se brinda un análisis, se discute y se interpreta los resultados obtenidos después de realizados los ensayos a compresión (unidad, pila, murete) en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, a su vez estos serán comparados entre sí (A,B,C,D) y con los valores establecidos en la N.T. E 0.80 (MVCS, 2006) y N.T. E 0.80 (MVCS, 2017).

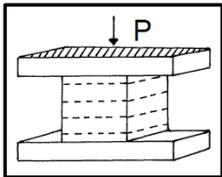
### **4.1. Determinación de la resistencia a la compresión de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).**

#### **4.1.1. Determinación de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).**

Tabla N° 18: Resistencia promedio a la compresión de la unidad del adobe convencional y del estabilizado, tipo "A, B, C y D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE										NTP E 0.80-2006					
<b>TESISTA:</b> Oscar Virgilio Altamirano Carrasco					<b>ADOBE TIPO:</b> Convencional y Estabilizado (con cal apagada)										
<b>PROYECTO:</b> Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil					<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b> A,B,C y D										
<b>PROCED. DE SUELO:</b> Ex cantera adobera "Cruz Blanca."					<b>PROCED. DE CAL:</b> Empresa Minera El Progreso S.R.L.										
<b>UBICACIÓN:</b> Av. Independencia #1860.					<b>UBICACIÓN:</b> Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.										
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b> 17-20/06/2017					<b>% DE CAL:</b> 0,6,12 y 18										
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b> 30 Días					<b># ESPECÍMENES:</b> 48										
PROBETA	DATOS PROMEDIO PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m³)	P.U. (kg/m³)	% CAL	f <sub>o</sub> (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	CARGA MAX. (Kg)	MODULO DE ELASTICIDAD E1 (kg/cm²)	MODULO DE ELASTICIDAD E2 (kg/cm²)	MODO DE FALLA
A	10	2.049	0.001	2049.13	1000000.00	1.576	0.000891	1767.87	0	13.08	5.70	1440.00	11603.24	353.04	FRÁGIL
B	10	1.911	0.001	1911.17	1000000.00	1.469	0.000920	1597.20	6	5.58	5.07	603.00	6476.64	215.69	FRÁGIL
C	10	1.860	0.001	1860.33	1000000.00	1.431	0.000929	1540.77	12	4.25	4.75	389.00	5358.73	174.69	FRÁGIL
D	10	1.836	0.001	1835.71	1000000.00	1.412	0.000940	1501.66	18	2.96	4.53	358.00	4298.25	116.90	FRÁGIL

Fig. Ensayo de Compresion a la unidad (NTE. 080-2006, 2017)



f <sub>o</sub> (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	13.08		
B	5.58	A-B	-57.37
C	4.25	A-C	-67.51
D	2.96	A-D	-77.36

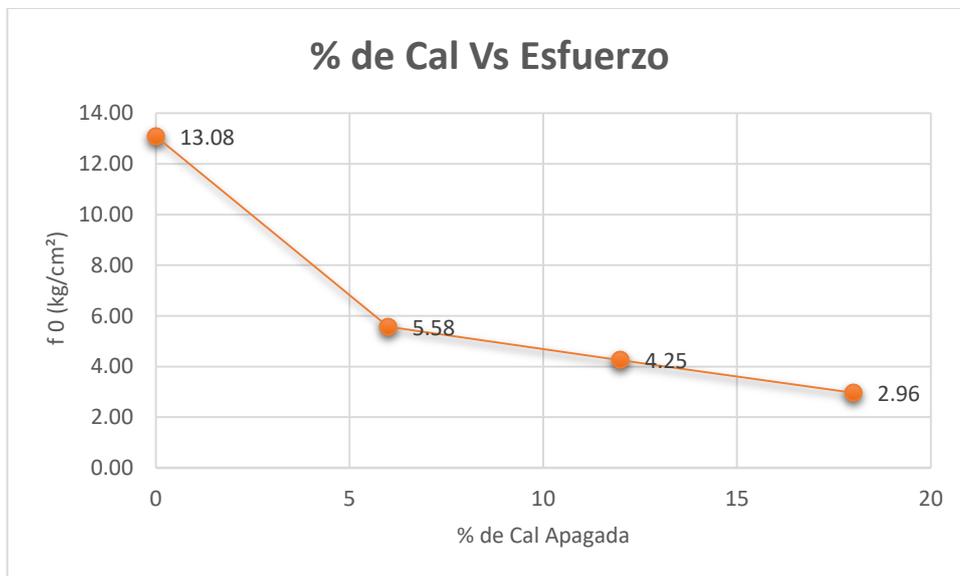
f <sub>o</sub> (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	13.08	12.00	8.98
B	5.58	12.00	-53.54
C	4.25	12.00	-64.59
D	2.96	12.00	-75.33

f <sub>o</sub> (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	13.08	10.20	28.22
B	5.58	10.20	-45.34
C	4.25	10.20	-58.34
D	2.96	10.20	-70.98

#### 4.1.1.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión de la unidad de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).

El objetivo principal de la investigación es analizar la resistencia a compresión del adobe estabilizado en la Ciudad de Cajamarca, a continuación, se presentan gráficos de los ensayos de la unidad de adobe, que permitirán tener una perspectiva concreta y adecuada los resultados obtenidos.

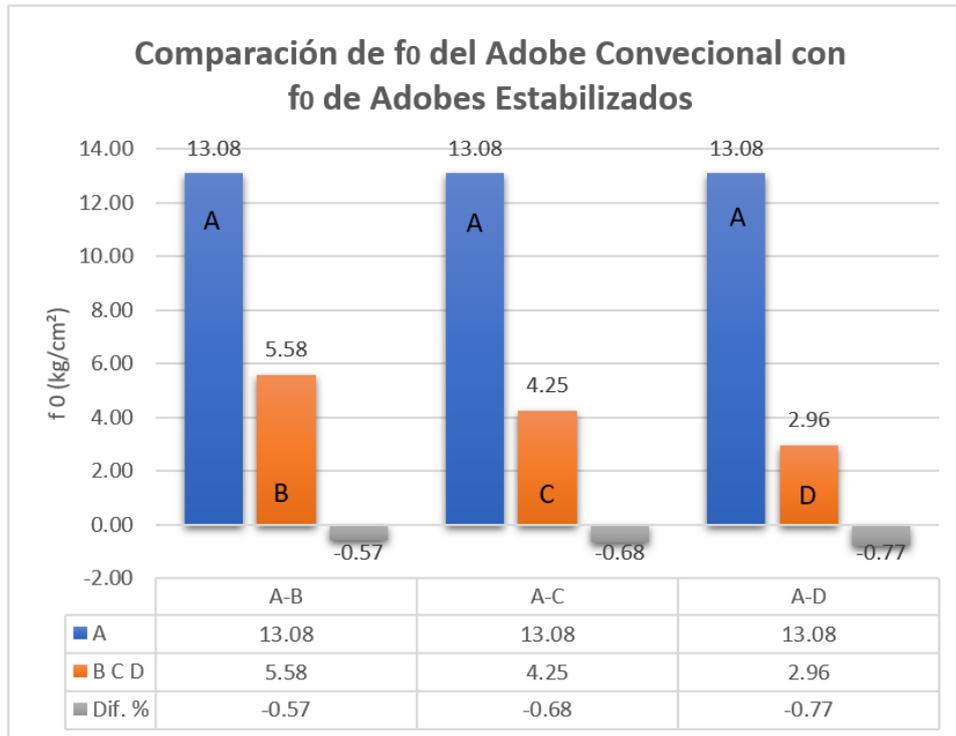
Gráfico N° 1: Diagrama % de Cal Apagada VS Esfuerzo a Compresión de la unidad de adobe



#### Análisis e interpretación:

Se aprecia en el gráfico N° 01 que la resistencia a compresión de la unidad disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %), por ende, el índice de calidad de la unidad de adobe decrece conforme se aumenta el porcentaje de cal.

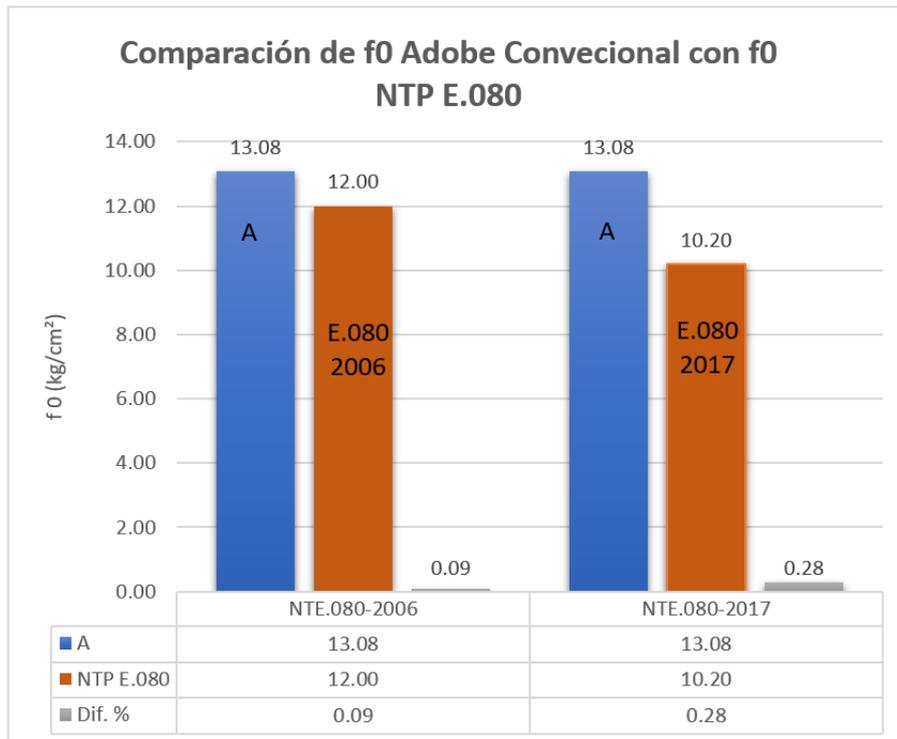
Gráfico N° 2: Diagrama Comparación de los  $f_0$  del adobe convencional (A) con los  $f_0$  de los adobes estabilizados (B,C y D)



**Análisis e interpretación:**

En el gráfico N° 02 se compara las resistencias de la unidad de adobe convencional, tipo “A” con los adobes estabilizados con cal apagada, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada la resistencia a la compresión de la unidad disminuye enormemente. El adobe convencional tiene una  $f_0$  promedio de 13.08 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las unidades de adobe estabilizado tienen un  $f_0$  de 5.58 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo B), 4.25 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo C) y 2.96 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo D). El adobe estabilizado resiste 57 %, 68% y 77% menos que el adobe convencional respectivamente.

Gráfico N° 3: Diagrama Comparación de los  $f_0$  del adobe convencional (A) con el  $f_0$  de la NTP E.080 del 2006 y con el  $f_0$  de la NTP E.080 del 2017.



**Análisis e interpretación:**

El análisis hecho para este gráfico es con respecto a la unidad de adobe convencional, puesto que el valor promedio de  $f_0$  es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como la del 2017. El adobe convencional (A) resiste 9 % más que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 28 % más que el valor dado NTP E.080 del año 2017.

En cuanto a la tabla N°18, en esta se analiza que un mayor uso de la cal reduce la contracción de las unidades de adobe, siendo el adobe estabilizado que contiene el mayor contenido de cal 18 % (tipo D) el que tiene menor contracción promedio de la arista (del orden de 0.2 mm), las unidades de adobe tipo A, B, y C, tienen una contracción promedio de 0.38 mm, 0.27 mm y 0.24 mm respectivamente. También de estas tablas se observa que un mayor contenido de cal reduce el peso seco, siendo el adobe que contiene el 18 % de cal el que tiene menor peso (del orden de 0.141 Kg), las unidades de adobe tipo A, B, y C, tienen un peso seco de 1.58 Kg, 1.47 Kg, 1.43 Kg respectivamente. La deformación unitaria es mayor en el adobe convencional decreciendo con un mayor uso porcentual en peso de cal apagada; siendo la deformación unitaria de 5.70, 5.07, 4.75 y 4.53 para las unidades de adobe tipo A, B, C y D respectivamente. El módulo de elasticidad de acuerdo

a la formula E1 es 11603.24 Kg/cm<sup>2</sup>, 6476.64 Kg/cm<sup>2</sup>, 5358.73 Kg/cm<sup>2</sup>, y 4298.25 Kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo a la formula E2 es 353.04 Kg/cm<sup>2</sup>, 215.69 Kg/cm<sup>2</sup>, 174.69 Kg/cm<sup>2</sup>, 116.90 Kg/cm<sup>2</sup>, para las unidades de adobe tipo A, B, y C, y D respectivamente.

**4.1.2. Determinación de la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).**

Tabla N° 19: Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE									NTP E.080-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional y Estabilizado (con cal apagada)						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A,B,C y D						
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17-20/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	0,6,12 y 18						
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	16						
PROBETA	DATOS PROMEDIO PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	% CAL	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A	15.50	46.00	46.00	0.0328	14.99	44.69	42.05	0.0282	0	10.20	3.89	FRÁGIL
B	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.36	45.50	44.80	0.0313	6	3.66	2.42	FRÁGIL
C	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.51	45.83	45.59	0.0324	12	3.06	3.34	FRÁGIL
D	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.55	45.91	45.93	0.0328	18	2.60	2.97	FRÁGIL

f'm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	10.20		
B	3.66	A-B	-64.11
C	3.06	A-C	-69.98
D	2.60	A-D	-74.54

f'm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	10.20	10.00	1.96
B	3.66	10.00	-63.40
C	3.06	10.00	-69.39
D	2.60	10.00	-74.04

f'm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	10.20	6.12	66.61
B	3.66	6.12	-40.20
C	3.06	6.12	-49.98
D	2.60	6.12	-57.58

fm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	2.04		
B	0.73	A-B	-64.11
C	0.61	A-C	-69.98
D	0.52	A-D	-74.54

fm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	2.04	2.00	1.96
B	0.73	2.00	-63.40
C	0.61	2.00	-69.39
D	0.52	2.00	-74.04

fm (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	4.08	2.45	66.61
B	1.46	2.45	-40.20
C	1.22	2.45	-49.98
D	1.04	2.45	-57.58

Tabla N° 20: Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe convencional y estabilizado, tipo "A, B, C, y D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE										NTP E.080-2006		
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional y Estabilizado (con cal apagada)						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A,B,C y D						
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17-20/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	0,6,12 y 18						
<b>TIEM. MÍN. DE SECAO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	16						
PROBETA	DATOS PROMEDIO PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	% CAL	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A	15.50	46.00	46.00	0.0328	14.99	44.69	42.05	0.0282	0	10.20	3.89	FRÁGIL
B	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.36	45.50	44.80	0.0313	6	3.66	2.42	FRÁGIL
C	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.51	45.83	45.59	0.0324	12	3.06	3.34	FRÁGIL
D	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.55	45.91	45.93	0.0328	18	2.60	2.97	FRÁGIL

* (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	2.55		
B	0.91	A-B	-64.11
C	0.77	A-C	-69.98
D	0.65	A-D	-74.54

* (kg/cm <sup>2</sup> )			%
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	2.55	2.50	1.96
B	0.91	2.50	-63.40
C	0.77	2.50	-69.39
D	0.65	2.50	-74.04

* (kg/cm <sup>2</sup> )			%
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	5.10	3.06	66.61
B	1.83	3.06	-40.20
C	1.53	3.06	-49.98
D	1.30	3.06	-57.58

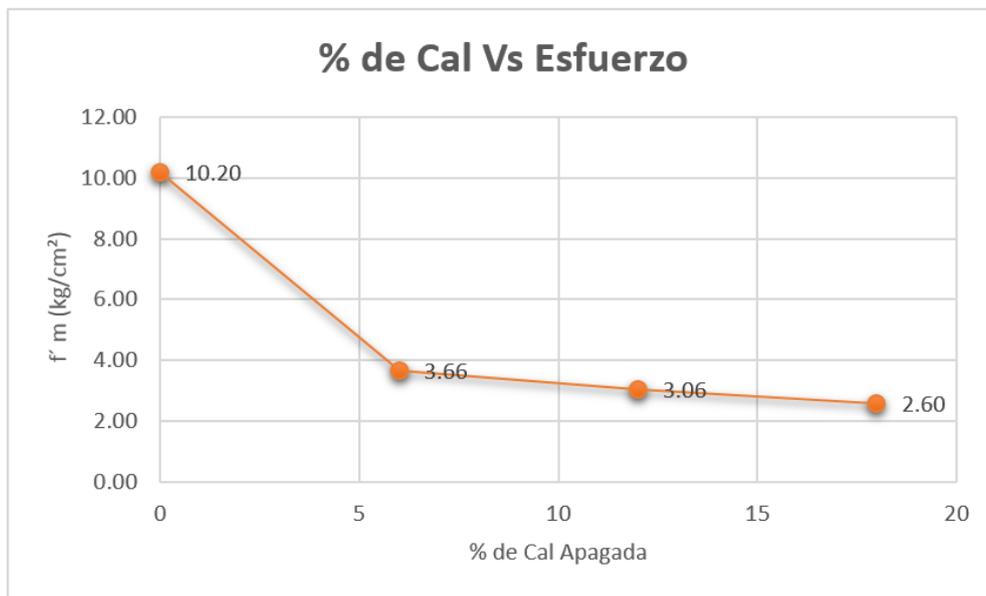
Donde:	f'm = Esfuerzo de Compresión Último de la Pila.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	10.00
	fm = Esfuerzo Admisible a Compresión del Muro	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	6.12
	fm = 0.20 f'm ó 2 kg/cm <sup>2</sup> (NTE.080-2006)		
	fm = 0.40 f'm (NTE.080-2017)		
	* = Esfuerzo Admisible por Compresión por Aplastamiento		
	* = 1.25 fm (NTE.080-2006 y 2017)		

Especimen	Dimensiones de Pilas-Probeta Seca			
	apm	bpm	hpm	h/a
A	14.99	44.69	42.05	2.80
B	15.36	45.50	44.80	2.92
C	15.51	45.83	45.59	2.94
D	15.55	45.91	45.93	2.95
NTE.080-2006	15.50	46.00	46.00	2.97
NTE.080-2017	15.50	46.00	46.00	2.97

#### 4.1.2.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).

El objetivo principal de la investigación es analizar la resistencia a compresión del adobe estabilizado en la Ciudad de Cajamarca, a continuación, se presentan gráficos de los ensayos de la albañilería (pilas) de adobe, que permitirán tener una perspectiva concreta y adecuada los resultados obtenidos.

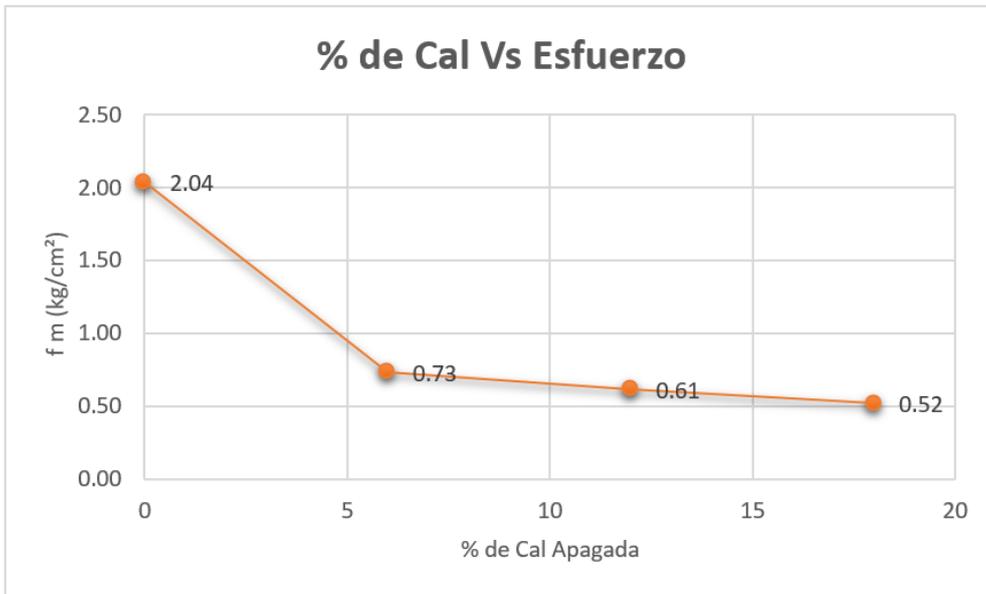
Gráfico N° 4: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo a compresión último de la pila de adobe



#### Análisis e interpretación:

Se aprecia en el gráfico N° 4 que el esfuerzo a compresión último de la pila del adobe ( $f'm$ ) disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %).

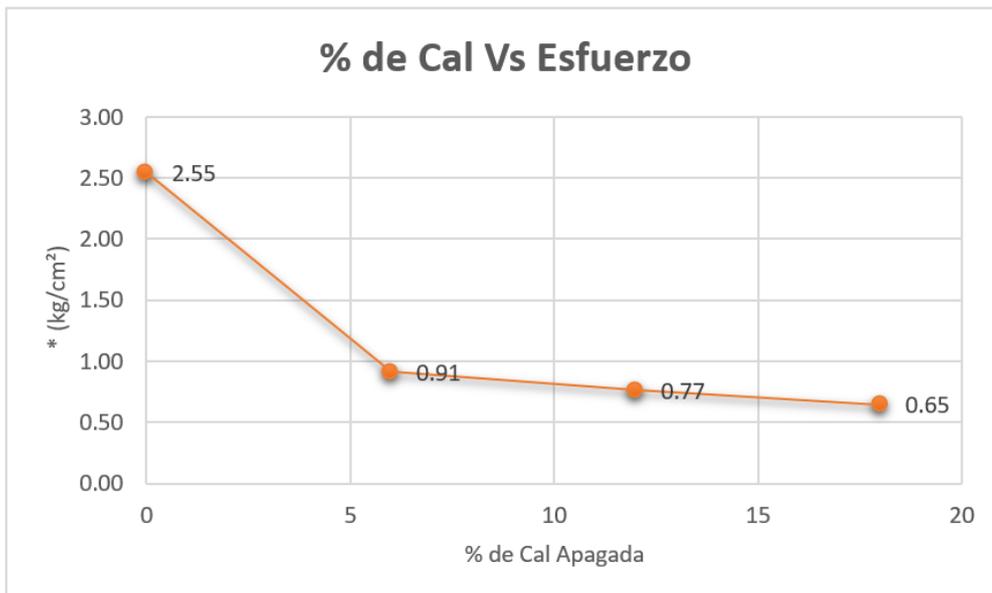
Gráfico N° 5: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo admisible compresión del muro de adobe



**Análisis e interpretación:**

Se aprecia en el gráfico N° 5 que el esfuerzo admisible a compresión del muro de adobe (fm) disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %).

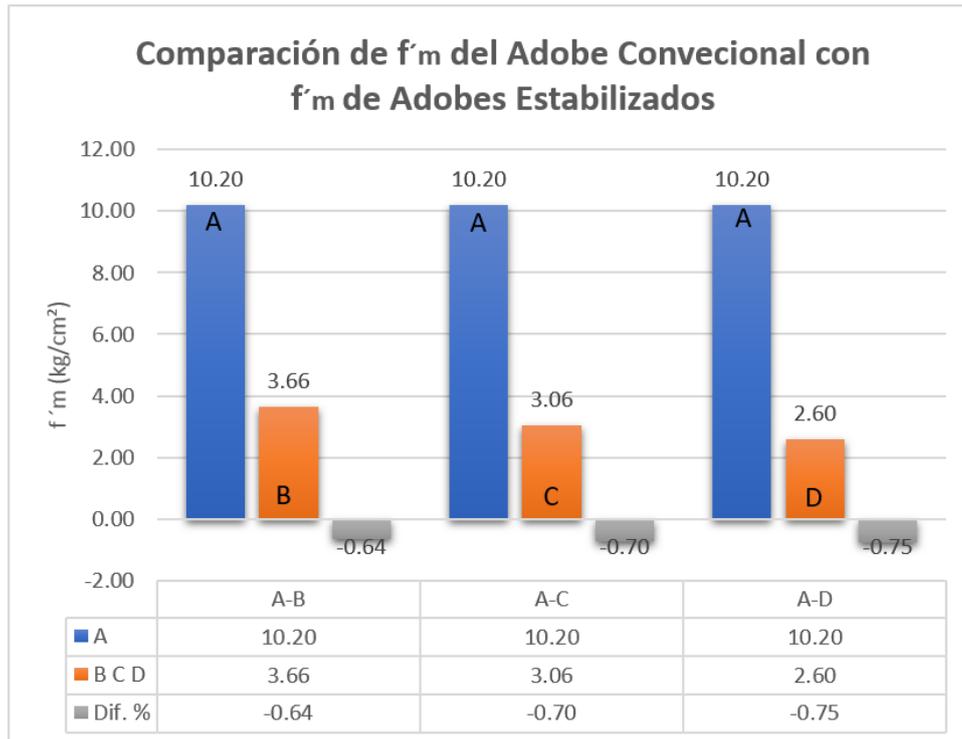
Gráfico N° 6: Diagrama % de cal apagada Vs. esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento.



**Análisis e interpretación:**

Se aprecia en el gráfico N° 6 que esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento (\*) disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %).

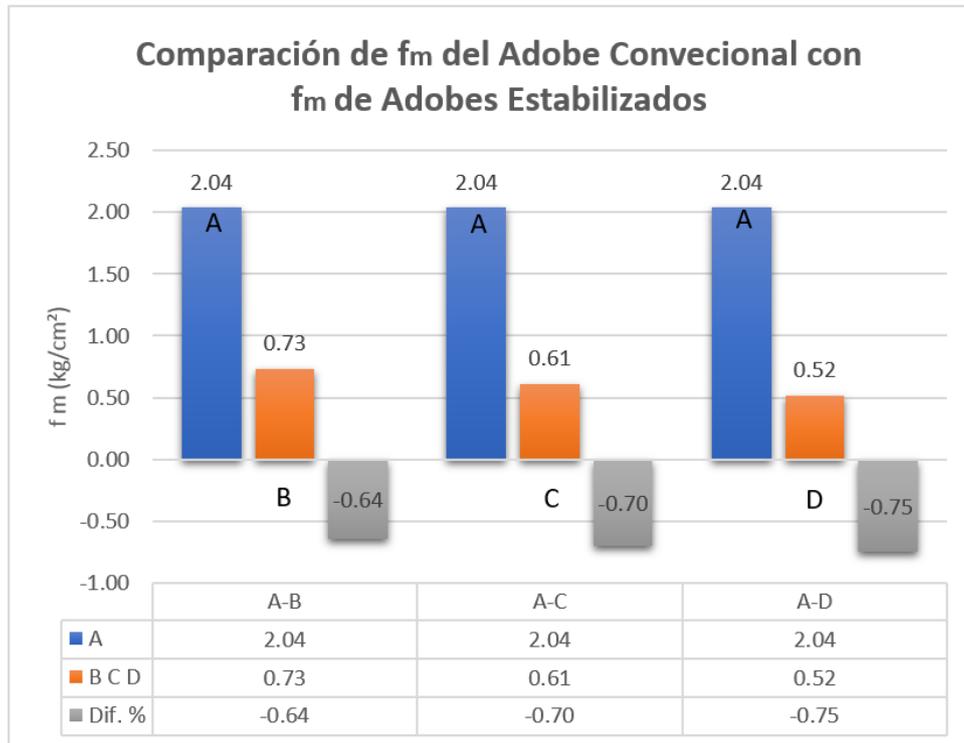
Gráfico N° 7: Comparación del  $f'_m$  del adobe convencional (A) con los  $f'_m$  de los adobes estabilizados (B, C y D)



**Análisis e interpretación:**

En el gráfico N° 7 se compara el esfuerzo a compresión último de la pila de adobe convencional, tipo “A” con los esfuerzos a compresión últimos de las pilas de adobe estabilizado, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada el esfuerzo a compresión último de la pila disminuye enormemente. La pila del adobe convencional tiene una  $f'_m$  promedio de 10.20 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las pilas de adobe estabilizado tienen un  $f'_m$  de 3.66 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo B), 3.06 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo C) y 2.60 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo D). El esfuerzo a compresión último de la pila del adobe estabilizado resiste 64 %, 70 % y 75 % menos que el esfuerzo a compresión último de la pila del adobe convencional respectivamente.

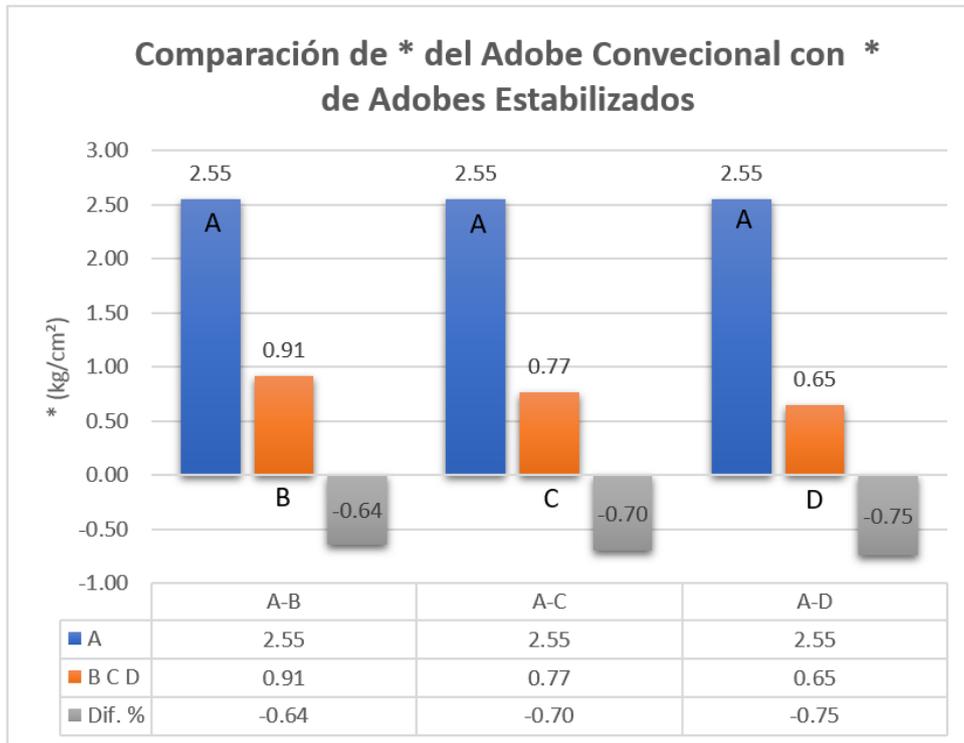
Gráfico N° 8: Diagrama comparación del  $f_m$  del adobe convencional (A) con los  $f_m$  de los adobes estabilizados (B, C y D)



**Análisis e interpretación:**

En el grafico N° 8 se compara el esfuerzo admisible a compresión del muro de adobe convencional, tipo “A” con los esfuerzos a compresión del muro de adobe estabilizado, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada el esfuerzo admisible a compresión del muro disminuye enormemente. La pila del adobe convencional tiene una  $f_m$  promedio de 2.04 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las pilas de adobe estabilizado tienen un  $f_m$  promedio de 0.73 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo B), 0.61 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo C) y 0.52 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo D). El esfuerzo admisible a compresión del muro del adobe estabilizado resiste 64 %, 70 % y 75 % menos que el esfuerzo admisible a compresión del muro de la pila del adobe convencional respectivamente.

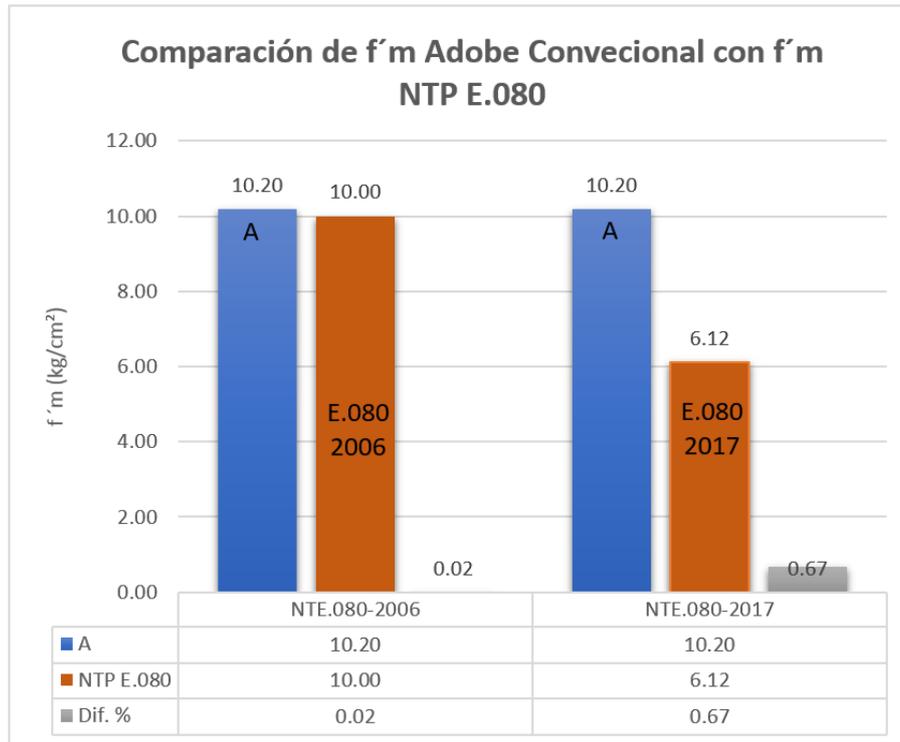
Gráfico N° 9: Diagrama comparación del \* del adobe convencional (A) con los \* de los adobes estabilizados (B, C y D)



**Análisis e interpretación:**

En el grafico N° 9 se compara el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila de adobe convencional, tipo “A” con los esfuerzos admisibles por compresión por aplastamiento de las pilas de adobe estabilizado, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila disminuye enormemente. La pila del adobe convencional tiene un \* promedio de 2.55 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las pilas de adobe estabilizado tienen un \* promedio de 0.91 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo B), 0.77 Kg/cm<sup>2</sup> (tipo C) y 0.65Kg/cm<sup>2</sup> (tipo D). El e el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila resiste 64 %, 70 % y 75 % menos que el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila del adobe convencional respectivamente.

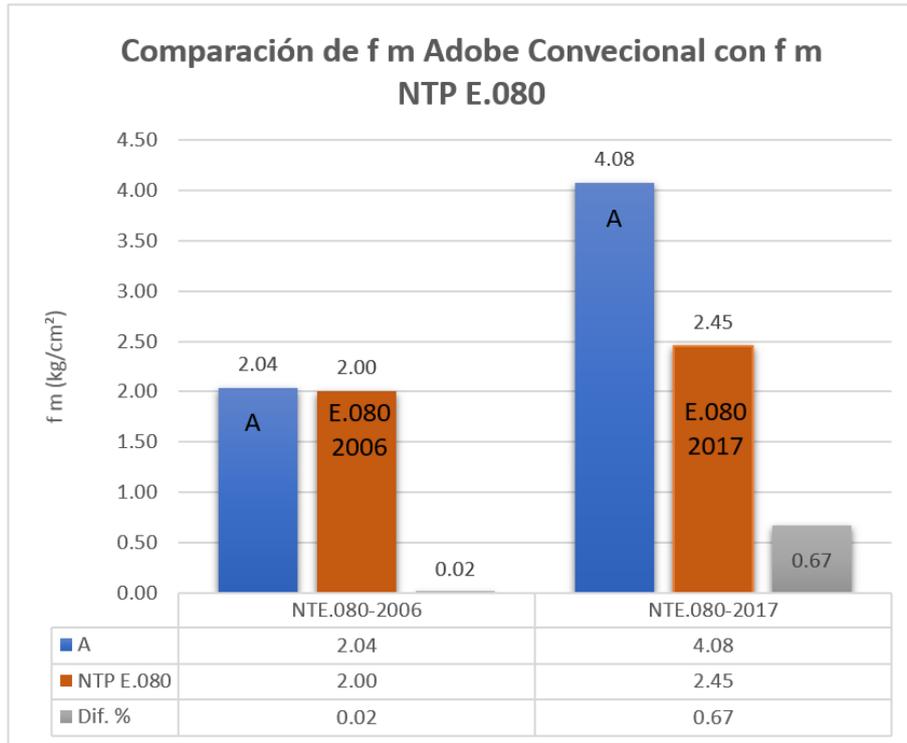
Gráfico N° 10: Comparación de  $f'_m$  del adobe convencional (A) con el  $f'_m$  de la NTP E.080 del 2006 y con el  $f_0$  de la NTP E.080 del 2017.



**Análisis e interpretación:**

El análisis hecho para este gráfico es con respecto el esfuerzo a compresión último de la pila de adobe convencional, puesto que el valor promedio de  $f'_m$  es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como a la del 2017. Siendo el esfuerzo a compresión último de la pila de 10.20 Kg/cm<sup>2</sup>, 10.00 Kg/cm<sup>2</sup> y 6.12 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para el Adobe convencional “A” y los valores dados por NTP E.080 del año 2006 y NTP E.080 del año 2017 respectivamente .El esfuerzo a compresión último de la pila del adobe convencional (tipo A) resiste 2 % más que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 67% más que el valor dado NTP E.080 del año 2017

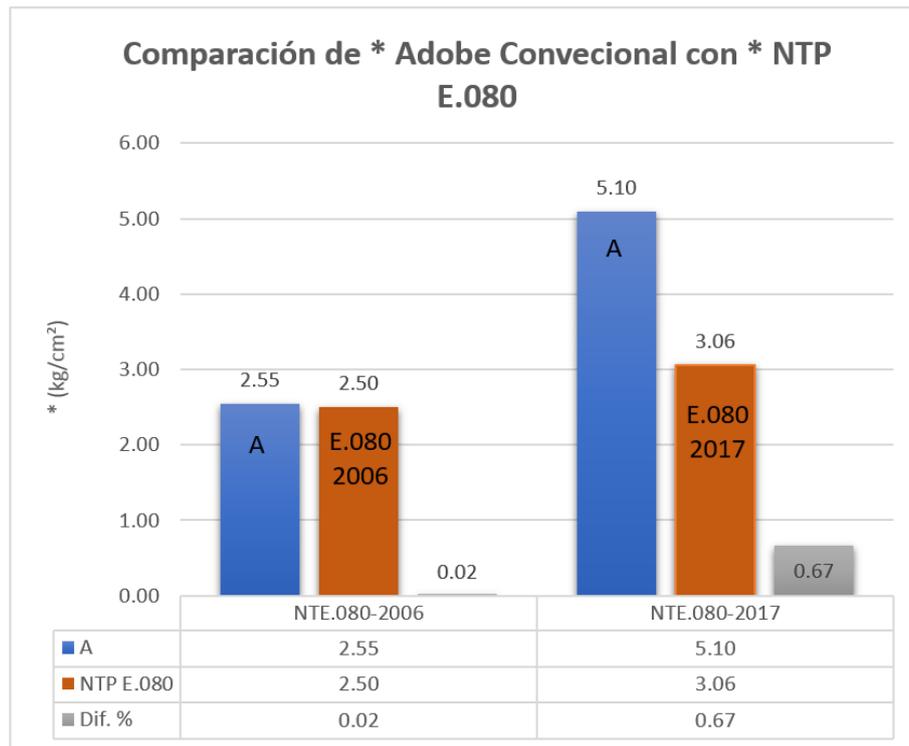
Gráfico N° 11: Comparación de  $f_m$  del adobe convencional (A) con el  $f_m$  de la NTP E.080 del 2006 y con el  $f_m$  de la NTP E.080 del 2017.



**Análisis e interpretación:**

El análisis hecho para este gráfico es con respecto el esfuerzo admisible a compresión del muro del adobe convencional, puesto que el valor promedio de  $f_m$  es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como a la del 2017. Siendo el esfuerzo admisible a compresión del muro de 2.04 Kg/cm<sup>2</sup> y 2.00 Kg/cm<sup>2</sup> para el adobe convencional (tipo A) y el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 respectivamente. Así como el esfuerzo admisible a compresión del muro de 4.08 Kg/cm<sup>2</sup> y 2.45 Kg/cm<sup>2</sup> para el adobe convencional (tipo A) y el valor dado por la NTP E.080 del año 2017 respectivamente. El esfuerzo a compresión último de la pila del adobe convencional (tipo A) resiste 2 % más que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 67% más que el valor dado NTP E.080 del año 2017

Gráfico N° 12: Comparación de \* del adobe convencional (A) con el \* de la NTP E.080 del 2006 y con el \* de la NTP E.080 del 2017.



### Análisis e interpretación:

El análisis hecho para este gráfico es con respecto al esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila del adobe convencional, puesto que el valor promedio de \* es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como a la del 2017. Siendo el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila de 2.55 Kg/cm<sup>2</sup> y 2.50 Kg/cm<sup>2</sup> para el adobe convencional (tipo A) y el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 respectivamente. Así como el esfuerzo admisible a compresión del muro de 5.10 Kg/cm<sup>2</sup> y 3.06 Kg/cm<sup>2</sup> para el adobe convencional (tipo A) y el valor dado por la NTP E.080 del año 2017 respectivamente. El esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento de la pila del adobe convencional (tipo A) resiste 2 % más que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 67% más que el valor dado NTP E.080 del año 2017

En cuanto a las tablas N° 19 - N° 20 se analiza que un mayor uso de la cal reduce la contracción de las pilas de adobe, siendo la pila del adobe estabilizado que contiene el mayor contenido de cal 18 % (tipo D) el que tiene menor contracción promedio. Esto se aprecia en las dimensiones de pilas (probeta seca) en la relación de h/a (altura/anchura) las

unidades de adobe tipo A, B, C y D tienen una relación de h/a de 2.80, 2.92, 2.94 y 2.95 respectivamente, siendo la más cercana la relación dada por el espécimen estabilizado tipo D que se acerca más al valor dado por las NTP E.080 del año 2006 y 2017 (2.97), dimensiones asumidas por el tesista siguiendo las pautas de la NTP E.80 2006. El  $f'm$  del adobe convencional ( $10.20 \text{ kg/cm}^2$ ) es más cercano al  $f'm$  dado por la NTP E.080 del año 2006 ( $10.00 \text{ kg/cm}^2$ ) que al  $f'm$  de la NTP E.080 del año 2017 ( $6.12 \text{ kg/cm}^2$ ). El  $f'm$  del adobe convencional ( $2.04 \text{ kg/cm}^2$ ) es más cercano al  $f'm$  dado por la NTP E.080 del año 2006 ( $2.00 \text{ kg/cm}^2$ ) que al  $f'm$  de la NTP E.080 del año 2017 ( $2.45 \text{ kg/cm}^2$ ). El  $*$  del adobe convencional ( $2.55 \text{ kg/cm}^2$ ) es más cercano al  $*$  dado por la NTP E.080 del año 2006 ( $2.50 \text{ kg/cm}^2$ ) que al  $*$  de la NTP E.080 del año 2017 ( $3.06 \text{ kg/cm}^2$ ).

**4.1.3. Determinación de la resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).**

Tabla N° 21: Resistencia a la compresión diagonal del murete del adobe convencional y estabilizado, tipo "A, B, C, y D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE										NTP E 0.80-2006		
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional y Estabilizado (con cal apagada)						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A,B,C y D						
<b>PRO CED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PRO CED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17-20/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	0,6,12 y 18						
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	16						
PROBETA	DATOS PROMEDIO PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m <sup>3</sup> )	apm	epm	h pm	VOL. (m <sup>3</sup> )	% CAL	f't (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A	70.00	20.00	70.00	0.0980	66.67	18.99	67.48	0.0854	0	0.48	0.59	Por fuerza cortante
B	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.13	19.65	68.54	0.0931	6	0.21	0.30	Por fuerza cortante
C	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.19	19.68	69.62	0.0948	12	0.14	0.43	Por fuerza cortante
D	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.42	19.79	69.93	0.0961	18	0.07	0.17	Por fuerza cortante

f't (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	0.48		
B	0.21	A-B	-56.03
C	0.14	A-C	-71.46
D	0.07	A-D	-85.58

f't (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	0.48	0.625	-22.67
B	0.21	0.625	-66.00
C	0.14	0.625	-77.93
D	0.07	0.625	-88.85

f't (kg/cm <sup>2</sup> )		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	0.48	0.25	93.32
B	0.21	0.25	-15.00
C	0.14	0.25	-44.82
D	0.07	0.25	-72.12

Tabla N° 22: Resistencia a la compresión diagonal del murete del adobe convencional y estabilizado, tipo “A, B, C, y D”.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE										NTP E 0.80-2006		
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional y Estabilizado (con cal apagada)						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A,B,C y D						
<b>PRO CED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PRO CED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17-20/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	0,6,12 y 18						
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	16						
PROBETA	DATOS PROMEDIO PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	% CAL	f't (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A	70.00	20.00	70.00	0.0980	66.67	18.99	67.48	0.0854	0	0.48	0.59	Por fuerza cortante
B	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.13	19.65	68.54	0.0931	6	0.21	0.30	Por fuerza cortante
C	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.19	19.68	69.62	0.0948	12	0.14	0.43	Por fuerza cortante
D	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.42	19.79	69.93	0.0961	18	0.07	0.17	Por fuerza cortante

vm (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	Entre Tipos	Comparación
A	0.19		
B	0.09	A-B	-56.03
C	0.06	A-C	-71.46
D	0.03	A-D	-85.58

vm (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2006	Comparación
A	0.19	0.25	-22.67
B	0.09	0.25	-66.00
C	0.06	0.25	-77.93
D	0.03	0.25	-88.85

vm (kg/cm²)		%	
Tipo de Adobe	Resultados Estudio	NTE.080-2017	Comparación
A	0.19	0.10	93.32
B	0.09	0.10	-15.00
C	0.06	0.10	-44.82
D	0.03	0.10	-72.12

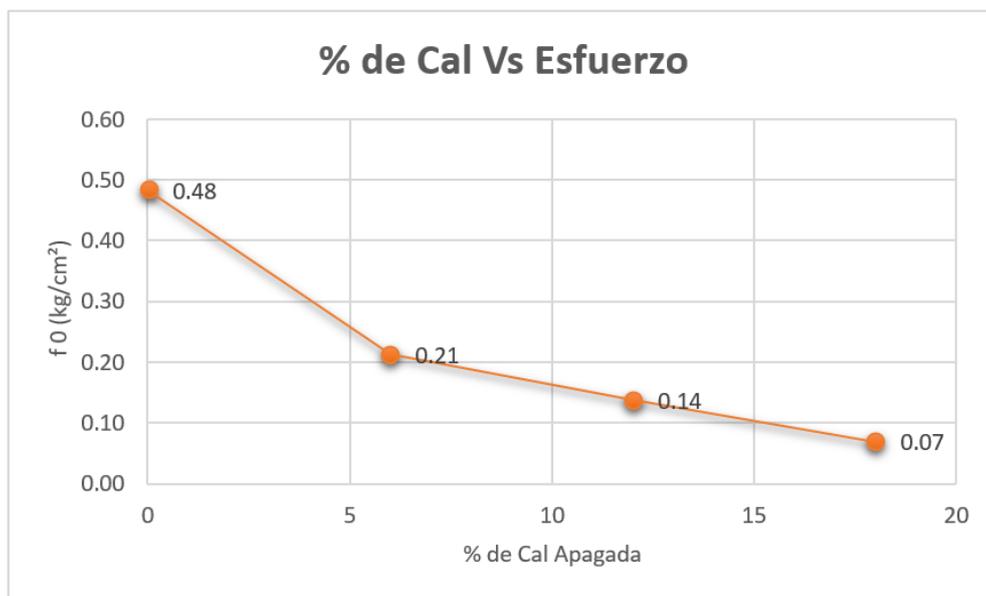
Donde:	f't = Esfuerzo último del murete de ensayo	
	vm = Esfuerzo admisible a corte del muro	
	f't = 0.625 kg/cm² (NTE.080-2006)	
	f't = 0.25 kg/cm² (NTE.080-2017)	
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2006)	vm (kg/cm²) = 0.25
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2017)	vm (kg/cm²) = 0.10

Especímen	Dimensiones de Pilas-Probeta Seca			
	apm	epm	hpm	h/a
A	66.67	18.99	67.48	1.01
B	69.13	19.65	68.54	0.99
C	69.19	19.68	69.62	1.01
D	69.42	19.79	69.93	1.01
NTE.080-2006	70.00	20.00	70.00	1.00
NTE.080-2017	70.00	20.00	70.00	1.00

#### 4.1.3.1. Análisis e interpretación de resultados de la resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe de los especímenes de adobe convencional (A) y estabilizados (B, C, D).

El objetivo principal de la investigación es analizar la resistencia a compresión del adobe estabilizado en la Ciudad de Cajamarca, a continuación, se presentan gráficos de los ensayos del murete a compresión diagonal del adobe, que permitirán tener una perspectiva concreta y adecuada los resultados obtenidos.

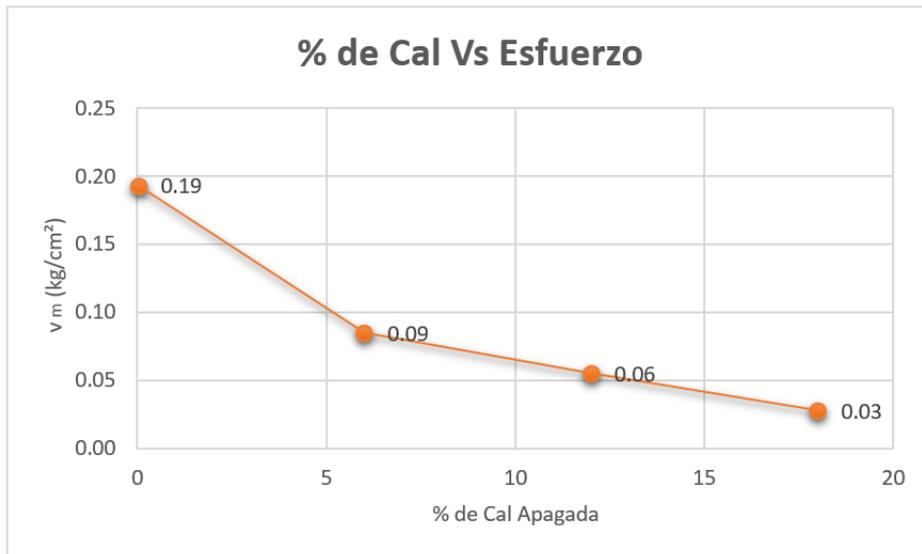
Gráfico N° 13: % de cal apagada Vs. esfuerzo último del murete de adobe



#### Análisis e interpretación:

Se aprecia en el gráfico N° 13 que el esfuerzo a compresión último del murete de adobe ( $f_t$ ) disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %).

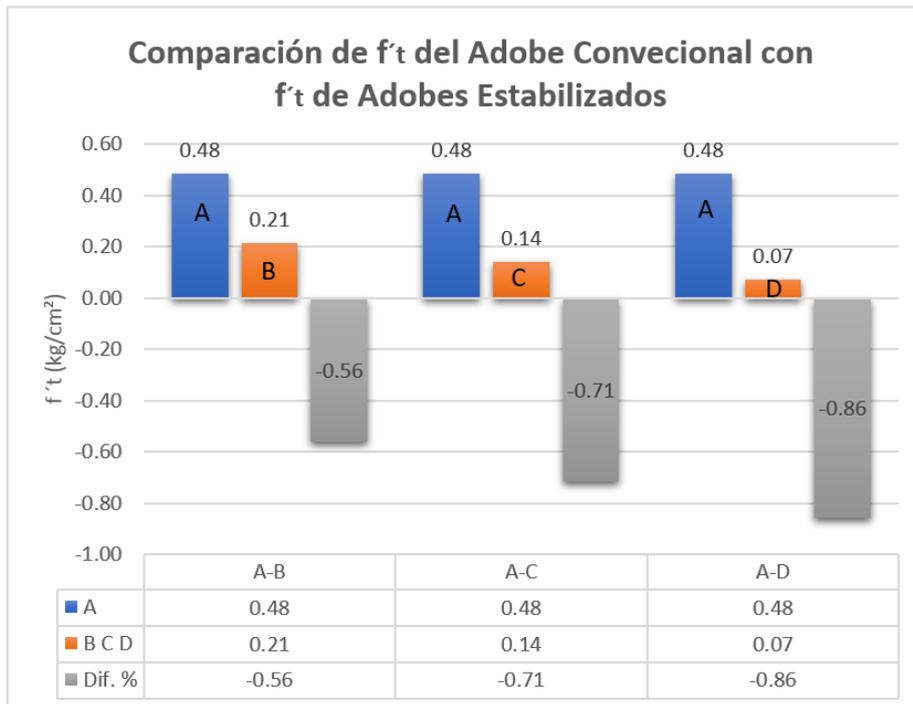
Gráfico N° 14: % de cal apagada Vs. esfuerzo último del murete de adobe



**Análisis e interpretación:**

Se aprecia en el gráfico N° 14 que la esfuerzo admisible a corte del muro de adobe ( $v_m$ ) disminuye significativamente al usar cal apagada en reemplazo porcentual del peso seco de la tierra (6%, 12% y 18 %).

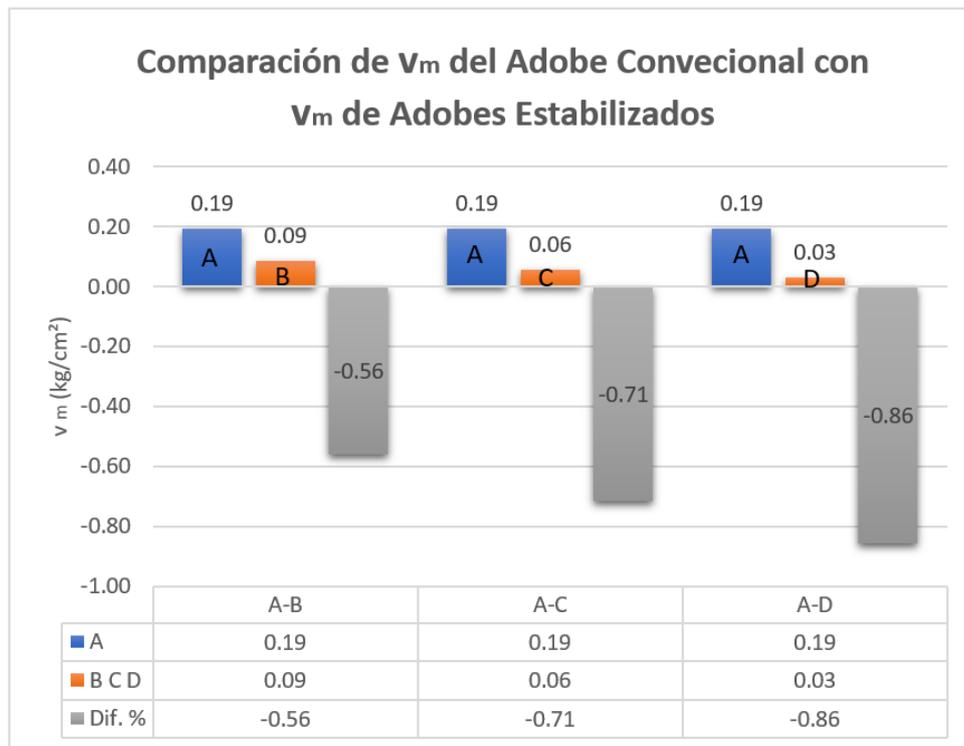
Gráfico N° 15: Comparación del  $f'_t$  del adobe convencional (A) con los  $f'_t$  de los adobes estabilizados (B, C y D)



**Análisis e interpretación:**

En el grafico N° 15 se compara el esfuerzo último del murete de adobe convencional, tipo “A” con los esfuerzos últimos de los muretes de adobe estabilizado, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada el esfuerzo último del murete disminuye enormemente. El murete del adobe convencional tiene una  $f'_t$  promedio de  $0.48 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que los muretes de adobe estabilizado tienen un  $f'_t$  de  $0.21 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo B),  $0.14 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo C) y  $0.77 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo D). El esfuerzo último del murete del adobe estabilizado resiste 56 %, 71 % y 86 % menos que el esfuerzo último del murete del adobe convencional respectivamente.

Gráfico N° 16: Comparación del  $v_m$  del adobe convencional (A) con los  $v_m$  de los adobes estabilizados (B, C y D)

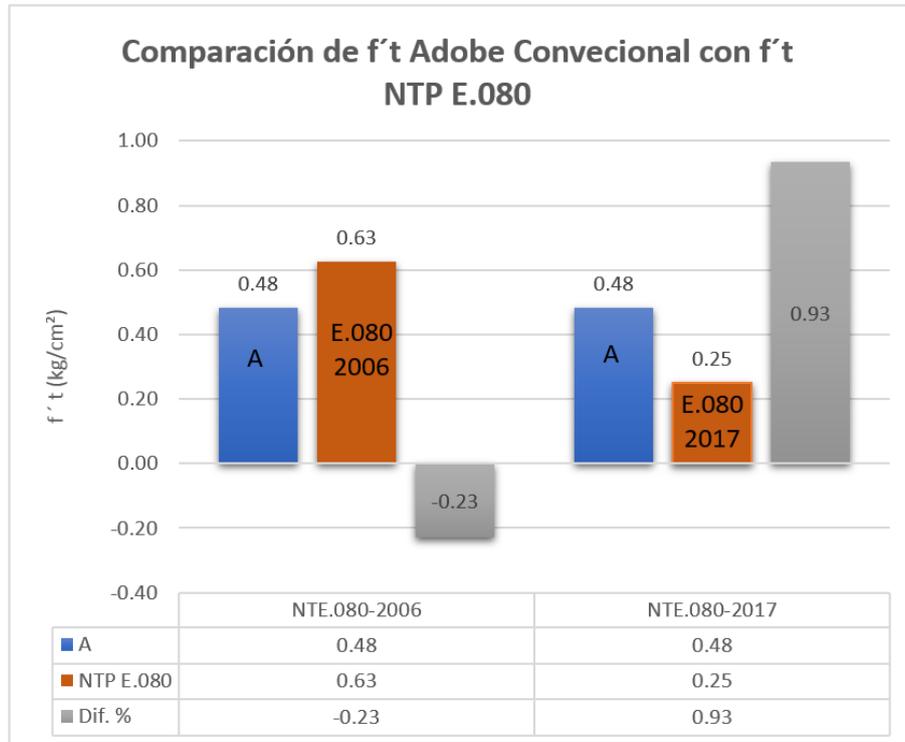


**Análisis e interpretación:**

En el grafico N°16 se compara el esfuerzo admisible a corte del muro de adobe convencional, tipo “A” con los esfuerzos admisibles al corte de los muros de adobe estabilizado, tipo B (6%), C (12%) y D (18%), se observa que a mayor contenido de cal apagada el esfuerzo último del murete disminuye enormemente. El muro del adobe convencional tiene una  $v_m$  promedio de  $0.19 \text{ Kg/cm}^2$ , mientras que los muretes de adobe estabilizado tienen un  $v_m$  de  $0.09 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo B),  $0.06 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo C) y  $0.03 \text{ Kg/cm}^2$  (tipo D). El esfuerzo admisible a corte del muro del adobe estabilizado resiste 56 %, 71

% y 86 % menos que el esfuerzo admisible a corte del muro del adobe convencional respectivamente.

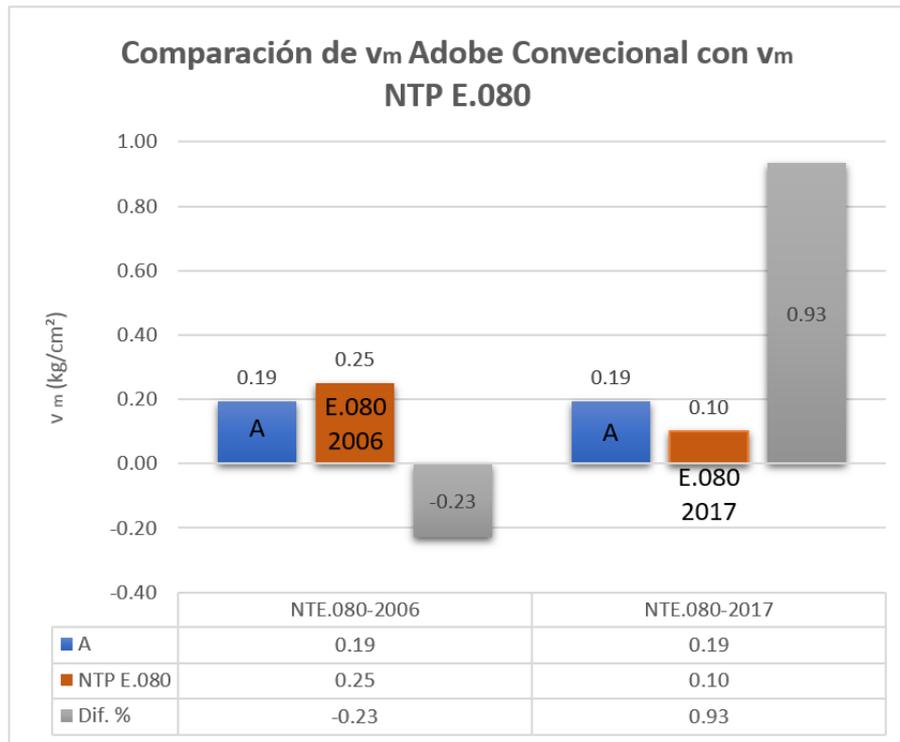
Gráfico N° 17: Comparación de  $f'_t$  del adobe convencional (A) con el  $f'_t$  de la NTP E.080 del 2006 y con el  $f_0$  de la NTP E.080 del 2017.



**Análisis e interpretación:**

El análisis hecho para este gráfico es con respecto el esfuerzo último del murete del adobe convencional, puesto que el valor promedio de  $f'_t$  es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como a la del 2017. Siendo el esfuerzo último del murete de 0.48 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.63 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para el Adobe convencional “A” y los valores dados por NTP E.080 del año 2006 y NTP E.080 del año 2017 respectivamente. El esfuerzo último del murete del adobe convencional (tipo A) resiste 23 % menos que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 93% más que el valor dado NTP E.080 del año 2017

Gráfico N° 18: Comparación de  $v_m$  del adobe convencional (A) con el  $v_m$  de la NTP E.080 del 2006 y con el  $f_0$  de la NTP E.080 del 2017.



**Análisis e interpretación:**

El análisis hecho para este gráfico es con respecto el esfuerzo admisible a corte del muro del adobe convencional, puesto que el valor promedio de  $v_m$  es más cercano al dado por la norma E.080 tanto del año 2006 como a la del 2017. Siendo el esfuerzo admisible a corte del muro de 0.19 Kg/cm<sup>2</sup>, 0.25 Kg/cm<sup>2</sup> y 0.10 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para el Adobe convencional “A” y los valores dados por NTP E.080 del año 2006 y NTP E.080 del año 2017 respectivamente. El esfuerzo admisible a corte del muro del adobe convencional (tipo A) resiste 23 % menos que el valor dado por la NTP E.080 del año 2006 y un 93% más que el valor dado NTP E.080 del año 2017.

En cuanto a las tablas N° 21- N° 22 se analiza que un mayor uso de la cal reduce la contracción de los muretes de adobe, siendo el murete de adobe estabilizado que contiene el mayor contenido de cal 18 % (tipo D) el que tiene menor contracción promedio. Esto se aprecia en las dimensiones de muretes (probeta seca)  $a_{pm}$ ,  $e_{pm}$  y  $h_{pm}$ , (base promedio, espesor promedio, altura promedio) las unidades de adobe tipo A, B, C y D tienen  $a_{pm}$  de 66.67, 69.13, 69.19 y 69.42 cm respectivamente, un  $e_{pm}$  de 18.99, 19.65, 19.68 y 19.79 cm respectivamente y una  $h_{pm}$  de 67.48, 68.54, 69.62 y 69.93 cm respectivamente siendo

la más cercana la relación dada por el espécimen estabilizado tipo D que se acerca más al valores de las NTP E.080 del año 2006 y 2017 ( $a_{pm} = 70\text{cm}$ ,  $e_{pm} = 20\text{cm}$  y  $h_{pm} = 70\text{ cm}$ ), dimensiones asumidas por el tesista siguiendo las pautas de la NTP E.80 2006. El  $f't$  del murete del adobe convencional ( $0.48\text{ kg/cm}^2$ ) es más cercano al  $f't$  dado por la NTP E.080 del año 2006 ( $0.625\text{ kg/cm}^2$ ) que al  $f't$  de la NTP E.080 del año 2017 ( $0.25\text{ kg/cm}^2$ ). El  $v_m$  del murete del adobe convencional ( $0.19\text{ kg/cm}^2$ ) es más cercano al  $v_m$  dado por la NTP E.080 del año 2006 ( $0.25\text{ kg/cm}^2$ ) que al  $v_m$  de la NTP E.080 del año 2017 ( $0.10\text{ kg/cm}^2$ ).

**CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES****Conclusiones.**

- El análisis general hecho de la resistencia a compresión del adobe estabilizado con cal apagada se traduce en una disminución significativa de la resistencia a mayor reemplazo porcentual de cal por peso seco de suelo, suelo clasificado como SM areno limoso (Ver Anexo Clasificación De Suelos).
- Se determinó la resistencia a compresión de la unidad, como sigue:
  - La unidad de adobe convencional, tipo A, tiene una resistencia última  $f_0 = 13.08 \text{ Kg/cm}^2$ ; las unidades de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen una resistencia última  $f_0 = 5.58 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f_0 = 4.25 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f_0 = 2.96 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - Las unidades de adobes estabilizados tipo B, C y D, tienen una resistencia última  $f_0$  menor en porcentaje de 57 %, 68 %, 77% que la unidad del adobe convencional respectivamente.
  - La resistencia última  $f_0$  de la unidad de adobe convencional ( $f_0 = 13.08 \text{ Kg/cm}^2$ ) resiste 9 % más que la del valor de la NTP E.080 del año 2006 ( $f_0 = 12.00 \text{ Kg/cm}^2$ ) y 28 % más que la del valor de la NTP E.080 del año 2017 ( $f_0 = 10.20 \text{ Kg/cm}^2$ ), asemejándose más al valor de la NTP E.080 del año 2006.
- Se determinó la resistencia a la compresión de la albañilería (pila), como sigue:
  - La pila de adobe convencional, tipo A, tiene un esfuerzo de compresión último  $f'_m = 10.20 \text{ Kg/cm}^2$ ; las pilas de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen un esfuerzo de compresión último  $f'_m = 3.66 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 3.06 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'_m = 2.60 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - La pila de adobe convencional, tipo A, tiene un esfuerzo admisible a compresión del muro  $f_m = 2.04 \text{ Kg/cm}^2$ ; las pilas de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen un esfuerzo admisible a compresión del muro  $f_m = 0.73 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f_m = 0.61 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f_m = 0.52 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - La pila de adobe convencional, tipo A, tiene un esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento  $*$   $= 2.55 \text{ Kg/cm}^2$ ; las pilas de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen un esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento  $*$   $= 0.91 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $*$   $= 0.77 \text{ Kg/cm}^2$  y  $*$   $= 0.65 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - Las pilas de adobes estabilizados tipo B, C y D, tienen un esfuerzo de compresión último  $f'_m$ , un esfuerzo admisible a compresión del muro  $f_m$  y un esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento  $*$  menores en porcentaje de 64 %, 70 %, 75% que los esfuerzos de las pilas del adobe convencional respectivamente.

- El esfuerzo de compresión último  $f'_m$ , el esfuerzo admisible a compresión del muro  $f_m$  y el esfuerzo admisible por compresión por aplastamiento \* de la pila de adobe convencional resisten 2 % más que los valores de la NTP E.080 del año 2006 y 67 % más que los valores de la NTP E.080 del año 2017, asemejándose más a los valores de la NTP E.080 del año 2006.
- Se determinó la resistencia al corte de la albañilería (ensayo de compresión diagonal), como sigue:
  - El murete de adobe convencional, tipo A, tiene un esfuerzo último de ensayo  $f'_t = 0.48 \text{ Kg/cm}^2$ ; los muretes de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen un esfuerzo último de ensayo  $f'_t = 0.21 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f'_t = 0.14 \text{ Kg/cm}^2$  y  $f'_t = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - El murete de adobe convencional, tipo A, tiene un esfuerzo admisible a corte  $v_m = 0.19 \text{ Kg/cm}^2$ ; los muretes de adobes estabilizados con cal apagada tipo B (6%), C (12%) y D (18%) tienen un esfuerzo admisible a corte  $v_m = 0.09 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $v_m = 0.06 \text{ Kg/cm}^2$  y  $v_m = 0.03 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente.
  - Los muretes de adobes estabilizados tipo B, C y D, tienen un esfuerzo último de ensayo  $f'_t$  y un esfuerzo admisible a corte  $v_m$  menores en porcentaje de 56 %, 71%, 86 % que los de los muretes del adobe convencional respectivamente.
  - El esfuerzo último de ensayo  $f'_t$  y el esfuerzo admisible a corte  $v_m$  del murete de adobe convencional resisten 23 % menos que los valores de la NTP E.080 del año 2006 y 93% más que los valores de la NTP E.080 del año 2017, asemejándose más a los valores de la NTP E.080 del año 2006.
- La cal apagada reduce la contracción de las unidades de adobe, siendo el adobe estabilizado que contiene el mayor contenido de cal 18 % (tipo D) el que posee menor contracción promedio de la arista (del orden de 0.20 mm), mientras que las unidades de adobe tipo A, B, y C, tienen una contracción promedio de 0.38 mm, 0.27 mm y 0.24 mm respectivamente. De manera similar esta contracción es para los especímenes de pilas y muretes de adobe.
- Un mayor contenido de cal reduce el peso unitario del adobe, siendo el adobe que contiene el 18 % de cal el que tiene menor peso unitario (del orden de 1501.66  $\text{Kg/m}^3$ ), las unidades de adobe tipo A, B, y C, tienen un peso seco de 1767.87  $\text{Kg/m}^3$ , 1597.20  $\text{Kg/m}^3$ , 1540.77  $\text{Kg/m}^3$  respectivamente. De manera similar esta contracción es para los especímenes de pilas y muretes de adobe.
- La deformación unitaria es mayor en el adobe convencional decreciendo con un mayor uso porcentual en peso de cal apagada; siendo la deformación unitaria de 5.70, 5.07, 4.75 y 4.53 para las unidades de adobe tipo A, B, C y D respectivamente. De manera similar esta contracción es para los especímenes de pilas y muretes de adobe.

- Un mayor contenido de cal reduce el módulo de elasticidad, de acuerdo a la formula  $E_1$  es 11603.24 Kg/cm<sup>2</sup>, 6476.64 Kg/cm<sup>2</sup>, 5358.73 Kg/cm<sup>2</sup>, y 4298.25 Kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo a la formula  $E_2$  es 353.04 Kg/cm<sup>2</sup>, 215.69 Kg/cm<sup>2</sup>, 174.69 Kg/cm<sup>2</sup>, 116.90 Kg/cm<sup>2</sup>, para las unidades de adobe tipo A, B, y C, y D respectivamente.
- La muestra de suelo de la cantera adobera Cruz Blanca usada por el ingeniero Cachi (2016), clasificada por método SUCS como areno arcillosa (SC), pertenece a un estrato superior y está ubicada a 4.00 m de la muestra tomada por el tesista de la presente investigación, clasificada por método SUCS como areno limosa (SM). Ambas muestras de suelo cumplen con los porcentajes de gradación del suelo indicada en la NTP E.080 (MVCS, 2006) para la elaboración de adobes estabilizados.

### **Recomendaciones.**

De la presente investigación se llegó a las siguientes recomendaciones:

- No usar cal apagada en la elaboración de adobes estabilizados con suelos arenos limosos (SM).
- Usar cal apagada en la elaboración de adobes estabilizados, con otros tipos de suelo para ver el comportamiento que presentan, en especial a la resistencia mecánica a compresión.
- Hacer estudios de la resistencia mecánica a compresión (unidad, pilas, muretes), con diversos tipos de suelo y estabilizantes y comparar con los valores dados por las NTP E.080 del año 2006 y NTP E.080 del año 2017, para ver a que norma se acercan más.
- Hacer estudios en adobe estabilizado con cal apagada en porcentajes menores al 6 % en reemplazo del suelo seco.
- Tener cuidado en la manipulación y transporte de pilas y muretes de adobe para hacer el ensayo respectivo, puesto que este material es frágil. Usar bases y carros metálicos para su traslado.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Adamas et al. (1992). Adams, J.; Kneller, W. and Dollimore, D. "Thermal analysis (TA) of lime- and gypsum- based medieval mortars". *Thermo- chimica Acta*, 211. pp. 93-106.
- AMAZÚ. (2017). Revista de ecología crítica y alternativas viables. Volver a la tierra, el mejor material de construcción. Retrieved Mayo 04, 2017, from <http://www.amazu.org/volver-a-la-tierra/>
- Ashurst J. (1990). "Mortars for stone buildings". *Conservation of building and decorative stone*. Vol. 2. pp. 78-96.
- Bañón Blázquez, L. (2018). Manual de carreteras. Retrieved from <https://civilgeeks.com/2011/02/12/libro-completo-de-carreteras/>
- Barros , L., & Imhoff, F. (2010). Resistencia sísmica del suelo-cemento postensada en construcciones de baja complejidad geométrica. *Revista de la construcción*, 26-37.
- Blondet et. al. (2003). Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos:Tutor. EERI. Retrieved Mayo 04, 2017, from [http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe\\_Tutorial\\_Spanish\\_Blondet.pdf](http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial_Spanish_Blondet.pdf)
- Boynton, R. (1984). "Lime and Limestone". Vol. 14. *EncyclopediaofChemicalTechnologu*, 3ra ed., pp:343-382.
- Brajam M. Das. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Cuarta Edición. ISBN: 978-607-519-373-1. Mexico: CENGAGE Learning. Retrieved Mayo 04, 2017, from <https://www.udocz.com/read/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica---braja-m--das>
- Caceres. (2017). CACERES Kelvin. Análisis de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cal y Compactado para Construcciones Ecológicas-Económicas en Cajamarca. Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017. 133h.
- Cáceres, F. (2016). Mejora del Adobe a partir de su Estabilización con el Material Confitillo [en línea]. Trabajo de Investigación. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes, Programa Cybertesis PERÚ, 2010. 99 h. Retrieved Abril 25, 2017, from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/165>
- Cachi. (2016). Incremento de la Resistencia Mecánica del Adobe Estabilizado con Cemento para Construcciones Ecológicas-Económicas en Cajamarca. Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería, 2016. 233h.
- Calderón, J. (2013, Septiembre 05). Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia. Universidad Politécnica de Catalunya - Departamento de Construcción Arquitectónica I. Máster Oficial en Tecnología de la Arquitectura - Construcción e Innovación Tecnológica. Retrieved Mayo 01, 2017, from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1211>
- Cappadoce. (1985). *Berceau de l'Historie*. Ata. Ómer Demir.2aEdit. Derinkuyu .

- Chatterji S. . (1995). “Mechanism of expansión of concrete due to the presence of dead burnt CaO and MgO”. *Cement and Concrete Research*. Vol.25, No.1, pp:51-56.
- Diaz. (2016). *El Mejoramiento Físico del Adobe para Fines Constructivos* [en línea]. Tesis para obtener el grado de Maestro en Arquitectura. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, 2016. 103 h. Retrieved Abril 11, 2017, from <http://132.248.9.195/ptd2016/mayo/508008256/Index.html>
- F. S. (2009). ESTUDIO DE MERCADO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.Historia [en línea]. [Fecha de consulta:25 de octubre del 2017]. Disponible en:<http://www.mivivienda.com.pe/PortalCMS/archivos/documentos/EstudiodeMercado delaViviendaSocialenCajamarca.pdf> .
- FERNANDES et al. (2009). Estabilización de Tierra con Cal -Ventajas y Desventajas. Comité Científico Internacional del Patrimonio en Tierra (ICOMOS/ISCEAH) y Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. Évora, abril del 2012. [Fecha de consulta: 19 abril 2017]. Retrieved Abril 17, 2017, from [//hdl.handle.net/10174/7490](http://hdl.handle.net/10174/7490)
- Ferri, C. B. (2010). *Apuntes de construcción II. Estudios Inmobiliarios*. Editorial Club Universitario. ISBN edición en papel: 978-84-8454-161-5. 278 p. . Retrieved Mayo 01, 2017, from <https://books.google.com.pe/books?id=r636DQAAQBAJ&pg=PA91&lpg=PA91&dq=La%20resistencia%20mec%C3%A1nica%20y%20la%20resistencia%20a%20la%20acci%C3%B3n%20del%20agua%20aumentan%20cuando%20se%20usa%20m%C3%A1s%20cantidad%20de%20cemento%20en%20la%20mezcla.%20Se%20>
- Font, Q. P. (1982). *Diccionario de Botánica*. Barcelona: Editorial Labor, S. A. Retrieved Mayo 04, 2017, from <https://drive.google.com/file/d/0B1WpiiFXFhLnZjhhkZDBkZTktYTQwMS00MDAxLTlhMjctMTAxNDIxYjc3Mjc2/view?hl=en>
- Goma F. (1979). “El cemento portland y otros aglomerantes”. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona, capítulos 3 y 4.
- Heras, R. (1996). *El Adobe como Material de Construcción* [en línea]. Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 1996. 175 h. [Fecha de consulta:11 abril 2017]. Retrieved from <http://132.248.9.195/ppt1997/0240365/Index.html>
- Houben, & Guillard. (1994). *Earth Construction - A Comprehensive Guide*. ITDG Publishing, London, UK.
- Huezo , & Orellana. (2009, Febrero). *GUIA BASICA PARA ESTABILIZACION DE SUELOS. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA . ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL*. Tesis para optar el Titulo de Ingeniero Civil. Retrieved Mayo 02, 2017, from [http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADA\\_b%C3%A1sica\\_para\\_estabilizaci%C3%B3n\\_de\\_suelos\\_de\\_cal\\_en\\_caminos\\_de\\_baja\\_intensidad\\_vehicular\\_en\\_El\\_Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2138/1/Gu%C3%ADA_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf)

- Igarashi, H. L. (2009). Reforzamiento Estructural de Muros de Adobe. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú: UNI. Retrieved Mayo 04, 2017, from file:///C:/Users/oscar/Downloads/igarashi\_hl.pdf
- INEI. (2017, Abril 27). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Lima, Perú. Retrieved from <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>
- LHOIST. (2017). La Cal a lo largo de la Historia [en línea]. [Fecha de consulta:10 abril 2017]. Disponible en: <http://www.lhoist.com/es/la-cal-lo-largo-de-la-historia>.
- Linch G. (1998). "Lime mortars for brickwork: traditional practice and modern misconceptions- Part one". *Journal of Architectural Conservation* No.1, pp: 7-20.
- LOPEZ José, & BERNILLA Pedro. (2017, Abril 25). Evaluación Funcional y Constructiva de Viviendas con Adobe Estabilizado en Cayalti. Programa Cobe - 1976. [en línea]. Tesis para optar el Grado de Maestro. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Sección de Posgrado, 2012. 237 h. Retrieved from <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1130>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (18 de Junio de 2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Lima, Costa.
- Minke, G. (2001). Manual de Construcción en Tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Fin de Siglo. ISBN: 9974-49-347-1. 222 h.
- Morales et. al. (1993). Manual para la Construcción de Viviendas Adobe. Programa de Proyección Social. CISMID. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima .
- Mullins y Hatfield. (1970). "Effects of calcination conditions on the properties of lime". *The Reaction Parameters of Lime*, ASTM STP 472, American Society for Testing and Materials. Pp: 117-129.
- Murray J. A. (1956). Report to National Lime Association on Summary of fundamental research on lime and application of results to commercial problems. 19pp.
- MVCS. (2006, Junio 10). Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.080 Adobe. Lima, Lima, Perú.
- MVCS. (2010). Edificaciones antisísmicas de adobe. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima: Dirección Nacional de Construcción.
- MVCS. (2016, Enero 24). Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. (El Peruano, Ed.) Lima, Lima, Perú.
- MVCS. (2017, Abril 10). Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. (El Peruano, Ed.) Lima, Lima, Perú.
- MVCS D. (10 de Junio de 2006). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.080 Adobe. Lima, Lima, Perú.
- Neves, C., & Borges, F. O. (2011). Técnicas de Construcción con Tierra. ISBN 978-85-64472-01-3 . Bauru, Brasil: Faculdade de Engenharia de Bauru. (UNESP). Retrieved Mayo 04,

- 2017, from <https://centrocidart.files.wordpress.com/2013/10/tc3a9cnicas-de-construccic3b3n-con-tierra.pdf>
- Norma UNE 80-501-93. (n.d.). Asociación Española para la Normalización (AENOR) Norma UNE 80-501-93 Cales para construcción. Parte 1: definiciones, especificaciones.
- Oates T. (1991). "Lime and Limestone". Vol A15, pp:317-345.
- Oshiro, H. F. (1997). Construcción de viviendas económicas en adobe estabilizado. ed. PREDES. 28 p. Lima. Retrieved Mayo 01, 2017, from <https://ecocosas.com/wp-content/uploads/Biblioteca/Arquitectura/Construccion%20de%20vivienda%20economica%20con%20adobe%20estabilizado.pdf>
- S.A., F. M. (n.d.). ESTUDIO DE MERCADO DE LA VIVIENDA SOCIAL EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.
- Saavedra. (2013). Universidad Nacional del Santa. E.A.P. Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Saavedra Vera Janet. Retrieved MAYo 03, 2017, from [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana\\_5\\_la\\_cal\\_2013.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_5_la_cal_2013.pdf)
- TICRAT. (2008, Noviembre 17-21). Taller internacional de Conservación y Restauración de Arquitectura de tierra. El uso de la cal en la conservación del patrimonio edificado. Arizona-Sonora. Retrieved Mayo 03, 2007, from <http://missions.arizona.edu/sites/default/files/5%20Soria%20-%20Use%20of%20Lime.pdf>
- Universidad Politécnica de Cataluña. (2012). Arquitectura de Tierra: Caracterización de los Tipos Edificatorios. Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya. Retrieved Mayo 01, 2017, from [https://mastersuniversitaris.upc.edu/aem/archivos/2009-10-tesinas-pres/26-beatriz-yuste-miguel-arquitectura-de-tierra\\_completo.pdf](https://mastersuniversitaris.upc.edu/aem/archivos/2009-10-tesinas-pres/26-beatriz-yuste-miguel-arquitectura-de-tierra_completo.pdf)

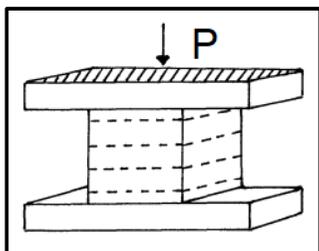
**ANEXOS**

- A. Determinación de la resistencia mecánica a compresión de los especímenes (unidad, pilas, muretes) de adobe convencional (“A”) y estabilizado (“B”, “C” y “D”).**
  - a. Determinación de la resistencia mecánica a compresión de las unidades de adobe convencional (“A”) y estabilizado (“B”, “C” y “D”).**

## Resistencia a la compresión de la unidad del adobe convencional, tipo "A".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE								NTP E. 080-2006					
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero C				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	0							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días				<b># ESPECÍMENES:</b>	12							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA			DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODULO DE ELASTICIDAD E1	MODULO DE ELASTICIDAD E2	MODO DE FALLA
A1	10	2.040	0.001	2040.00	1.570	0.000888	1767.17	1175.00	12.70	4.22	11382.32	612.63	FRÁGIL
A2	10	2.055	0.001	2055.00	1.580	0.000885	1785.85	1040.00	11.30	4.93	10907.02	392.35	FRÁGIL
A3	10	2.040	0.001	2040.00	1.570	0.000894	1756.18	1435.00	15.46	6.14	12442.22	315.06	FRÁGIL
A4	10	2.060	0.001	2060.00	1.585	0.000881	1798.98	1020.00	11.10	11.26	10932.42	169.13	FRÁGIL
A5	10	2.050	0.001	2050.00	1.575	0.000888	1774.64	1180.00	12.76	3.80	11484.88	329.78	FRÁGIL
A6	10	2.035	0.001	2034.50	1.565	0.000890	1757.88	1189.00	12.83	7.41	11353.85	255.83	FRÁGIL
A7	10	2.020	0.001	2020.00	1.555	0.000888	1750.29	1265.00	13.67	4.58	11641.32	315.19	FRÁGIL
A8	10	2.070	0.001	2070.00	1.590	0.000888	1789.68	1170.00	12.64	3.15	11575.80	631.55	FRÁGIL
A9	10	2.055	0.001	2055.00	1.580	0.000904	1747.34	1440.00	15.38	6.23	12318.73	313.20	FRÁGIL
A10	10	2.075	0.001	2075.00	1.595	0.000888	1795.31	1239.00	13.39	4.38	11968.45	318.09	FRÁGIL
A11	10	2.040	0.001	2040.00	1.570	0.000896	1752.54	1157.00	12.45	6.43	11131.71	256.88	FRÁGIL
A12	10	2.050	0.001	2050.00	1.575	0.000905	1740.01	1407.00	13.25	5.89	12100.21	326.77	FRÁGIL
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>2.049</b>	<b>0.001</b>	<b>2049.13</b>	<b>1.576</b>	<b>0.000891</b>	<b>1767.99</b>	-	<b>13.08</b>	<b>5.70</b>	<b>11603.24</b>	<b>353.04</b>	<b>100% FRÁGIL</b>

Fig. Ensayo de Compresion a la unidad (NTE.080-2006, 2017)



Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
f <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>13.08</b>	f <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>12.00</b>	f <sub>0</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>10.20</b>

Codigo	Dimensiones de Cubos de Adobe (Arista en cm)		
	Estudio	NTE.080-2006	NTE.080-2017
A	9.62	h > 8.00	10.00

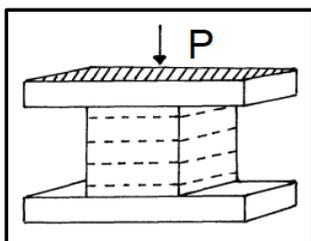
Donde:

f<sub>0</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a compresión de la unidad

## Resistencia a la compresión de la unidad del adobe estabilizado, tipo "B".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE								NTP E. 080-2006					
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Escabilizado (con cal apagada)							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero C				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	B							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	18/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	6							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días				<b># ESPECÍMENES:</b>	12							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA			DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>1</sub>	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>2</sub>	MODO DE FALLA
B1	10	1.920	0.001	1920.00	1.475	0.000915	1612.80	448.00	4.76	5.56	6074.14	139.94	FRÁGIL
B2	10	1.900	0.001	1900.00	1.460	0.000916	1593.12	540.00	5.72	4.79	6536.90	274.32	FRÁGIL
B3	10	1.905	0.001	1904.50	1.465	0.000915	1601.87	565.00	5.99	4.64	6748.61	297.84	FRÁGIL
B4	10	1.910	0.001	1910.00	1.470	0.000937	1568.24	498.00	5.18	7.89	6077.92	56.32	FRÁGIL
B5	10	1.900	0.001	1900.00	1.460	0.000921	1584.95	540.00	5.70	5.22	6479.98	104.87	FRÁGIL
B6	10	1.905	0.001	1904.50	1.465	0.000925	1583.85	512.00	5.41	3.78	6303.23	270.77	FRÁGIL
B7	10	1.920	0.001	1920.00	1.475	0.000915	1611.15	603.00	6.39	5.46	7028.89	342.02	FRÁGIL
B8	10	1.925	0.001	1925.00	1.480	0.000917	1613.28	598.00	6.32	4.75	7006.41	306.80	FRÁGIL
B9	10	1.910	0.001	1910.00	1.470	0.000915	1607.34	523.00	5.55	4.82	6526.22	287.38	FRÁGIL
B10	10	1.920	0.001	1920.00	1.475	0.000919	1604.53	545.00	5.76	4.83	6630.93	289.81	FRÁGIL
B11	10	1.900	0.001	1900.00	1.460	0.000920	1586.58	448.00	5.10	4.57	6134.71	102.29	FRÁGIL
B12	10	1.920	0.001	1920.00	1.475	0.000922	1599.59	477.00	5.03	4.47	6171.67	115.88	FRÁGIL
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>1.911</b>	<b>0.001</b>	<b>1911.17</b>	<b>1.469</b>	<b>0.000920</b>	<b>1597.27</b>	-	<b>5.58</b>	<b>5.07</b>	<b>6476.64</b>	<b>215.69</b>	<b>100% FRÁGIL</b>

Fig. Ensayo de Compresion a la unidad (NTE 0.80-2006, 2f)



Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	5.58	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	12.00	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	10.20

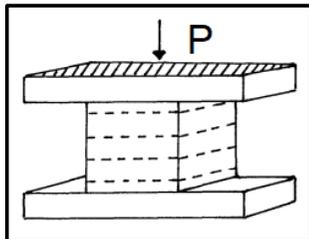
Donde: f<sub>o</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a compresión de la unidad

Codigo	Dimensiones de Cubos de Adobe (Arista en cm)		
	Estudio	NTE.080-2006	NTE.080-2017
B	9.73	h > 8.00	10.00

## Resistencia a la compresión de la unidad del adobe estabilizado, tipo "C".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE								NTP E.080-2006					
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Escabilizado (con cal apagada)							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero C				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	C							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	19/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	12							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días				<b># ESPECÍMENES:</b>	12							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA			DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN					
	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>1</sub>	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>2</sub>	MODO DE FALLA
C1	10	1.870	0.001	1870.00	1.440	0.000931	1547.29	400.00	4.21	5.56	5371.26	112.31	FRÁGIL
C2	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000928	1530.49	415.00	4.36	4.62	5376.62	138.08	FRÁGIL
C3	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000927	1532.06	396.00	4.16	7.93	5260.19	61.66	FRÁGIL
C4	10	1.840	0.001	1839.50	1.415	0.000925	1529.80	389.00	4.10	7.78	5207.30	59.59	FRÁGIL
C5	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000930	1527.35	450.00	4.72	4.22	5578.70	221.35	FRÁGIL
C6	10	1.880	0.001	1880.00	1.445	0.000925	1562.23	420.00	4.42	3.80	5583.79	211.45	FRÁGIL
C7	10	1.905	0.001	1904.50	1.465	0.000931	1574.14	390.00	4.09	3.14	5431.17	202.83	FRÁGIL
C8	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000931	1525.79	383.00	4.02	3.48	5136.14	213.49	FRÁGIL
C9	10	1.860	0.001	1860.00	1.430	0.000932	1534.96	432.00	4.53	2.82	5504.07	328.10	FRÁGIL
C10	10	1.865	0.001	1865.00	1.435	0.000927	1548.24	377.00	3.97	2.43	5216.66	264.55	FRÁGIL
C11	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000933	1522.67	413.00	4.33	4.49	5314.42	197.96	FRÁGIL
C12	10	1.880	0.001	1880.00	1.445	0.000930	1554.24	389.00	4.08	6.68	5324.40	84.89	FRÁGIL
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>1.860</b>	<b>0.001</b>	<b>1860.33</b>	<b>1.431</b>	<b>0.000929</b>	<b>1540.77</b>	-	<b>4.25</b>	<b>4.75</b>	<b>5358.73</b>	<b>174.69</b>	<b>100% FRÁGIL</b>

Fig. Ensayo de Compresión a la unidad (NTE.080-2006, 201)



Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	4.25	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	12.00	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	10.20

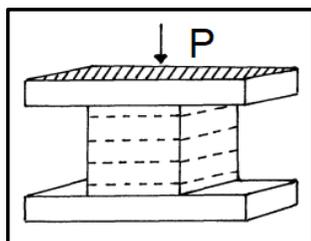
Donde: f<sub>o</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) Resistencia a compresión de la unidad

Codigo	Dimensiones de Cubos de Adobe (Arista en cm)		
	Estudio	NTE.080-2006	NTE.080-2017
C	9.76	h > 8.00	10.00

## Resistencia a la compresión de la unidad del adobe estabilizado, tipo "D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE													NTP E. 080-2006	
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Escabilizado (con cal apagada)								
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	D								
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.								
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.								
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	20/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	18								
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días				<b># ESPECÍMENES:</b>	12								
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA			DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN						
	ARISTA. (cm)	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	VOL. (m <sup>3</sup> )	P.U. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF-UNT. (X100)	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>1</sub>	MODULO DE ELASTICIDAD E <sub>2</sub>	MODO DE FALLA	
D1	10	1.840	0.001	1839.50	1.415	0.000936	1511.11	285.00	2.98	5.27	4357.87	97.95	FRÁGIL	
D2	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000938	1513.35	308.00	3.21	5.01	4535.76	102.21	FRÁGIL	
D3	10	1.830	0.001	1830.00	1.405	0.000937	1498.90	311.00	3.24	3.03	4494.94	146.79	FRÁGIL	
D4	10	1.850	0.001	1850.00	1.425	0.000939	1517.13	285.00	2.97	5.26	4379.47	87.10	FRÁGIL	
D5	10	1.830	0.001	1830.00	1.405	0.000943	1489.75	358.00	3.72	5.61	4768.80	82.21	FRÁGIL	
D6	10	1.835	0.001	1835.00	1.410	0.000937	1504.23	282.00	2.95	6.08	4305.31	54.08	FRÁGIL	
D7	10	1.840	0.001	1839.50	1.415	0.000939	1506.49	223.00	2.32	4.29	3831.27	165.41	FRÁGIL	
D8	10	1.850	0.001	1850.00	1.425	0.000941	1514.04	275.00	2.86	2.09	4284.43	246.97	FRÁGIL	
D9	10	1.845	0.001	1845.00	1.420	0.000944	1504.12	265.00	2.75	4.91	4160.29	89.19	FRÁGIL	
D10	10	1.840	0.001	1839.50	1.415	0.000941	1503.41	286.00	2.98	3.21	4325.56	134.92	FRÁGIL	
D11	10	1.815	0.001	1815.00	1.395	0.000940	1483.68	247.00	2.57	5.09	3940.95	83.34	FRÁGIL	
D12	10	1.810	0.001	1810.00	1.390	0.000943	1473.84	286.00	2.97	4.47	4194.29	112.60	FRÁGIL	
<b>PROMEDIO</b>	<b>10</b>	<b>1.836</b>	<b>0.001</b>	<b>1835.71</b>	<b>1.412</b>	<b>0.000940</b>	<b>1501.67</b>	-	<b>2.96</b>	<b>4.53</b>	<b>4298.25</b>	<b>116.90</b>	<b>100% FRÁGIL</b>	

Fig. Ensayo de Compresión a la unidad (NTE0.80-2006, 201)



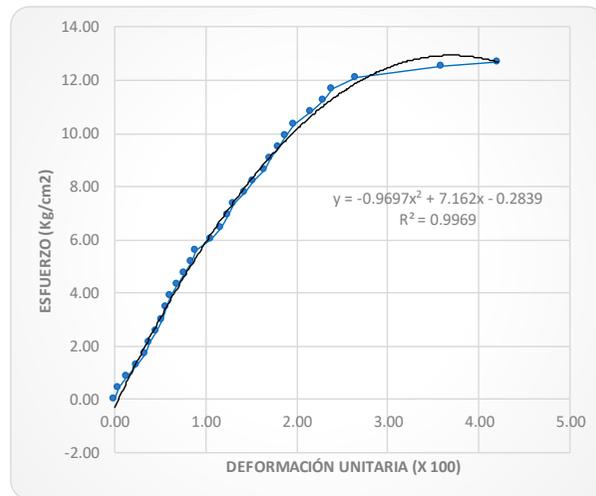
Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	2.96	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	12.00	f <sub>o</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	10.20

Donde: f<sub>o</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) Resistencia a compresión de la unidad

Codigo	Dimensiones de Cubos de Adobe (Arista en cm)		
	Estudio	NTE.080-2006	NTE.080-2017
D	9.80	h > 8.00	10.00

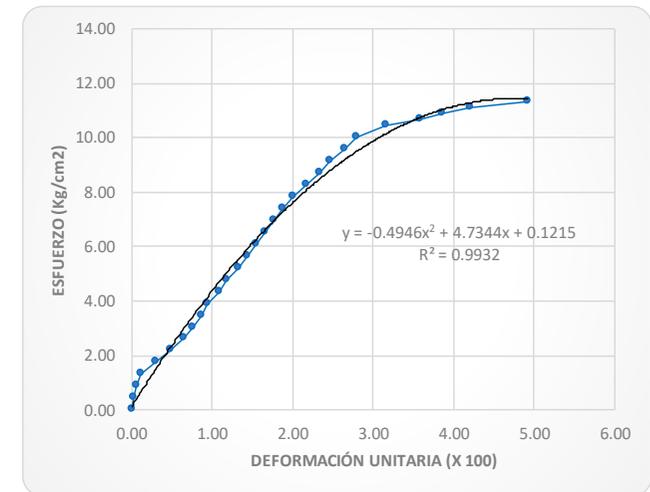
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.61
PROBETA:		A1		ANCHO (cm):	9.63
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.54
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.60
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	12.70
TIEM. DE ENSAYO:		2.43		VEL. DE CARGA (kg/min):	483.54
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11382.32 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 612.63 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.04	0.04	0.43		
80	0.14	0.15	0.86		
120	0.24	0.25	1.30		
160	0.32	0.33	1.73		
200	0.37	0.39	2.16		
240	0.44	0.46	2.59		
280	0.51	0.53	3.03		
320	0.55	0.57	3.46		
360	0.60	0.63	3.89		
400	0.67	0.70	4.32		
440	0.74	0.77	4.75		
480	0.81	0.84	5.19		
520	0.86	0.90	5.62		
560	1.02	1.06	6.05		
600	1.12	1.17	6.48		
640	1.20	1.25	6.92		
680	1.26	1.31	7.35		
720	1.38	1.44	7.78		
760	1.47	1.53	8.21		
800	1.58	1.65	8.64		
840	1.64	1.71	9.08		
880	1.73	1.80	9.51		
920	1.80	1.88	9.94		
960	1.89	1.97	10.37		
1000	2.08	2.17	10.81		
1040	2.20	2.29	11.24		
1080	2.30	2.40	11.67		
1120	2.55	2.66	12.10		
1160	3.45	3.59	12.53		
1175	4.05	4.22	12.70		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



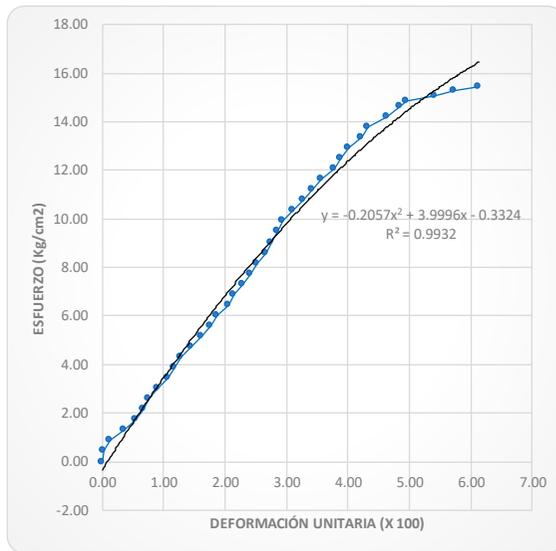
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.60
PROBETA:		A2		ANCHO (cm):	9.59
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.06
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.61
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	11.30
TIEM. DE ENSAYO:		2.25		VEL. DE CARGA (kg/min):	266.67
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 10907.02 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 392.35 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.02	0.02	0.43		
80	0.05	0.05	0.87		
120	0.12	0.12	1.30		
160	0.28	0.29	1.74		
200	0.47	0.49	2.17		
240	0.62	0.65	2.61		
280	0.73	0.76	3.04		
320	0.84	0.87	3.48		
360	0.90	0.94	3.91		
400	1.05	1.09	4.34		
440	1.14	1.19	4.78		
480	1.27	1.32	5.21		
520	1.38	1.44	5.65		
560	1.49	1.55	6.08		
600	1.60	1.66	6.52		
640	1.7	1.77	6.95		
680	1.81	1.88	7.39		
720	1.93	2.01	7.82		
760	2.09	2.17	8.26		
800	2.25	2.34	8.69		
840	2.37	2.47	9.12		
880	2.55	2.65	9.56		
920	2.69	2.80	9.99		
960	3.04	3.16	10.43		
980	3.45	3.59	10.64		
1000	3.7	3.85	10.86		
1020	4.05	4.21	11.08		
1040	4.74	4.93	11.30		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



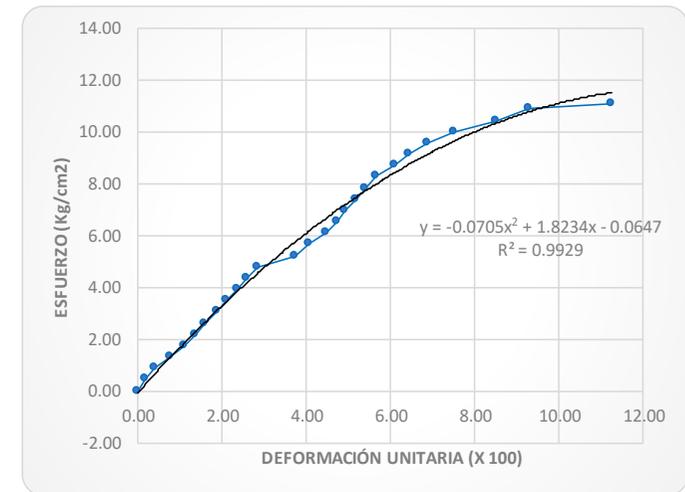
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.64
PROBETA:	A3		ANCHO (cm):	9.63
% CAL	0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.83
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107		ALTURA (cm):	9.63
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	15.46
TIEM. DE ENSAYO:	3.5		VEL. DE CARGA (kg/min):	410.00
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				E1: 12442.22 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 315.06 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
40	0.02	0.02	0.43	
80	0.13	0.13	0.86	
120	0.35	0.36	1.29	
160	0.52	0.54	1.72	
200	0.65	0.67	2.15	
240	0.74	0.77	2.59	
280	0.88	0.91	3.02	
320	1.03	1.07	3.45	
360	1.13	1.17	3.88	
400	1.24	1.29	4.31	
440	1.39	1.44	4.74	
480	1.55	1.61	5.17	
520	1.7	1.77	5.60	
560	1.8	1.87	6.03	
600	1.98	2.06	6.46	
640	2.07	2.15	6.89	
680	2.2	2.28	7.32	
720	2.32	2.41	7.76	
760	2.43	2.52	8.19	
800	2.57	2.67	8.62	
840	2.65	2.75	9.05	
880	2.75	2.86	9.48	
920	2.84	2.95	9.91	
960	3	3.12	10.34	
1000	3.15	3.27	10.77	
1040	3.3	3.43	11.20	
1080	3.45	3.58	11.63	
1120	3.64	3.78	12.06	
1160	3.74	3.88	12.50	
1200	3.87	4.02	12.93	
1240	4.07	4.23	13.36	
1280	4.17	4.33	13.79	
1320	4.48	4.65	14.22	
1360	4.68	4.86	14.65	
1380	4.77	4.95	14.87	
1400	5.22	5.42	15.08	
1420	5.52	5.73	15.30	
1435	5.91	6.14	15.46	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.59
PROBETA:	A4		ANCHO (cm):	9.58
% CAL	0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	91.87
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107		ALTURA (cm):	9.59
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	11.10
TIEM. DE ENSAYO:	2.05		VEL. DE CARGA (kg/min):	497.56
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				E1: 10932.42 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 169.13 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
40	0.17	0.18	0.44	
80	0.37	0.39	0.87	
120	0.75	0.78	1.31	
160	1.05	1.09	1.74	
200	1.30	1.36	2.18	
240	1.50	1.56	2.61	
280	1.79	1.87	3.05	
320	2.03	2.12	3.48	
360	2.26	2.36	3.92	
400	2.46	2.57	4.35	
440	2.74	2.86	4.79	
480	3.57	3.72	5.22	
520	3.88	4.05	5.66	
560	4.30	4.48	6.10	
600	4.52	4.71	6.53	
640	4.72	4.92	6.97	
680	4.97	5.18	7.40	
720	5.17	5.39	7.84	
760	5.42	5.65	8.27	
800	5.84	6.09	8.71	
840	6.17	6.43	9.14	
880	6.60	6.88	9.58	
920	7.20	7.51	10.01	
960	8.15	8.50	10.45	
1000	8.90	9.28	10.88	
1020	10.80	11.26	11.10	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.61
PROBETA:		A5		ANCHO (cm):	9.62
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.45
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.60
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	12.76
TIEM. DE ENSAYO:		2.04		VEL. DE CARGA (kg/min):	578.43
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11484.88 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 329.78 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
40	0.2	0.21	0.43		
80	0.43	0.45	0.87		
120	0.63	0.66	1.30		
160	0.75	0.78	1.73		
200	0.84	0.88	2.16		
240	0.98	1.02	2.60		
280	1.05	1.09	3.03		
320	1.15	1.20	3.46		
360	1.28	1.33	3.89		
400	1.38	1.44	4.33		
440	1.44	1.50	4.76		
480	1.5	1.56	5.19		
520	1.54	1.60	5.62		
560	1.65	1.72	6.06		
600	1.78	1.85	6.49		
640	1.83	1.91	6.92		
680	1.88	1.96	7.36		
720	2.02	2.10	7.79		
760	2.12	2.21	8.22		
800	2.25	2.34	8.65		
840	2.36	2.46	9.09		
880	2.45	2.55	9.52		
920	2.55	2.66	9.95		
960	2.64	2.75	10.38		
1000	2.71	2.82	10.82		
1040	2.81	2.93	11.25		
1080	2.95	3.07	11.68		
1120	3.08	3.21	12.11		
1160	3.28	3.42	12.55		
1180	3.65	3.80	12.76		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.62
PROBETA:		A6		ANCHO (cm):	9.63
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.64
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.61
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	12.83
TIEM. DE ENSAYO:		2.3		VEL. DE CARGA (kg/min):	516.96
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11353.85 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 255.83 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.40	0.42	0.43		
80	0.55	0.57	0.86		
120	0.75	0.78	1.30		
160	0.88	0.92	1.73		
200	1.04	1.08	2.16		
240	1.15	1.20	2.59		
280	1.29	1.34	3.02		
320	1.38	1.44	3.45		
360	1.55	1.61	3.89		
400	1.65	1.72	4.32		
440	1.78	1.85	4.75		
480	1.95	2.03	5.18		
520	2.12	2.21	5.61		
560	2.26	2.35	6.04		
600	2.37	2.47	6.48		
640	2.45	2.55	6.91		
720	2.83	2.94	7.77		
760	3.04	3.16	8.20		
800	3.32	3.45	8.64		
840	3.50	3.64	9.07		
880	3.68	3.83	9.50		
920	3.84	4.00	9.93		
960	4.05	4.21	10.36		
1000	4.85	5.05	10.79		
1040	5.13	5.34	11.23		
1080	5.42	5.64	11.66		
1120	5.72	5.95	12.09		
1160	6.30	6.56	12.52		
1180	6.75	7.02	12.74		
1189	7.12	7.41	12.83		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.62
PROBETA:		A7		ANCHO (cm):	9.62
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.54
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.60
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	13.67
TIEM. DE ENSAYO:		3.42		VEL. DE CARGA (kg/min):	369.88
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11641.32 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 315.19 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.05	0.05	0.43		
80	0.15	0.16	0.86		
120	0.35	0.36	1.30		
160	0.50	0.52	1.73		
200	0.63	0.66	2.16		
240	0.77	0.80	2.59		
280	0.88	0.92	3.03		
320	1.01	1.05	3.46		
360	1.11	1.16	3.89		
400	1.21	1.26	4.32		
440	1.37	1.43	4.75		
480	1.56	1.63	5.19		
520	1.71	1.78	5.62		
560	1.85	1.93	6.05		
600	1.97	2.05	6.48		
640	2.05	2.14	6.92		
680	2.22	2.31	7.35		
720	2.3	2.40	7.78		
760	2.42	2.52	8.21		
800	2.55	2.66	8.64		
840	2.66	2.77	9.08		
880	2.76	2.88	9.51		
920	2.83	2.95	9.94		
960	3.02	3.15	10.37		
1000	3.16	3.29	10.81		
1040	3.31	3.45	11.24		
1080	3.44	3.58	11.67		
1120	3.6	3.75	12.10		
1160	3.7	3.85	12.53		
1200	3.9	4.06	12.97		
1240	4.2	4.38	13.40		
1265	4.4	4.58	13.67		

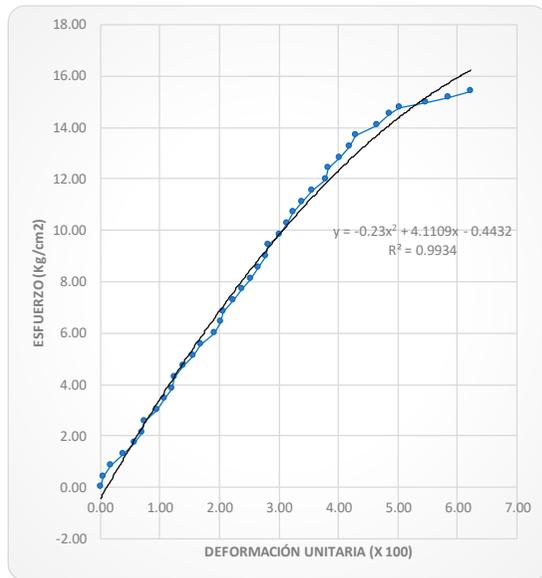
**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.61
PROBETA:		A8		ANCHO (cm):	9.63
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.54
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.60
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	12.64
TIEM. DE ENSAYO:		2.5		VEL. DE CARGA (kg/min):	468.00
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11575.80 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 631.55 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.07	0.07	0.43		
80	0.12	0.13	0.86		
120	0.22	0.23	1.30		
160	0.30	0.31	1.73		
200	0.35	0.36	2.16		
240	0.42	0.44	2.59		
280	0.50	0.52	3.03		
320	0.53	0.55	3.46		
360	0.58	0.60	3.89		
400	0.65	0.68	4.32		
440	0.72	0.75	4.75		
480	0.79	0.82	5.19		
520	0.83	0.86	5.62		
560	0.95	0.99	6.05		
600	1.10	1.15	6.48		
640	1.18	1.23	6.92		
680	1.25	1.30	7.35		
720	1.35	1.41	7.78		
760	1.45	1.51	8.21		
800	1.56	1.63	8.64		
840	1.60	1.67	9.08		
880	1.75	1.82	9.51		
920	1.81	1.89	9.94		
960	1.95	2.03	10.37		
1000	2.05	2.14	10.81		
1040	2.15	2.24	11.24		
1080	2.30	2.40	11.67		
1120	2.50	2.60	12.10		
1160	2.65	2.76	12.53		
1170	3.02	3.15	12.64		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

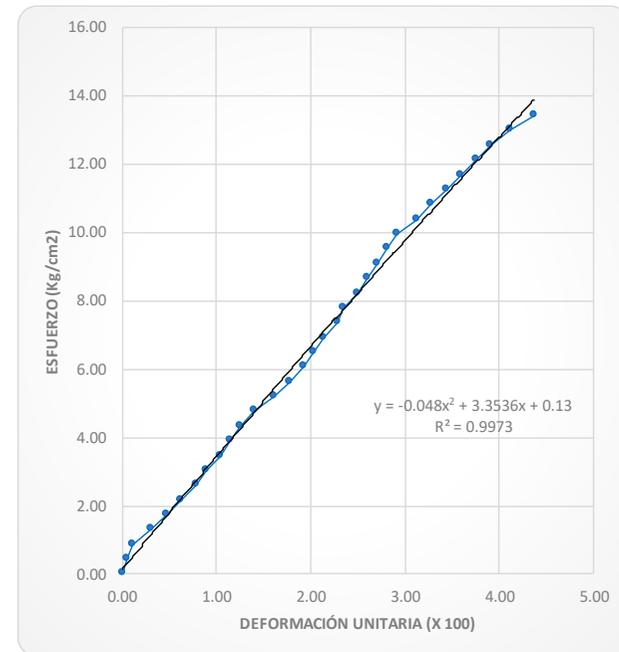
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.67
PROBETA:		A9		ANCHO (cm):	9.68
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	93.61
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.66
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	15.38
TIEM. DE ENSAYO:		3.38		VEL. DE CARGA (kg/min):	426.04
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 12318.73 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 313.20 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.05	0.05	0.43		
80	0.16	0.17	0.85		
120	0.38	0.39	1.28		
160	0.55	0.57	1.71		
200	0.67	0.69	2.14		
240	0.72	0.75	2.56		
280	0.91	0.94	2.99		
320	1.05	1.09	3.42		
360	1.16	1.20	3.85		
400	1.2	1.24	4.27		
440	1.35	1.40	4.70		
480	1.5	1.55	5.13		
520	1.62	1.68	5.56		
560	1.85	1.92	5.98		
600	1.95	2.02	6.41		
640	2	2.07	6.84		
680	2.15	2.23	7.26		
720	2.3	2.38	7.69		
760	2.45	2.54	8.12		
800	2.57	2.66	8.55		
840	2.68	2.77	8.97		
880	2.72	2.82	9.40		
920	2.9	3.00	9.83		
960	3.02	3.13	10.26		
1000	3.12	3.23	10.68		
1040	3.27	3.39	11.11		
1080	3.43	3.55	11.54		
1120	3.65	3.78	11.97		
1160	3.7	3.83	12.39		
1200	3.88	4.02	12.82		
1240	4.04	4.18	13.25		
1280	4.15	4.30	13.67		
1320	4.48	4.64	14.10		
1360	4.7	4.87	14.53		
1380	4.85	5.02	14.74		
1400	5.29	5.48	14.96		
1420	5.65	5.85	15.17		
1440	6.02	6.23	15.38		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



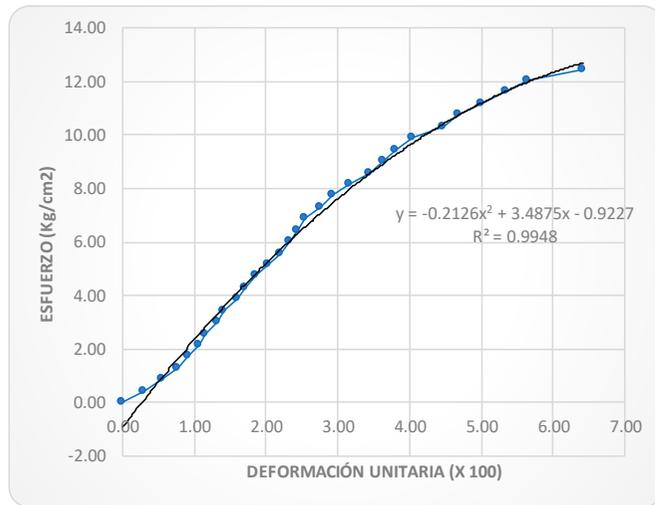
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.62
PROBETA:		A10		ANCHO (cm):	9.62
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.54
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.60
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	13.39
TIEM. DE ENSAYO:		3.35		VEL. DE CARGA (kg/min):	369.85
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11968.45 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 318.09 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.05	0.05	0.43		
80	0.11	0.11	0.86		
120	0.30	0.31	1.30		
160	0.45	0.47	1.73		
200	0.60	0.63	2.16		
240	0.75	0.78	2.59		
280	0.85	0.89	3.03		
320	1	1.04	3.46		
360	1.1	1.15	3.89		
400	1.2	1.25	4.32		
440	1.35	1.41	4.75		
480	1.55	1.61	5.19		
520	1.7	1.77	5.62		
560	1.85	1.93	6.05		
600	1.95	2.03	6.48		
640	2.05	2.14	6.92		
680	2.2	2.29	7.35		
720	2.25	2.34	7.78		
760	2.4	2.50	8.21		
800	2.5	2.60	8.64		
840	2.6	2.71	9.08		
880	2.7	2.81	9.51		
920	2.8	2.92	9.94		
960	3	3.13	10.37		
1000	3.15	3.28	10.81		
1040	3.3	3.44	11.24		
1080	3.45	3.59	11.67		
1120	3.6	3.75	12.10		
1160	3.75	3.91	12.53		
1200	3.95	4.11	12.97		
1239	4.2	4.38	13.39		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



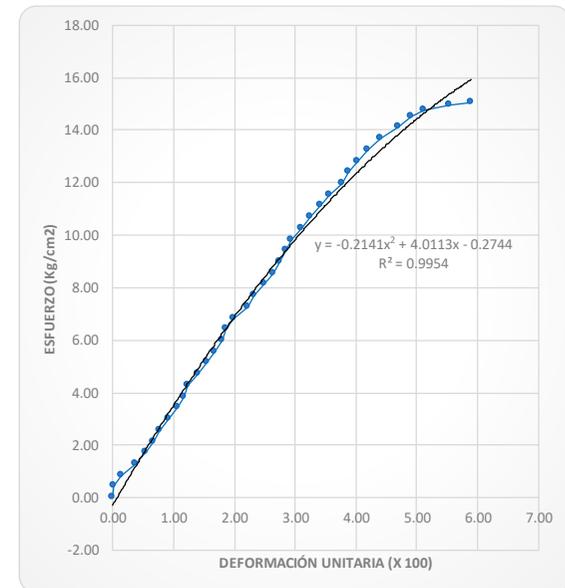
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.65
PROBETA:		A11		ANCHO (cm):	9.63
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	92.93
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.64
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	12.45
TIEM. DE ENSAYO:		2.20		VEL. DE CARGA (kg/min):	525.91
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 11131.71 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 256.88 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.28	0.29	0.43		
80	0.53	0.55	0.86		
120	0.74	0.77	1.29		
160	0.89	0.92	1.72		
200	1.03	1.07	2.15		
240	1.12	1.16	2.58		
280	1.27	1.32	3.01		
320	1.36	1.41	3.44		
360	1.54	1.60	3.87		
400	1.66	1.72	4.30		
440	1.79	1.86	4.73		
480	1.95	2.02	5.17		
520	2.13	2.21	5.60		
560	2.25	2.33	6.03		
600	2.35	2.44	6.46		
640	2.45	2.54	6.89		
680	2.66	2.76	7.32		
720	2.82	2.93	7.75		
760	3.05	3.16	8.18		
800	3.32	3.44	8.61		
840	3.50	3.63	9.04		
880	3.68	3.82	9.47		
920	3.90	4.05	9.90		
960	4.32	4.48	10.33		
1000	4.52	4.69	10.76		
1040	4.82	5.00	11.19		
1080	5.15	5.34	11.62		
1120	5.45	5.65	12.05		
1157	6.20	6.43	12.45		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.67
PROBETA:		A12		ANCHO (cm):	9.68
% CAL		0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	93.61
FECHA DE FABRIC.:		17/06/2107		ALTURA (cm):	9.67
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	15.03
TIEM. DE ENSAYO:		3.45		VEL. DE CARGA (kg/min):	407.83
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 12100.21 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 326.77 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
40	0.02	0.02	0.43		
80	0.13	0.13	0.85		
120	0.35	0.36	1.28		
160	0.52	0.54	1.71		
200	0.65	0.67	2.14		
240	0.74	0.77	2.56		
280	0.88	0.91	2.99		
320	1.03	1.07	3.42		
360	1.13	1.17	3.85		
400	1.2	1.24	4.27		
440	1.35	1.40	4.70		
480	1.5	1.55	5.13		
520	1.62	1.68	5.56		
560	1.75	1.81	5.98		
600	1.8	1.86	6.41		
640	1.92	1.99	6.84		
680	2.15	2.22	7.26		
720	2.25	2.33	7.69		
760	2.4	2.48	8.12		
800	2.55	2.64	8.55		
840	2.65	2.74	8.97		
880	2.75	2.84	9.40		
920	2.84	2.94	9.83		
960	3	3.10	10.26		
1000	3.15	3.26	10.68		
1040	3.3	3.41	11.11		
1080	3.45	3.57	11.54		
1120	3.64	3.76	11.97		
1160	3.75	3.88	12.39		
1200	3.9	4.03	12.82		
1240	4.05	4.19	13.25		
1280	4.25	4.40	13.67		
1320	4.55	4.71	14.10		
1360	4.75	4.91	14.53		
1380	4.95	5.12	14.74		
1400	5.35	5.53	14.96		
1407	5.7	5.89	15.03		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.70
PROBETA:		B1		ANCHO (cm): 9.71
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.19
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.71
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 4.76
TIEM. DE ENSAYO:		1.48		VEL. DE CARGA (kg/min): 302.70
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				E1: 6074.14 (Kg/cm <sup>2</sup> )      E2: 139.94 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.32	0.33	0.21	
40	0.58	0.60	0.42	
60	0.68	0.70	0.64	
80	0.76	0.78	0.85	
100	0.81	0.83	1.06	
120	0.87	0.90	1.27	
140	0.98	1.01	1.49	
160	1.15	1.18	1.70	
180	1.33	1.37	1.91	
200	1.55	1.60	2.12	
220	1.74	1.79	2.34	
240	1.87	1.93	2.55	
260	2.08	2.14	2.76	
280	2.38	2.45	2.97	
300	2.60	2.68	3.19	
320	2.80	2.88	3.40	
340	3.08	3.17	3.61	
360	3.35	3.45	3.82	
380	3.65	3.76	4.03	
400	4.08	4.20	4.25	
420	4.35	4.48	4.46	
440	4.82	4.96	4.67	
448	5.40	5.56	4.76	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	
ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA (X 100)
$y = -0.1376x^2 + 1.6568x - 0.218$ $R^2 = 0.9935$	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.72
PROBETA:		B2		ANCHO (cm): 9.72
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.48
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 5.72
TIEM. DE ENSAYO:		1.49		VEL. DE CARGA (kg/min): 362.42
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
				E1: 6536.90 (Kg/cm <sup>2</sup> )      E2: 274.32 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	
20	0.05	0.05	0.21	
40	0.07	0.07	0.42	
60	0.15	0.15	0.64	
80	0.25	0.26	0.85	
100	0.33	0.34	1.06	
120	0.42	0.43	1.27	
140	0.49	0.51	1.48	
160	0.58	0.60	1.69	
180	0.66	0.68	1.91	
200	0.75	0.77	2.12	
220	0.82	0.85	2.33	
240	0.9	0.93	2.54	
260	1.08	1.11	2.75	
280	1.2	1.24	2.96	
300	1.35	1.39	3.18	
320	1.48	1.53	3.39	
340	1.6	1.65	3.60	
360	1.75	1.80	3.81	
380	1.84	1.90	4.02	
400	2.05	2.11	4.23	
420	2.2	2.27	4.45	
440	2.38	2.45	4.66	
460	2.6	2.68	4.87	
480	2.84	2.93	5.08	
500	3.28	3.38	5.29	
520	3.65	3.76	5.50	
540	4.65	4.79	5.72	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	
ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA (X 100)
$y = -0.2986x^2 + 2.5448x + 0.2332$ $R^2 = 0.9973$	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.71
PROBETA:		B3		ANCHO (cm):	9.71
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	94.28
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.99
TIEM. DE ENSAYO:		1.36		VEL. DE CARGA (kg/min):	415.44
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6748.61 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 297.84 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
20	0.01	0.01	0.21		
40	0.03	0.03	0.42		
60	0.05	0.05	0.64		
80	0.08	0.08	0.85		
100	0.11	0.11	1.06		
120	0.14	0.14	1.27		
140	0.18	0.19	1.48		
160	0.31	0.32	1.70		
180	0.48	0.49	1.91		
200	0.63	0.65	2.12		
220	0.74	0.76	2.33		
240	0.78	0.80	2.55		
260	0.88	0.91	2.76		
280	1.05	1.08	2.97		
300	1.22	1.26	3.18		
320	1.35	1.39	3.39		
340	1.42	1.46	3.61		
360	1.52	1.57	3.82		
380	1.65	1.70	4.03		
400	1.74	1.79	4.24		
420	1.84	1.90	4.45		
440	1.98	2.04	4.67		
460	2.05	2.11	4.88		
480	2.26	2.33	5.09		
500	2.48	2.56	5.30		
520	2.58	2.66	5.52		
540	2.88	2.97	5.73		
560	3.65	3.76	5.94		
565	4.50	4.64	5.99		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.80
PROBETA:		B4		ANCHO (cm):	9.81
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	96.14
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.18
TIEM. DE ENSAYO:		1.3		VEL. DE CARGA (kg/min):	383.08
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6077.92 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 56.32 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	1.05	1.08	0.21		
40	1.58	1.63	0.42		
60	1.89	1.95	0.62		
80	2.24	2.31	0.83		
100	2.52	2.60	1.04		
120	2.72	2.80	1.25		
140	2.84	2.93	1.46		
160	3.13	3.23	1.66		
180	3.38	3.48	1.87		
200	3.58	3.69	2.08		
220	3.76	3.88	2.29		
240	4.08	4.21	2.50		
260	4.25	4.38	2.70		
280	4.42	4.56	2.91		
300	4.55	4.69	3.12		
320	4.75	4.90	3.33		
340	4.9	5.05	3.54		
360	5.25	5.41	3.74		
380	5.58	5.75	3.95		
400	5.75	5.93	4.16		
420	5.9	6.08	4.37		
440	6.32	6.52	4.58		
460	6.78	6.99	4.78		
480	7.23	7.45	4.99		
498	7.65	7.89	5.18		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.73
PROBETA:		B5		ANCHO (cm):	9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	94.67
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.73
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.70
TIEM. DE ENSAYO:		1.48		VEL. DE CARGA (kg/min):	364.86
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6479.98 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 104.87 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	0.55	0.57	0.21		
40	1.07	1.10	0.42		
60	1.22	1.25	0.63		
80	1.34	1.38	0.85		
100	1.45	1.49	1.06		
120	1.55	1.59	1.27		
140	1.67	1.72	1.48		
160	1.77	1.82	1.69		
180	1.85	1.90	1.90		
200	2	2.06	2.11		
220	2.15	2.21	2.32		
240	2.28	2.34	2.54		
260	2.35	2.42	2.75		
280	2.46	2.53	2.96		
300	2.56	2.63	3.17		
320	2.74	2.82	3.38		
340	2.9	2.98	3.59		
360	3.07	3.16	3.80		
380	3.2	3.29	4.01		
400	3.33	3.42	4.23		
420	3.48	3.58	4.44		
440	3.68	3.78	4.65		
460	3.9	4.01	4.86		
480	4.08	4.19	5.07		
500	4.34	4.46	5.28		
520	4.68	4.81	5.49		
540	5.08	5.22	5.70		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.73
PROBETA:		B6		ANCHO (cm):	9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	94.67
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.73
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.41
TIEM. DE ENSAYO:		1.45		VEL. DE CARGA (kg/min):	353.10
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6303.23 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 270.77 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
20	0.02	0.02	0.21		
40	0.10	0.10	0.42		
60	0.19	0.20	0.63		
80	0.26	0.27	0.85		
100	0.31	0.32	1.06		
120	0.40	0.41	1.27		
140	0.47	0.48	1.48		
160	0.56	0.58	1.69		
180	0.64	0.66	1.90		
200	0.73	0.75	2.11		
220	0.85	0.87	2.32		
240	0.93	0.95	2.54		
260	1.11	1.14	2.75		
280	1.23	1.26	2.96		
300	1.38	1.41	3.17		
320	1.51	1.55	3.38		
340	1.63	1.67	3.59		
360	1.78	1.82	3.80		
380	1.87	1.92	4.01		
400	2.08	2.14	4.23		
420	2.23	2.29	4.44		
440	2.41	2.48	4.65		
460	2.63	2.70	4.86		
480	2.87	2.95	5.07		
500	3.31	3.40	5.28		
512	3.68	3.78	5.41		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.72
PROBETA:		B7		ANCHO (cm): 9.71
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.38
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 6.39
TIEM. DE ENSAYO:		1.4		VEL. DE CARGA (kg/min): 430.71
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 7028.89 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 342.02 (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00		
20	0.08	0.08		
40	0.09	0.09		
60	0.10	0.10		
80	0.11	0.11		
100	0.15	0.15		
120	0.20	0.21		
140	0.30	0.31		
160	0.42	0.43		
180	0.50	0.52		
200	0.60	0.62		
220	0.70	0.72		
240	0.72	0.74		
260	0.82	0.85		
280	0.99	1.02		
300	1.16	1.20		
320	1.29	1.33		
340	1.36	1.40		
360	1.46	1.51		
380	1.64	1.69		
400	1.73	1.78		
420	1.83	1.89		
440	1.97	2.03		
460	2.04	2.10		
480	2.28	2.35		
500	2.50	2.58		
520	2.60	2.68		
540	2.90	2.99		
560	3.35	3.46		
580	3.83	3.95		
600	4.41	4.55		
603	5.30	5.46		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.72
PROBETA:		B8		ANCHO (cm): 9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.58
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 6.32
TIEM. DE ENSAYO:		1.38		VEL. DE CARGA (kg/min): 433.33
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 7006.41 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 306.80 (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00		
20	0.05	0.05		
40	0.07	0.07		
60	0.09	0.09		
80	0.12	0.12		
100	0.15	0.15		
120	0.18	0.19		
140	0.30	0.31		
160	0.43	0.44		
180	0.55	0.57		
200	0.61	0.63		
220	0.75	0.77		
240	0.80	0.82		
260	0.90	0.93		
280	0.98	1.01		
300	1.15	1.19		
320	1.32	1.36		
340	1.35	1.39		
360	1.46	1.51		
380	1.60	1.65		
400	1.75	1.80		
420	1.85	1.91		
440	1.96	2.02		
460	2.10	2.16		
480	2.25	2.32		
500	2.46	2.54		
520	2.62	2.70		
540	2.95	3.04		
560	3.45	3.56		
580	4.02	4.14		
598	4.61	4.75		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.70
PROBETA:		B9		ANCHO (cm): 9.72
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.28
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.70
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 5.55
TIEM. DE ENSAYO:		1.39		VEL. DE CARGA (kg/min): 376.26
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6526.22 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 287.38 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	
20	0.03	0.03	0.21	
40	0.07	0.07	0.42	
60	0.09	0.09	0.64	
80	0.12	0.12	0.85	
100	0.22	0.23	1.06	
120	0.3	0.31	1.27	
140	0.39	0.40	1.48	
160	0.54	0.56	1.70	
180	0.62	0.64	1.91	
200	0.71	0.73	2.12	
220	0.78	0.80	2.33	
240	0.86	0.89	2.55	
260	1.04	1.07	2.76	
280	1.16	1.20	2.97	
300	1.31	1.35	3.18	
320	1.44	1.48	3.39	
340	1.56	1.61	3.61	
360	1.78	1.84	3.82	
380	1.87	1.93	4.03	
400	2.08	2.14	4.24	
420	2.23	2.30	4.45	
440	2.41	2.48	4.67	
460	2.63	2.71	4.88	
480	2.87	2.96	5.09	
500	3.31	3.41	5.30	
520	3.68	3.79	5.52	
523	4.68	4.82	5.55	

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.73
PROBETA:		B10		ANCHO (cm): 9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ): 94.67
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm): 9.71
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 5.76
TIEM. DE ENSAYO:		1.44		VEL. DE CARGA (kg/min): 378.47
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6630.93 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 289.81 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00	
20	0.01	0.01	0.21	
40	0.02	0.02	0.42	
60	0.04	0.04	0.63	
80	0.07	0.07	0.85	
100	0.18	0.19	1.06	
120	0.26	0.27	1.27	
140	0.35	0.36	1.48	
160	0.5	0.51	1.69	
180	0.58	0.60	1.90	
200	0.67	0.69	2.11	
220	0.75	0.77	2.32	
240	0.83	0.85	2.54	
260	1.01	1.04	2.75	
280	1.13	1.16	2.96	
300	1.28	1.32	3.17	
320	1.41	1.45	3.38	
340	1.53	1.58	3.59	
360	1.75	1.80	3.80	
380	1.855	1.91	4.01	
400	2.06	2.12	4.23	
420	2.21	2.28	4.44	
440	2.39	2.46	4.65	
460	2.61	2.69	4.86	
480	2.85	2.94	5.07	
500	3.32	3.42	5.28	
520	3.69	3.80	5.49	
540	4.15	4.27	5.70	
545	4.69	4.83	5.76	

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.72
PROBETA:		B11		ANCHO (cm):	9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	94.58
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.73
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.10
TIEM. DE ENSAYO:		1.42		VEL. DE CARGA (kg/min):	339.44
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6134.71 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 102.29 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	0.41	0.42	0.21		
40	0.61	0.63	0.42		
60	0.85	0.87	0.63		
80	1.02	1.05	0.85		
100	1.15	1.18	1.06		
120	1.25	1.28	1.27		
140	1.5	1.54	1.48		
160	1.61	1.65	1.69		
180	1.82	1.87	1.90		
200	2.01	2.07	2.11		
220	2.13	2.19	2.33		
240	2.25	2.31	2.54		
260	2.32	2.38	2.75		
280	2.45	2.52	2.96		
300	2.6	2.67	3.17		
320	2.72	2.80	3.38		
340	2.91	2.99	3.60		
360	3.1	3.19	3.81		
380	3.22	3.31	4.02		
400	3.36	3.45	4.23		
420	3.51	3.61	4.44		
440	3.65	3.75	4.65		
460	3.92	4.03	4.86		
480	4.12	4.23	5.08		
482	4.45	4.57	5.10		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

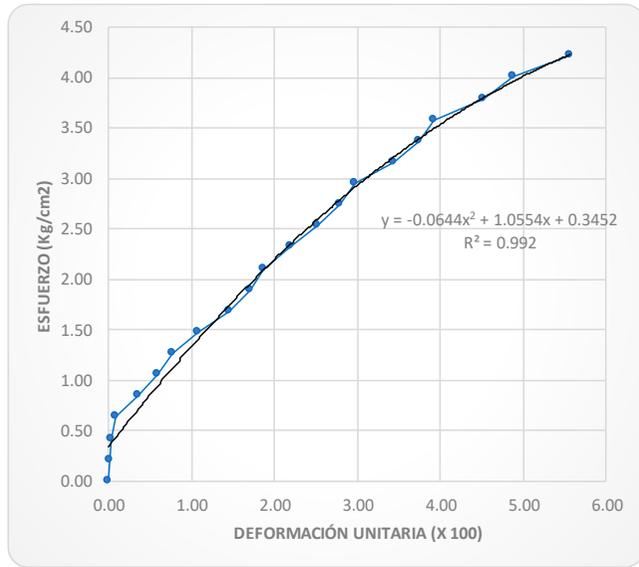
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.74
PROBETA:		B12		b12	9.73
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	94.77
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	9.73
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	5.03
TIEM. DE ENSAYO:		1.4		VEL. DE CARGA (kg/min):	340.71
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 6171.67 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 115.88 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	0.43	0.44	0.21		
40	0.63	0.65	0.42		
60	0.75	0.77	0.63		
80	0.94	0.97	0.84		
100	1.05	1.08	1.06		
120	1.12	1.15	1.27		
140	1.22	1.25	1.48		
160	1.47	1.51	1.69		
180	1.58	1.62	1.90		
200	1.79	1.84	2.11		
220	1.98	2.03	2.32		
240	2.1	2.16	2.53		
260	2.34	2.40	2.74		
280	2.47	2.54	2.95		
300	2.62	2.69	3.17		
320	2.74	2.82	3.38		
340	2.93	3.01	3.59		
360	3.12	3.21	3.80		
380	3.26	3.35	4.01		
400	3.4	3.49	4.22		
420	3.55	3.65	4.43		
440	3.74	3.84	4.64		
460	4.02	4.13	4.85		
477	4.35	4.47	5.03		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD**

<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>LARGO (cm):</b>	9.74
<b>PROBETA:</b>	C1			<b>ANCHO (cm):</b>	9.75
<b>% CAL</b>	12			<b>AREA (cm<sup>2</sup>):</b>	94.97
<b>FECHA DE FABRIC.:</b>	19/06/2107			<b>ALTURA (cm):</b>	9.80
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días			<b>f<sub>0</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4.21
<b>TIEM. DE ENSAYO:</b>	1.46			<b>VEL. DE CARGA (kg/min):</b>	273.97
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEF. (mm)</b>	<b>DEF. UNI.</b>	<b>ESF. (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	E1: 5371.26 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 112.31 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	0.02	0.02	0.21		
40	0.03	0.03	0.42		
60	0.08	0.08	0.63		
80	0.34	0.35	0.84		
100	0.57	0.58	1.05		
120	0.76	0.78	1.26		
140	1.05	1.07	1.47		
160	1.43	1.46	1.68		
180	1.68	1.71	1.90		
200	1.84	1.88	2.11		
220	2.15	2.19	2.32		
240	2.46	2.51	2.53		
260	2.74	2.80	2.74		
280	2.9	2.96	2.95		
300	3.36	3.43	3.16		
320	3.67	3.74	3.37		
340	3.85	3.93	3.58		
360	4.43	4.52	3.79		
380	4.78	4.88	4.00		
400	5.45	5.56	4.21		

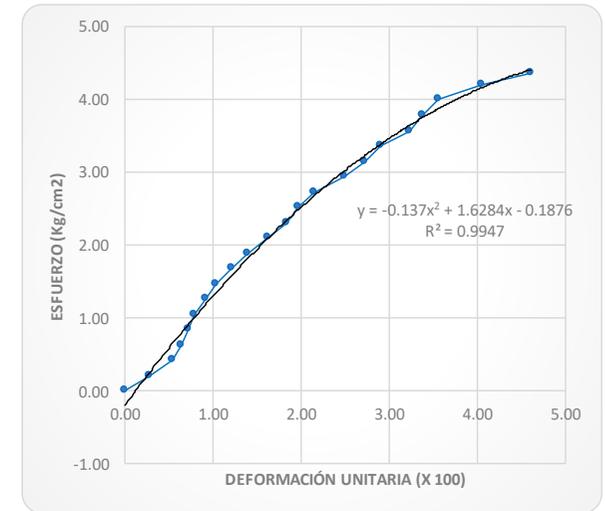
**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

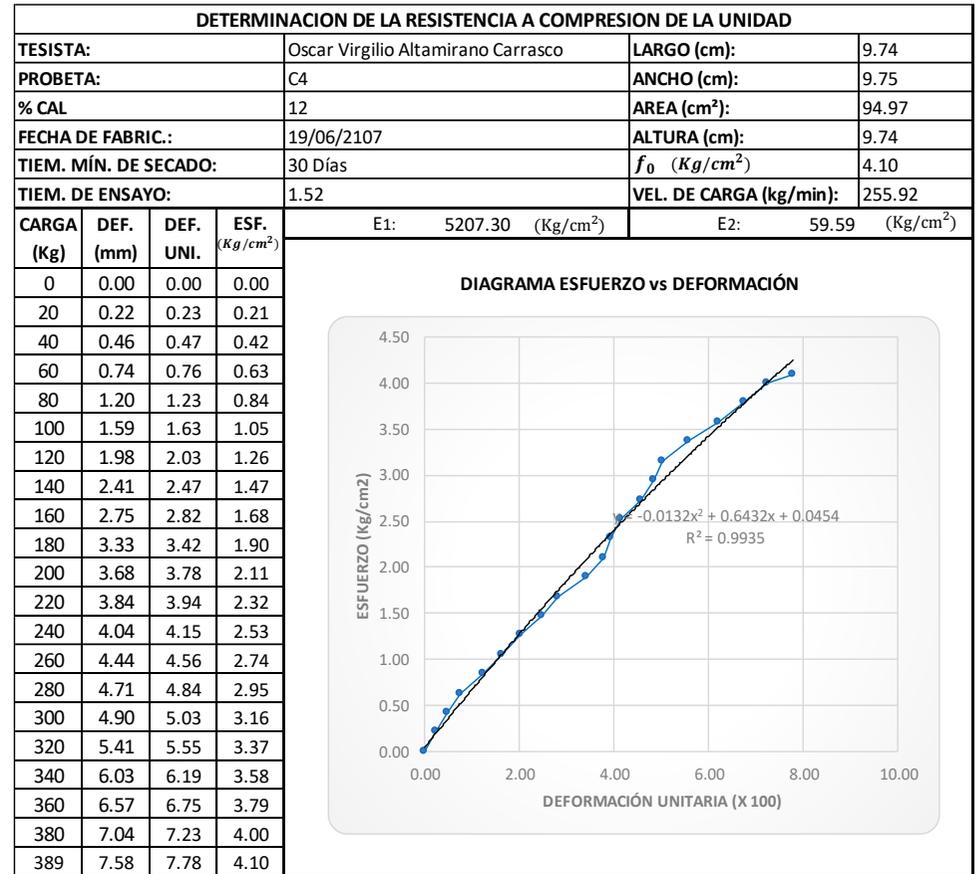
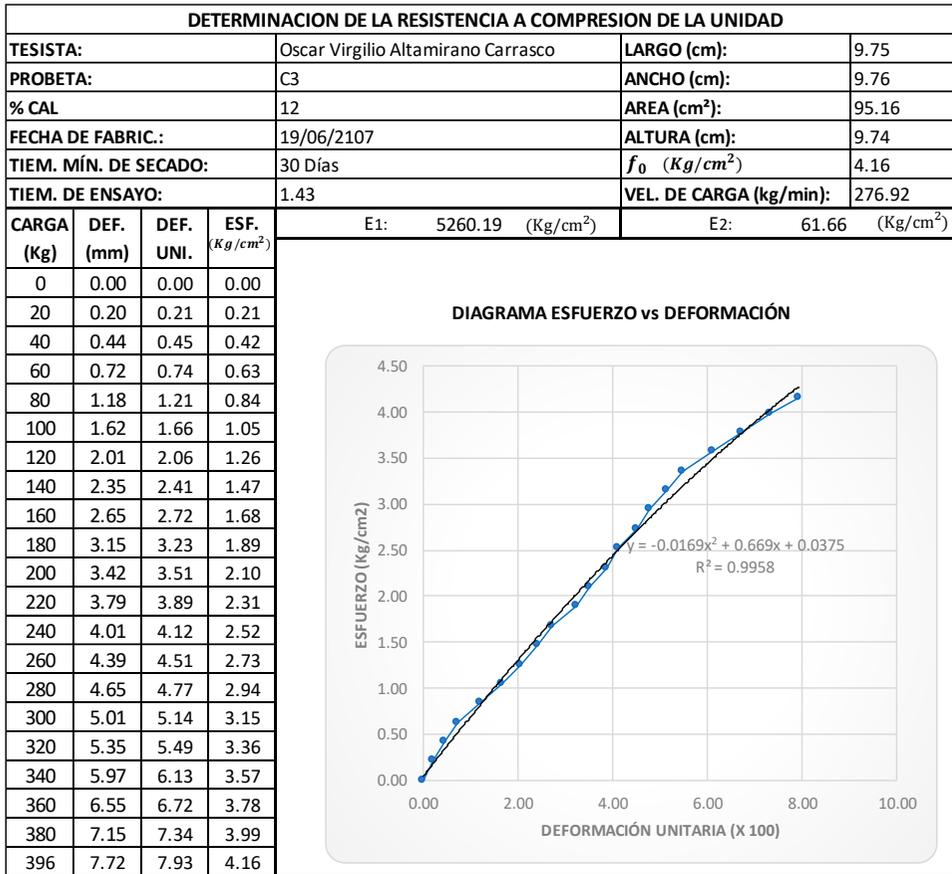


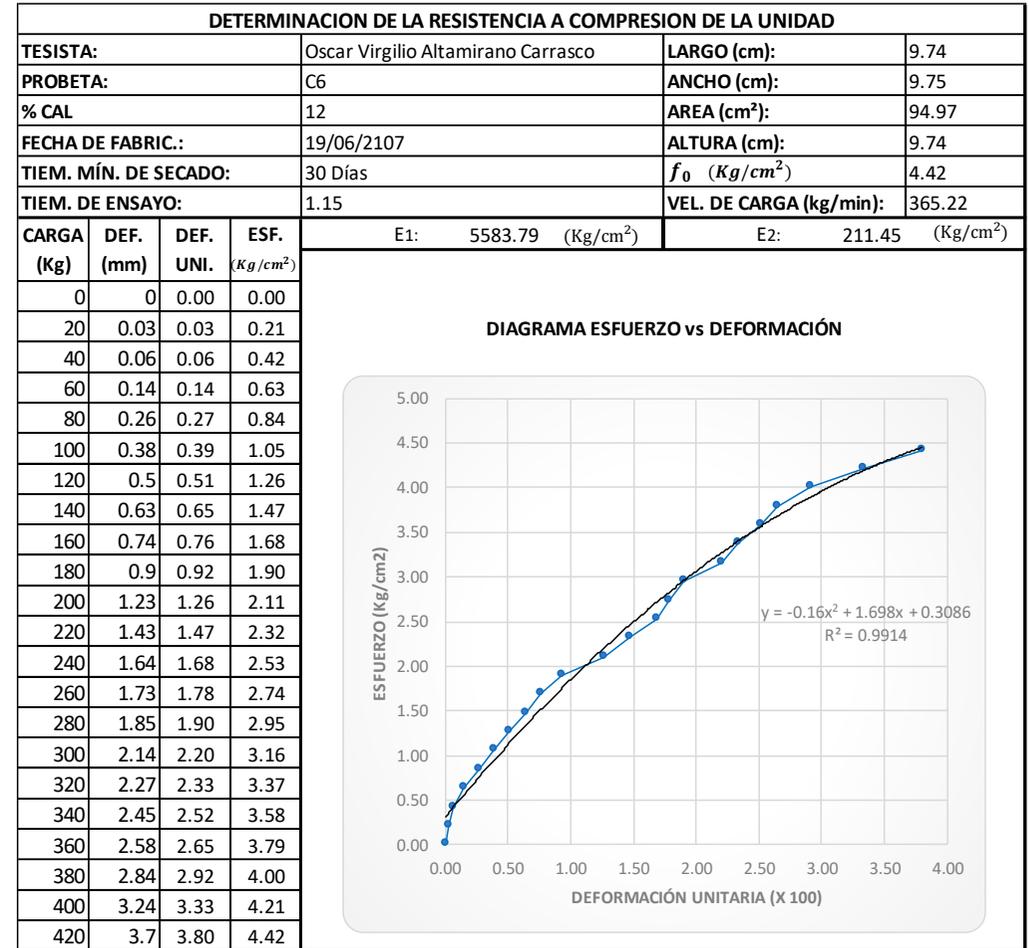
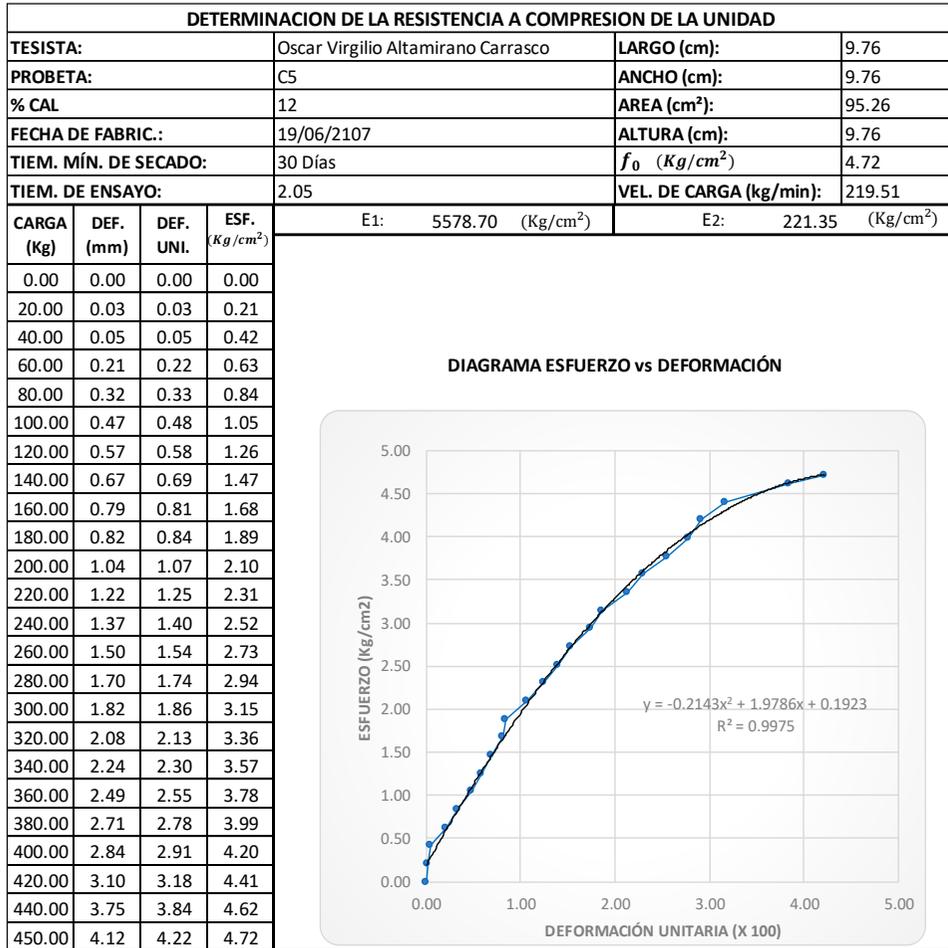
**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD**

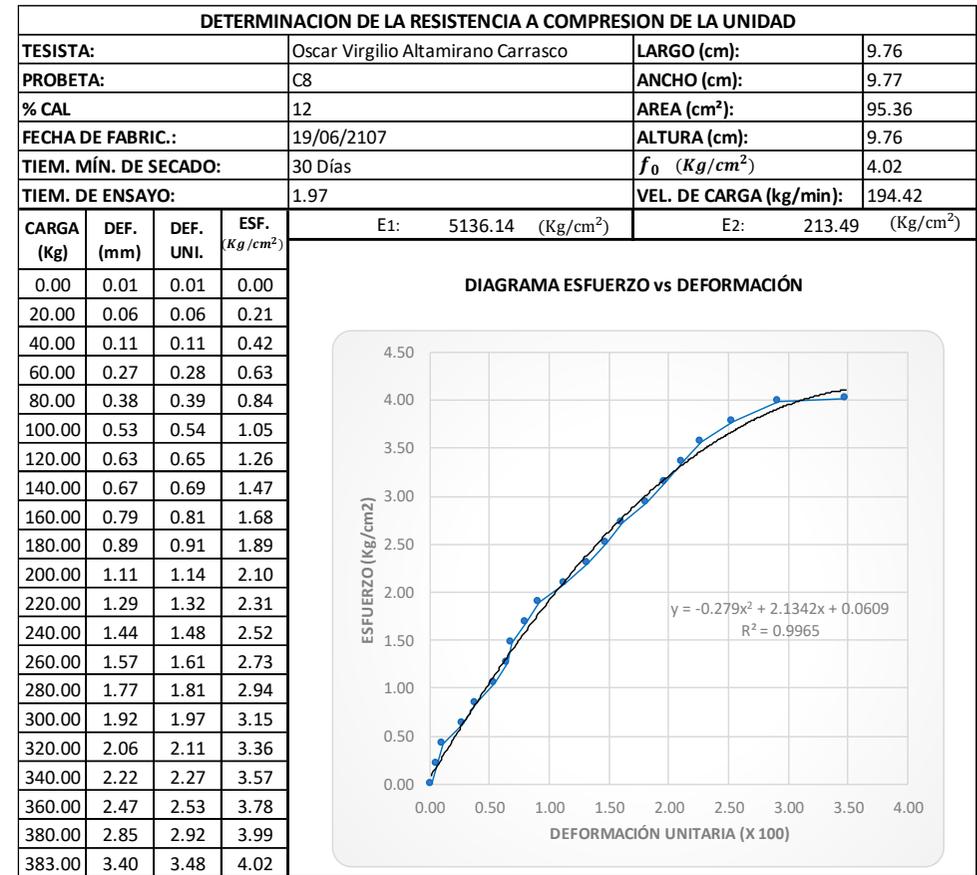
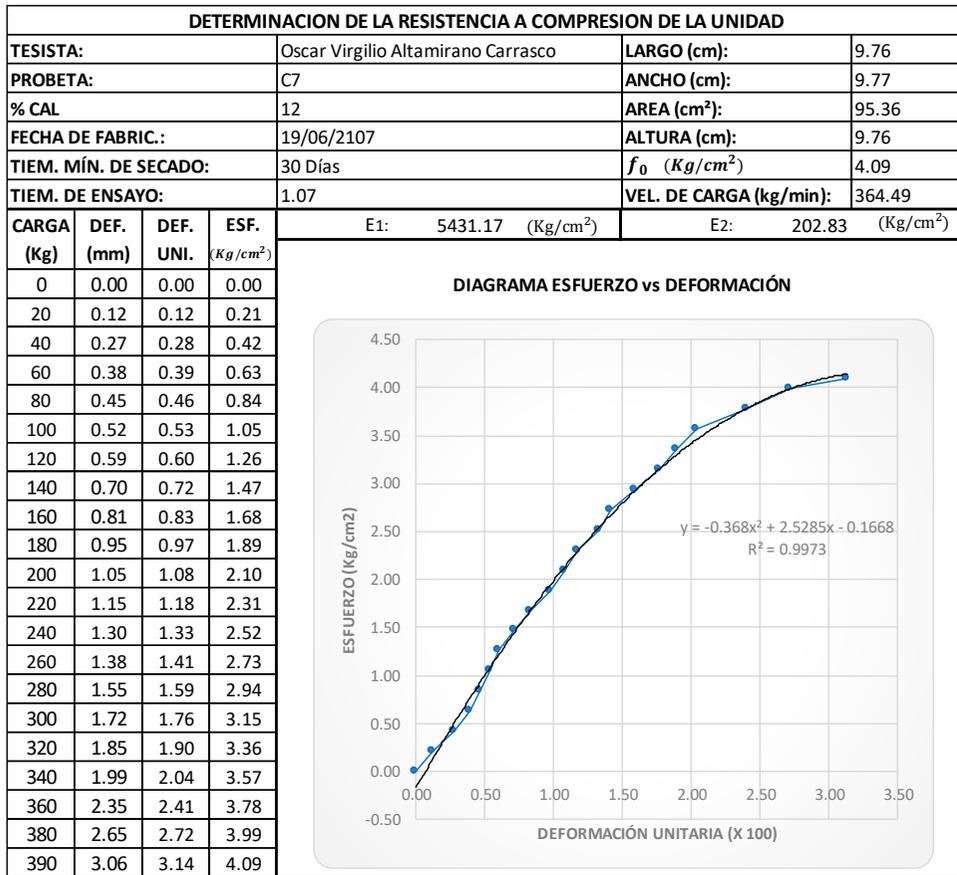
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>LARGO (cm):</b>	9.75
<b>PROBETA:</b>	C2			<b>ANCHO (cm):</b>	9.76
<b>% CAL</b>	12			<b>AREA (cm<sup>2</sup>):</b>	95.16
<b>FECHA DE FABRIC.:</b>	19/06/2107			<b>ALTURA (cm):</b>	9.75
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 Días			<b>f<sub>0</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	4.36
<b>TIEM. DE ENSAYO:</b>	1.49			<b>VEL. DE CARGA (kg/min):</b>	278.52
<b>CARGA (Kg)</b>	<b>DEF. (mm)</b>	<b>DEF. UNI.</b>	<b>ESF. (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	E1: 5376.62 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 138.08 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
20	0.27	0.28	0.21		
40	0.53	0.54	0.42		
60	0.63	0.65	0.63		
80	0.71	0.73	0.84		
100	0.76	0.78	1.05		
120	0.90	0.92	1.26		
140	1.01	1.04	1.47		
160	1.18	1.21	1.68		
180	1.36	1.39	1.89		
200	1.58	1.62	2.10		
220	1.79	1.84	2.31		
240	1.92	1.97	2.52		
260	2.10	2.15	2.73		
280	2.43	2.49	2.94		
300	2.65	2.72	3.15		
320	2.84	2.91	3.36		
340	3.15	3.23	3.57		
360	3.30	3.38	3.78		
380	3.48	3.57	3.99		
400	3.95	4.05	4.20		
415	4.50	4.62	4.36		

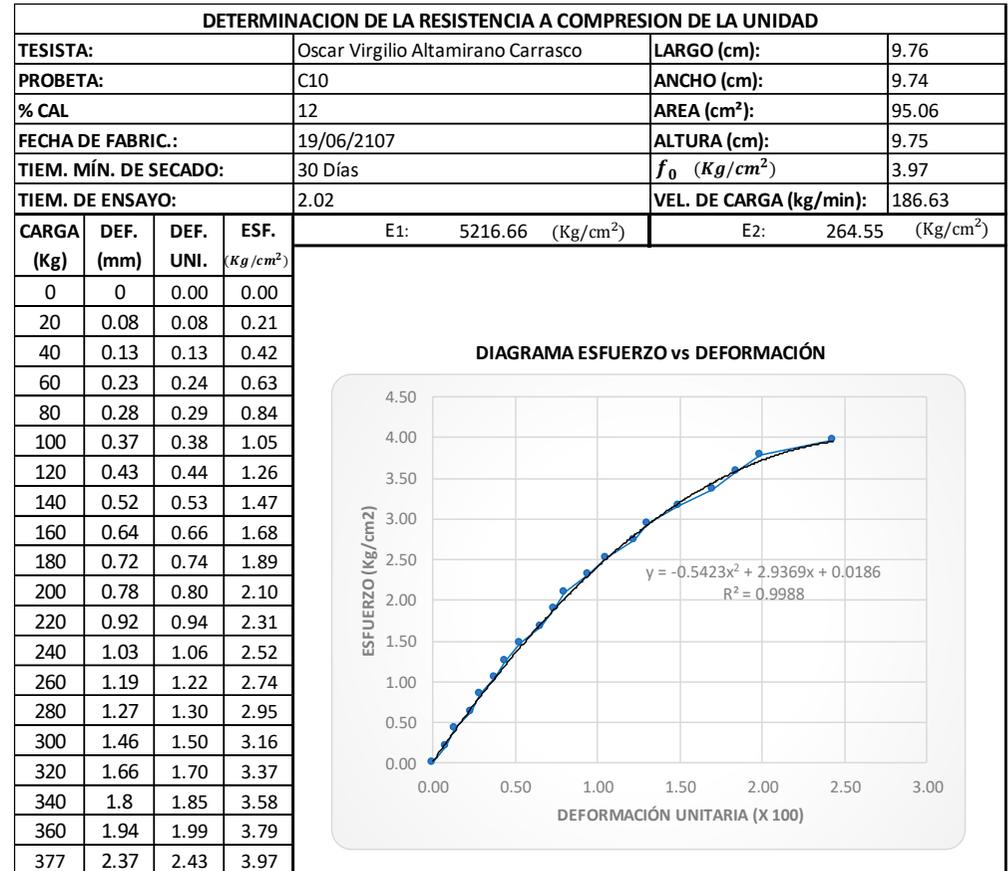
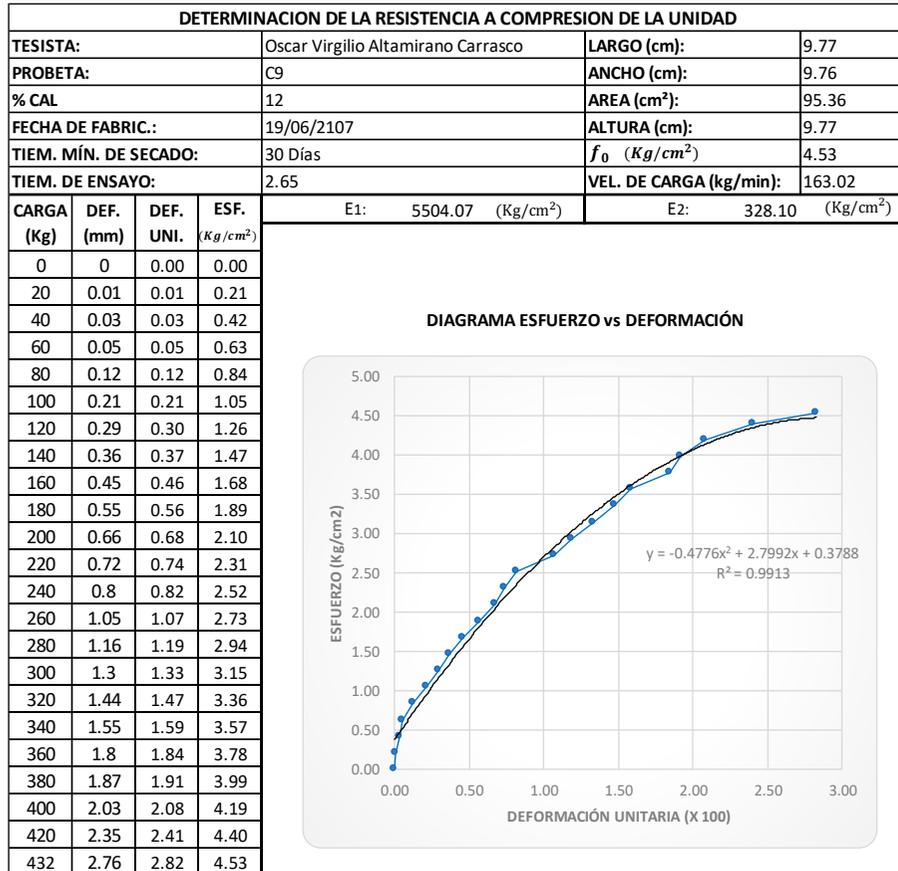
**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**











DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.77
PROBETA:		C11		ANCHO (cm): 9.77
% CAL		12		AREA (cm <sup>2</sup> ): 95.45
FECHA DE FABRIC.:		19/06/2107		ALTURA (cm): 9.77
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 4.33
TIEM. DE ENSAYO:		2.11		VEL. DE CARGA (kg/min): 195.73
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 5314.42 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 197.96 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	
20.00	0.04	0.04	0.21	
40.00	0.10	0.10	0.42	
60.00	0.25	0.26	0.63	
80.00	0.35	0.36	0.84	
100.00	0.48	0.49	1.05	
120.00	0.55	0.56	1.26	
140.00	0.70	0.72	1.47	
160.00	0.81	0.83	1.68	
180.00	0.95	0.97	1.89	
200.00	1.06	1.08	2.10	
220.00	1.25	1.28	2.30	
240.00	1.48	1.51	2.51	
260.00	1.61	1.65	2.72	
280.00	1.80	1.84	2.93	
300.00	1.98	2.03	3.14	
320.00	2.10	2.15	3.35	
340.00	2.25	2.30	3.56	
360.00	2.51	2.57	3.77	
380.00	2.90	2.97	3.98	
400.00	3.52	3.60	4.19	
413.00	4.39	4.49	4.33	



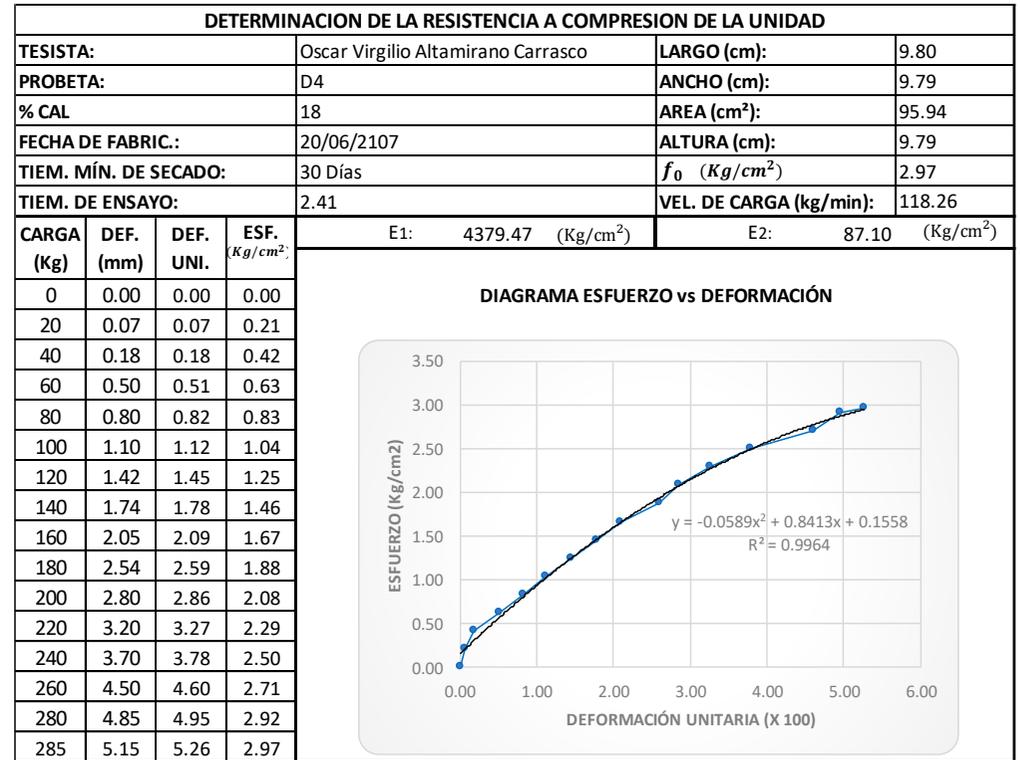
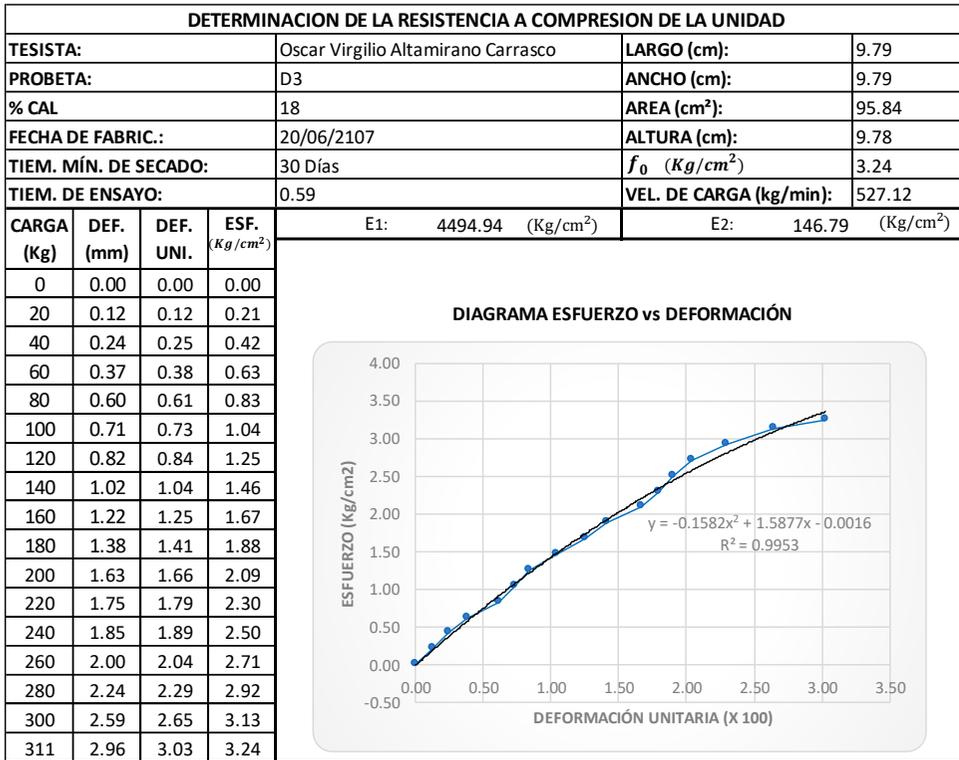
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.76
PROBETA:		C12		ANCHO (cm): 9.76
% CAL		12		AREA (cm <sup>2</sup> ): 95.26
FECHA DE FABRIC.:		19/06/2107		ALTURA (cm): 9.76
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 4.08
TIEM. DE ENSAYO:		1.33		VEL. DE CARGA (kg/min): 292.48
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 5324.40 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 84.89 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.09	0.09	0.21	
40	0.24	0.25	0.42	
60	0.42	0.43	0.63	
80	0.88	0.90	0.84	
100	1.12	1.15	1.05	
120	1.31	1.34	1.26	
140	1.55	1.59	1.47	
160	1.96	2.01	1.68	
180	2.25	2.31	1.89	
200	2.42	2.48	2.10	
220	2.79	2.86	2.31	
240	3.01	3.08	2.52	
260	3.39	3.47	2.73	
280	3.65	3.74	2.94	
300	4.01	4.11	3.15	
320	4.35	4.46	3.36	
340	4.87	4.99	3.57	
360	5.46	5.59	3.78	
380	5.92	6.07	3.99	
389	6.52	6.68	4.08	

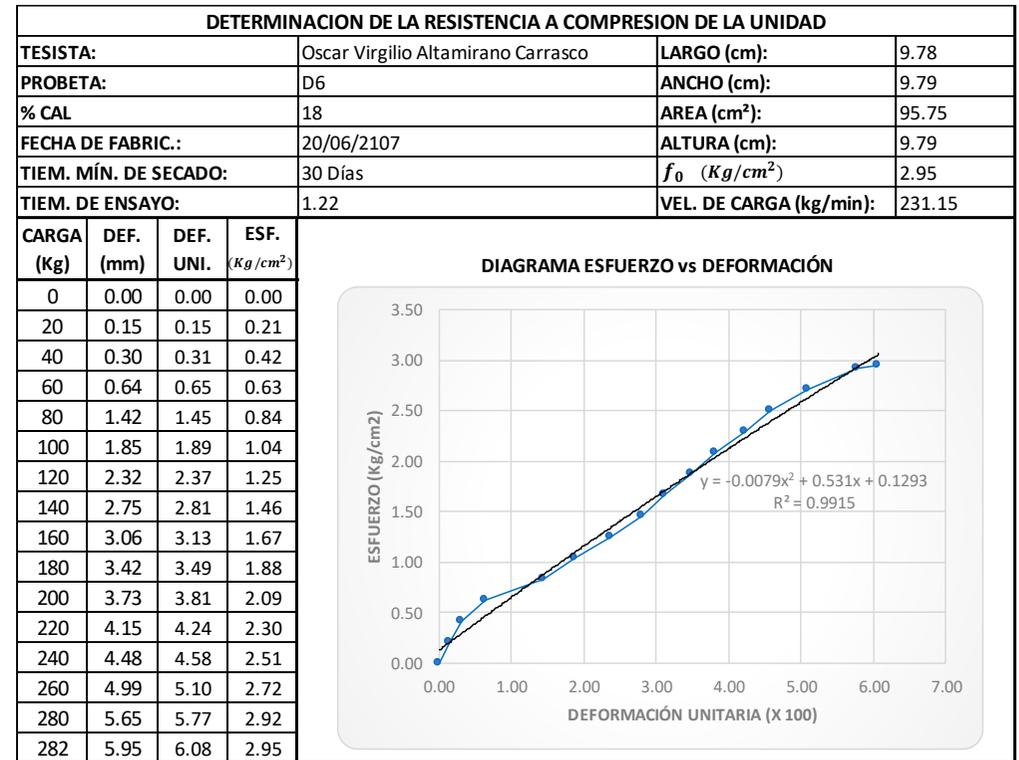
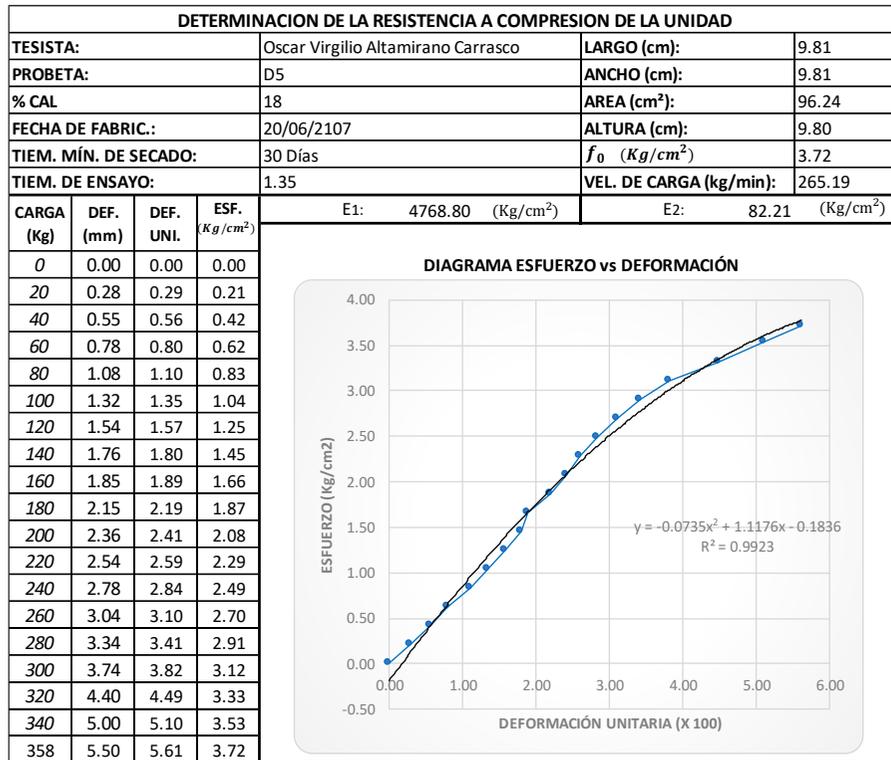
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.79
PROBETA:		D1		ANCHO (cm): 9.78
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ): 95.75
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm): 9.78
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 2.98
TIEM. DE ENSAYO:		2.41		VEL. DE CARGA (kg/min): 118.26
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 4357.87 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 97.95 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.06	0.06	0.21	
40	0.18	0.18	0.42	
60	0.50	0.51	0.63	
80	0.80	0.82	0.84	
100	1.10	1.12	1.04	
120	1.42	1.45	1.25	
140	1.74	1.78	1.46	
160	2.05	2.10	1.67	
180	2.54	2.60	1.88	
200	2.80	2.86	2.09	
220	3.20	3.27	2.30	
240	3.70	3.78	2.51	
260	4.50	4.60	2.72	
280	4.85	4.96	2.92	
285	5.15	5.27	2.98	

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

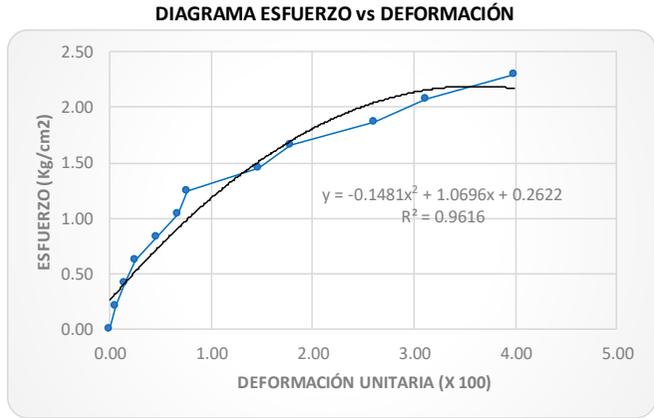
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.80
PROBETA:		D2		ANCHO (cm): 9.79
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ): 95.94
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm): 9.78
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 3.21
TIEM. DE ENSAYO:		0.53		VEL. DE CARGA (kg/min): 581.13
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 4535.76 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 102.21 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.03	0.03	0.21	
40	0.10	0.10	0.42	
60	0.23	0.24	0.63	
80	0.55	0.56	0.83	
100	0.85	0.87	1.04	
120	1.32	1.35	1.25	
140	1.64	1.68	1.46	
160	1.81	1.85	1.67	
180	2.20	2.25	1.88	
200	2.48	2.54	2.08	
220	2.75	2.81	2.29	
240	3.15	3.22	2.50	
260	3.45	3.53	2.71	
280	3.73	3.81	2.92	
300	4.30	4.40	3.13	
308	4.90	5.01	3.21	

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

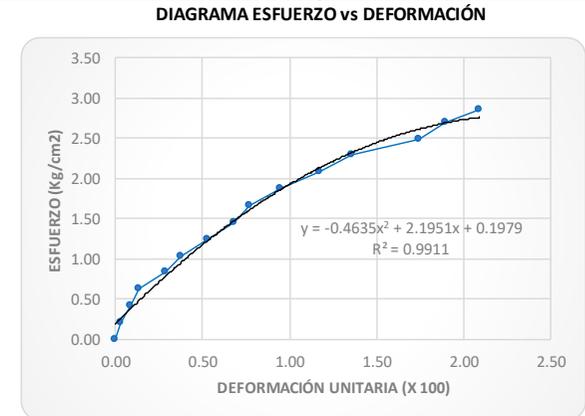




DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.80
PROBETA:		D7		ANCHO (cm):	9.80
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ):	96.04
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm):	9.78
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.32
TIEM. DE ENSAYO:		1.49		VEL. DE CARGA (kg/min):	149.66
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 3831.27 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 165.41 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00		
20	0.05	0.05	0.21		
40	0.15	0.15	0.42		
60	0.25	0.26	0.62		
80	0.45	0.46	0.83		
100	0.65	0.66	1.04		
120	0.75	0.77	1.25		
140	1.44	1.47	1.46		
160	1.75	1.79	1.67		
180	2.55	2.61	1.87		
200	3.05	3.12	2.08		
220	3.90	3.99	2.29		
223	4.20	4.29	2.32		



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	9.81
PROBETA:		D8		ANCHO (cm):	9.80
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ):	96.14
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm):	9.79
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.86
TIEM. DE ENSAYO:		1.13		VEL. DE CARGA (kg/min):	243.36
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (Kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 4284.43 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E2: 246.97 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	0.00	0.00		
20	0.03	0.03	0.21		
40	0.08	0.08	0.42		
60	0.13	0.13	0.62		
80	0.28	0.29	0.83		
100	0.37	0.38	1.04		
120	0.52	0.53	1.25		
140	0.67	0.68	1.46		
160	0.75	0.77	1.66		
180	0.93	0.95	1.87		
200	1.15	1.17	2.08		
220	1.33	1.36	2.29		
240	1.71	1.75	2.50		
260	1.86	1.90	2.70		
275	2.05	2.09	2.86		



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.82
PROBETA:		D9		ANCHO (cm): 9.81
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ): 96.33
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm): 9.80
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 2.75
TIEM. DE ENSAYO:		2.35		VEL. DE CARGA (kg/min): 112.77
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 4160.29 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 89.19 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.07	0.07	0.21	
40	0.15	0.15	0.42	
60	0.45	0.46	0.62	
80	0.74	0.76	0.83	
100	1.12	1.14	1.04	
120	1.38	1.41	1.25	
140	1.69	1.72	1.45	
160	1.96	2.00	1.66	
180	2.41	2.46	1.87	
200	2.82	2.88	2.08	
220	3.25	3.32	2.28	
240	3.64	3.71	2.49	
260	4.03	4.11	2.70	
265	4.81	4.91	2.75	

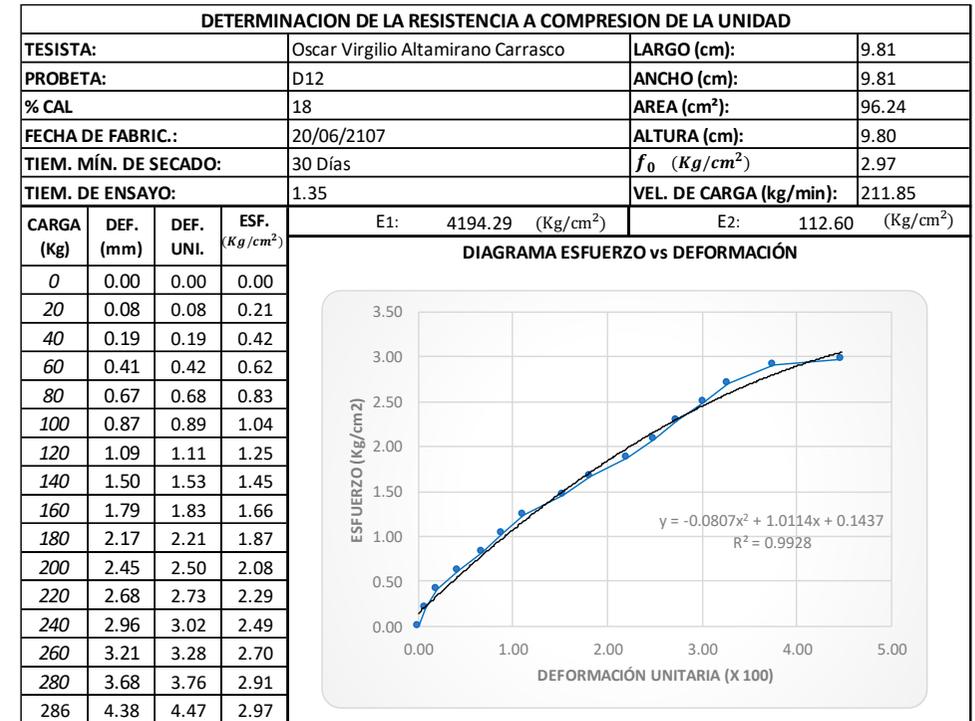
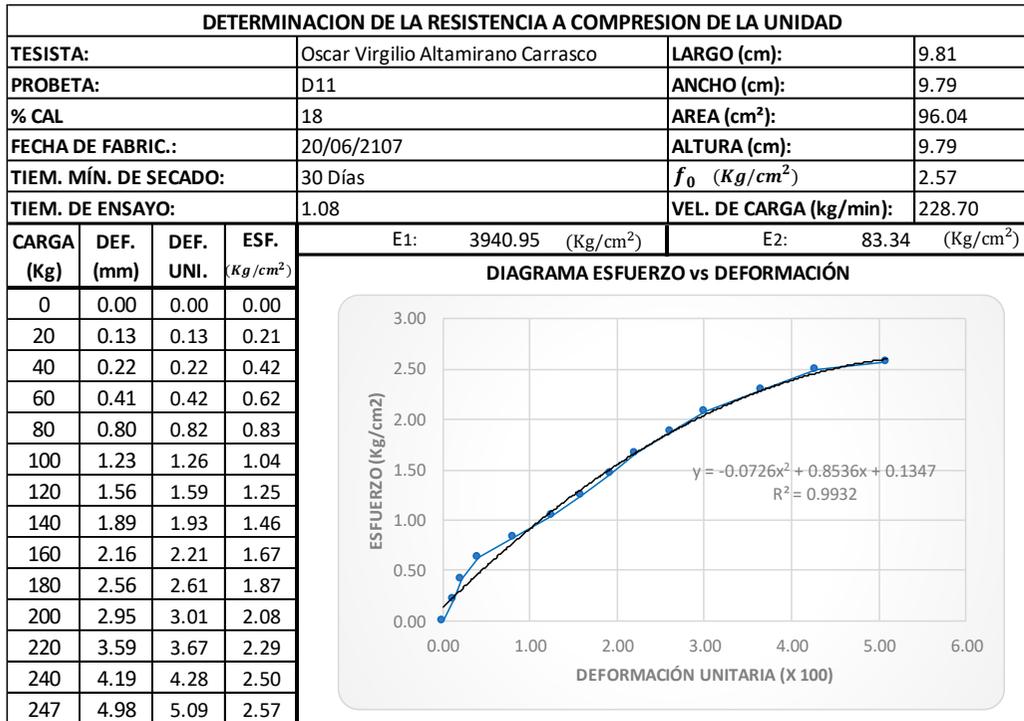
  

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE LA UNIDAD				
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 9.80
PROBETA:		D10		ANCHO (cm): 9.80
% CAL		18		AREA (cm <sup>2</sup> ): 96.04
FECHA DE FABRIC.:		20/06/2107		ALTURA (cm): 9.80
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 Días		f <sub>0</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ): 2.98
TIEM. DE ENSAYO:		0.49		VEL. DE CARGA (kg/min): 583.67
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	E1: 4325.56 (Kg/cm <sup>2</sup> ) E2: 134.92 (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	
20	0.15	0.15	0.21	
40	0.25	0.26	0.42	
60	0.39	0.40	0.62	
80	0.58	0.59	0.83	
100	0.75	0.77	1.04	
120	0.91	0.93	1.25	
140	1.06	1.08	1.46	
160	1.25	1.28	1.67	
180	1.42	1.45	1.87	
200	1.65	1.68	2.08	
220	1.80	1.84	2.29	
240	1.91	1.95	2.50	
260	2.15	2.19	2.71	
280	2.39	2.44	2.92	
286	3.15	3.21	2.98	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	

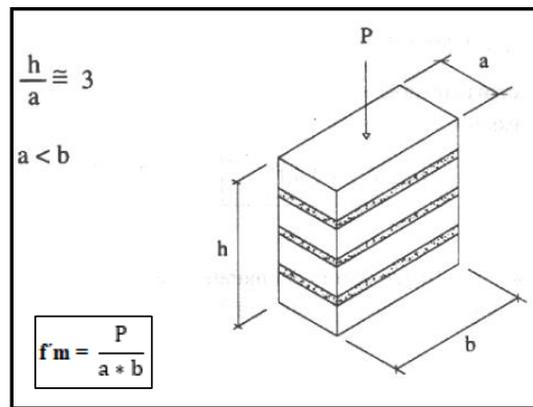


- b. Determinación de la resistencia mecánica a compresión de la albañilería (pilas) de adobe convencional (“A”) y estabilizado (“B”, “C” y “D”).**

## Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe convencional, tipo "A".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE									NTP E. 080-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	0							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m³)	apm	bpm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f'm (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A1	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.17	44.53	41.03	0.0277	7070.00	10.47	3.69	FRÁGIL
A2	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.20	44.57	41.07	0.0278	7820.00	11.54	4.79	FRÁGIL
A3	15.50	46.00	46.00	0.0328	14.93	44.83	43.20	0.0289	5605.00	8.37	2.82	FRÁGIL
A4	15.50	46.00	46.00	0.0328	14.67	44.83	42.90	0.0282	6840.00	10.40	4.25	FRÁGIL
<b>PROMEDIOS</b>	15.50	46.00	46.00	0.0328	14.99	44.69	42.05	0.0282	-	10.20	3.89	100% FRÁGIL

Figura: Ensayo de Compresión Axial (NTE.80-2006, 2017)



	Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
	NTE.080-2006 (x 0.2 y 1.25)	NTE.080-2017 (x 0.4 y 1.25)				
f'm (kg/cm²)	10.20	10.20	10.00		6.12	
fm (kg/cm²)	2.04	4.08	fm (kg/cm²)	2.00	fm (kg/cm²)	2.45
* (kg/cm²)	2.55	5.10	* (kg/cm²)	2.50	* (kg/cm²)	3.06

Donde:	f'm = Esfuerzo de Compresión Último de la Pila.	f'm (kg/cm²) =	10.00
	fm = Esfuerzo Admisible a Compresión del Muro	f'm (kg/cm²) =	6.12
	fm = 0.20 f'm ó 2 kg/cm² (NTE.080-2006)		
	fm = 0.40 f'm (NTE.080-2017)		
	* = Esfuerzo Admisible por Compresión por Aplastamiento		
	* = 1.25 fm (NTE.080-2006 y 2017)		

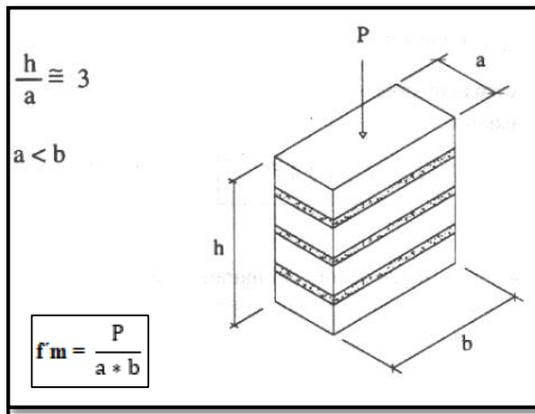
Codigo	Dimensiones de Pilas. Probeta Fresca (NTE.080-2006 y 2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
A	15.50	46.00	46.00	2.97

Codigo	Dimensiones de Pilas-Prueba Seca (NTE.080-2006-2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
A	14.99	44.69	42.05	2.80

## Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe estabilizado, tipo "B".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE									NTP E.080-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	B						
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	18/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	6						
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	4						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m³)	apm	bpm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f'm (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
B1	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.33	45.67	45.73	0.0320	2580.00	3.68	2.66	FRÁGIL
B2	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.30	45.63	44.93	0.0314	2310.00	3.31	2.31	FRÁGIL
B3	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.30	45.30	44.30	0.0307	2680.00	3.87	2.54	FRÁGIL
B4	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.50	45.40	44.25	0.0311	2660.00	3.78	2.18	FRÁGIL
<b>PROMEDIOS</b>	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.36	45.50	44.80	0.0313	-	3.66	2.42	100% FRÁGIL

Figura: Ensayo de Compresión Axial (NTE0.80-2006, 2017)



	Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
	NTE.080-2006 (x 0.2 y 1.25)	NTE.080-2017 (x 0.4 y 1.25)				
f'm (kg/cm²)	3.66	3.66	10.00		6.12	
fm (kg/cm²)	0.73	1.46	fm (kg/cm²)	2.00	fm (kg/cm²)	2.45
* (kg/cm²)	0.91	1.83	* (kg/cm²)	2.50	* (kg/cm²)	3.06

Donde:	f'm = Esfuerzo de Compresión Último de la Pila.	f'm (kg/cm²) = 10.00
	fm = Esfuerzo Admisible a Compresión del Muro	f'm (kg/cm²) = 6.12
	fm = 0.20 f'm ó 2 kg/cm² (NTE.080-2006)	
	fm = 0.40 f'm (NTE.080-2017)	
	* = Esfuerzo Admisible por Compresión por Aplastamiento	
	* = 1.25 fm (NTE.080-2006 y 2017)	

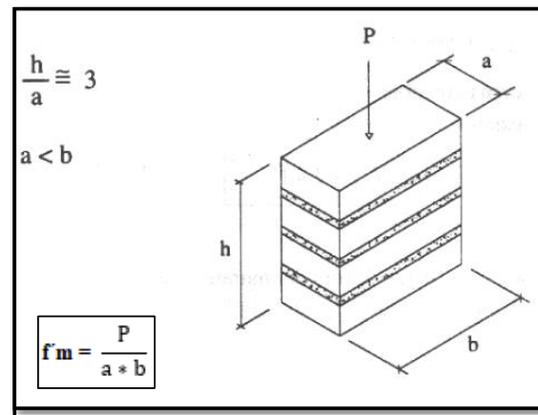
Codigo	Dimensiones de Pilas. Probeta Fresca (NTE.080-2006 y 2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
B	15.50	46.00	46.00	2.97

Codigo	Dimensiones de Pilas-Prueba Seca (NTE.080-2006-2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
B	15.36	45.50	44.80	2.92

## Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe estabilizado, tipo "C".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE									NTP E. 080-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado						
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	C						
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."				<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.						
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.				<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.						
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	19/06/2017				<b>% DE CAL:</b>	12						
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)				<b># ESPECÍMENES:</b>	4						
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF.UNT. (X100)	MODO DE FALLA
C1	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.40	45.63	45.90	0.0323	2110.00	3.00	3.95	FRÁGIL
C2	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.40	45.67	45.70	0.0321	2060.00	2.93	2.90	FRÁGIL
C3	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.57	46.27	45.05	0.0324	2240.00	3.11	3.49	FRÁGIL
C4	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.67	45.77	45.70	0.0328	2262.00	3.20	3.00	FRÁGIL
<b>PROMEDIOS</b>	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.51	45.83	45.59	0.0324	-	3.06	3.34	100% FRÁGIL

Figura: Ensayo de Compresión Axial (NTE 0.80-2006, 2017)



	Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
	NTE.080-2006 (x 0.2 y 1.25)	NTE.080-2017 (x 0.4 y 1.25)				
f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	3.06	3.06	10.00		6.12	
f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	0.61	1.22	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	2.00	f <sub>m</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	2.45
* (kg/cm <sup>2</sup> )	0.77	1.53	* (kg/cm <sup>2</sup> )	2.50	* (kg/cm <sup>2</sup> )	3.06

Donde:	f'm = Esfuerzo de Compresión Último de la Pila.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	10.00
	f <sub>m</sub> = Esfuerzo Admisible a Compresión del Muro	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	6.12
	f <sub>m</sub> = 0.20 f'm ó 2 kg/cm <sup>2</sup> (NTE.080-2006)		
	f <sub>m</sub> = 0.40 f'm (NTE.080-2017)		
	* = Esfuerzo Admisible por Compresión por Aplastamiento		
	* = 1.25 f <sub>m</sub> (NTE.080-2006 y 2017)		

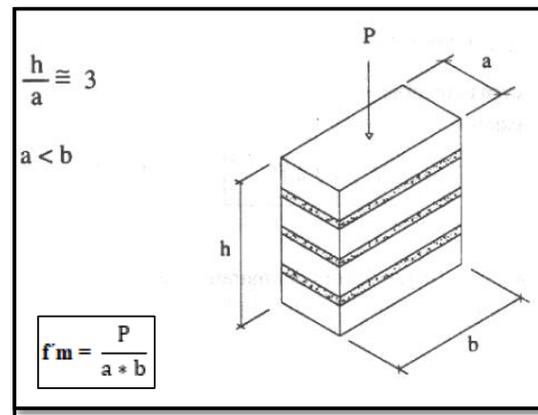
Codigo	Dimensiones de Pilas. Probeta Fresca (NTE.080-2006 y 2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
C	15.50	46.00	46.00	2.97

Codigo	Dimensiones de Pilas-Prueba Seca (NTE.080-2006-2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
C	15.51	45.83	45.59	2.94

## Resistencia a la compresión de la albañilería (pilas) del adobe estabilizado, tipo "D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA PILA DE ADOBE									NTP E. 080-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	D							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	20/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	18							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	apm	bpm	hpm	VOL. (m <sup>3</sup> )	CARGA ROT. (kg)	f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	DEF.UNT. (X100)	MODO DE FALLA
D1	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.37	45.97	46.70	0.0330	1910.00	2.66	3.75	FRÁGIL
D2	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.53	45.97	45.75	0.0327	1780.00	2.49	2.31	FRÁGIL
D3	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.57	45.63	45.40	0.0323	1950.00	2.75	3.18	FRÁGIL
D4	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.73	46.07	45.85	0.0332	1800.00	2.48	2.66	FRÁGIL
<b>PROMEDIOS</b>	15.50	46.00	46.00	0.0328	15.55	45.91	45.93	0.0328	-	2.60	2.97	100% FRÁGIL

Figura: Ensayo de Compresión Axial (NTE 0.80-2006, 2017)



	Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
	NTE.080-2006 (x 0.2 y 1.25)	NTE.080-2017 (x 0.4 y 1.25)				
f'm (kg/cm <sup>2</sup> )	2.60	2.60	10.00		6.12	
fm (kg/cm <sup>2</sup> )	0.52	1.04	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	2.00	fm (kg/cm <sup>2</sup> )	2.45
* (kg/cm <sup>2</sup> )	0.65	1.30	* (kg/cm <sup>2</sup> )	2.50	* (kg/cm <sup>2</sup> )	3.06

Donde:	f'm = Esfuerzo de Compresión Último de la Pila.	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	10.00
	fm = Esfuerzo Admisible a Compresión del Muro	f'm (kg/cm <sup>2</sup> ) =	6.12
	fm = 0.20 f'm ó 2 kg/cm <sup>2</sup> (NTE.080-2006)		
	fm = 0.40 f'm (NTE.080-2017)		
	* = Esfuerzo Admisible por Compresión por Aplastamiento		
	* = 1.25 fm (NTE.080-2006 y 2017)		

Codigo	Dimensiones de Pilas. Probeta Fresca (NTE.080-2006 y 2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
D	15.50	46.00	46.00	2.97

Codigo	Dimensiones de Pilas-Prueba Seca (NTE.080-2006-2017)			
	apm	bpm	hpm	h/a
D	15.55	45.91	45.93	2.95

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	44.53
PROBETA:	A1		ANCHO (cm):	15.17
% CAL	0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	675.42
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107		ALTURA (cm):	41.03
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)		f <sub>m</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	10.47
TIEM. DE ENSAYO:	4.4		VEL. DE CARGA (kg/min):	1606.82
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00	0.00	
200	1.45	0.35	0.30	
400	2.12	0.52	0.59	
600	2.52	0.61	0.89	
800	2.87	0.70	1.18	
1000	3.20	0.78	1.48	
1200	3.51	0.86	1.78	
1400	3.87	0.94	2.07	
1600	4.17	1.02	2.37	
1800	4.51	1.10	2.66	
2000	4.80	1.17	2.96	
2200	5.15	1.26	3.26	
2400	5.45	1.33	3.55	
2600	5.78	1.41	3.85	
2800	6.05	1.47	4.15	
3000	6.35	1.55	4.44	
3200	6.64	1.62	4.74	
3400	6.96	1.70	5.03	
3600	7.29	1.78	5.33	
3800	7.53	1.84	5.63	
4000	7.83	1.91	5.92	
4200	8.16	1.99	6.22	
4400	8.48	2.07	6.51	
4600	8.84	2.15	6.81	
4800	9.15	2.23	7.11	
5000	9.45	2.30	7.40	
5200	9.76	2.38	7.70	
5400	10.09	2.46	7.99	
5600	10.45	2.55	8.29	
5800	10.80	2.63	8.59	
6000	11.12	2.71	8.88	
6200	11.51	2.81	9.18	
6400	11.92	2.90	9.48	
6600	12.35	3.01	9.77	
6800	12.79	3.12	10.07	
7000	13.35	3.25	10.36	
7070	15.14	3.69	10.47	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	
ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA (X 100)
$y = -0.1141x^2 + 3.9347x - 1.2543$ $R^2 = 0.9875$	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	44.57
PROBETA:	A2		ANCHO (cm):	15.20
% CAL	0		AREA (cm <sup>2</sup> ):	677.41
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107		ALTURA (cm):	41.07
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)		f <sub>m</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ):	11.54
TIEM. DE ENSAYO:	5.13		VEL. DE CARGA (kg/min):	1524.37
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	5.42	1.32	0.00	
200	8.37	2.04	0.30	
400	9.20	2.24	0.59	
600	9.85	2.40	0.89	
800	10.25	2.50	1.18	
1000	10.58	2.58	1.48	
1200	10.96	2.67	1.77	
1400	11.24	2.74	2.07	
1600	11.55	2.81	2.36	
1800	11.86	2.89	2.66	
2000	12.09	2.94	2.95	
2200	12.38	3.01	3.25	
2400	12.58	3.06	3.54	
2600	12.85	3.13	3.84	
2800	13.08	3.19	4.13	
3000	13.34	3.25	4.43	
3200	13.55	3.30	4.72	
3400	13.80	3.36	5.02	
3600	14.00	3.41	5.31	
3800	14.26	3.47	5.61	
4000	14.45	3.52	5.90	
4200	14.65	3.57	6.20	
4400	14.82	3.61	6.50	
4600	15.00	3.65	6.79	
4800	15.24	3.71	7.09	
5000	15.44	3.76	7.38	
5200	15.57	3.79	7.68	
5400	15.78	3.84	7.97	
5600	15.95	3.88	8.27	
5800	16.16	3.94	8.56	
6000	16.46	4.01	8.86	
6200	16.55	4.03	9.15	
6400	16.76	4.08	9.45	
6600	16.98	4.13	9.74	
6800	17.26	4.20	10.04	
7000	17.50	4.26	10.33	
7200	17.75	4.32	10.63	
7400	18.08	4.40	10.92	
7600	18.52	4.51	11.22	
7800	19.00	4.63	11.51	
7820	19.67	4.79	11.54	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN	
ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN UNITARIA (X 100)
$y = 0.8033x^2 - 0.698x - 1.6469$ $R^2 = 0.98$	

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA			
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 44.83
PROBETA:	A3	ANCHO (cm): 14.93	
% CAL	0	AREA (cm <sup>2</sup> ): 669.51	
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107	ALTURA (cm): 43.20	
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)	f' m (Kg/cm <sup>2</sup> ): 8.37	
TIEM. DE ENSAYO:	4.69	VEL. DE CARGA (kg/min): 1195.10	

CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.32	0.07	0.00
200	3.27	0.76	0.30
400	4.10	0.95	0.60
600	4.75	1.10	0.90
800	5.15	1.19	1.19
1000	5.48	1.27	1.49
1200	5.76	1.33	1.79
1400	6.04	1.40	2.09
1600	6.35	1.47	2.39
1800	6.66	1.54	2.69
2000	6.89	1.59	2.99
2200	7.18	1.66	3.29
2400	7.38	1.71	3.58
2600	7.65	1.77	3.88
2800	8.08	1.87	4.18
3000	8.34	1.93	4.48
3200	8.55	1.98	4.78
3400	8.80	2.04	5.08
3600	9.00	2.08	5.38
3800	9.26	2.14	5.68
4000	9.45	2.19	5.97
4200	9.85	2.28	6.27
4400	10.02	2.32	6.57
4600	10.20	2.36	6.87
4800	10.44	2.42	7.17
5000	10.68	2.47	7.47
5200	10.81	2.50	7.77
5400	11.02	2.55	8.07
5600	11.19	2.59	8.36
5605	12.19	2.82	8.37

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

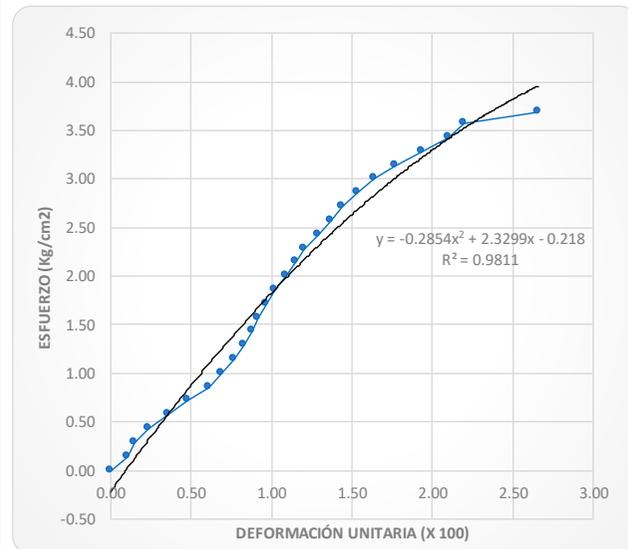
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA			
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm): 44.83
PROBETA:	A4	ANCHO (cm): 14.67	
% CAL	0	AREA (cm <sup>2</sup> ): 657.56	
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107	ALTURA (cm): 42.90	
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)	f' m (Kg/cm <sup>2</sup> ): 10.40	
TIEM. DE ENSAYO:	4.21	VEL. DE CARGA (kg/min): 1624.70	

CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00
200	1.35	0.31	0.30
400	4.36	1.02	0.61
600	5.00	1.17	0.91
800	5.85	1.36	1.22
1000	6.85	1.60	1.52
1200	7.90	1.84	1.82
1400	8.34	1.94	2.13
1600	8.70	2.03	2.43
1800	9.05	2.11	2.74
2000	10.40	2.42	3.04
2200	10.60	2.47	3.35
2400	10.85	2.53	3.65
2600	11.05	2.58	3.95
2800	11.30	2.63	4.26
3000	11.48	2.68	4.56
3200	11.56	2.69	4.87
3400	11.80	2.75	5.17
3600	12.00	2.80	5.47
3800	12.18	2.84	5.78
4000	12.39	2.89	6.08
4200	12.60	2.94	6.39
4400	12.80	2.98	6.69
4600	13.03	3.04	7.00
4800	13.35	3.11	7.30
5000	13.60	3.17	7.60
5200	13.92	3.24	7.91
5400	14.25	3.32	8.21
5600	14.53	3.39	8.52
5800	14.94	3.48	8.82
6000	15.27	3.56	9.12
6200	15.58	3.63	9.43
6400	15.99	3.73	9.73
6600	16.20	3.78	10.04
6800	17.61	4.10	10.34
6840	18.25	4.25	10.40

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

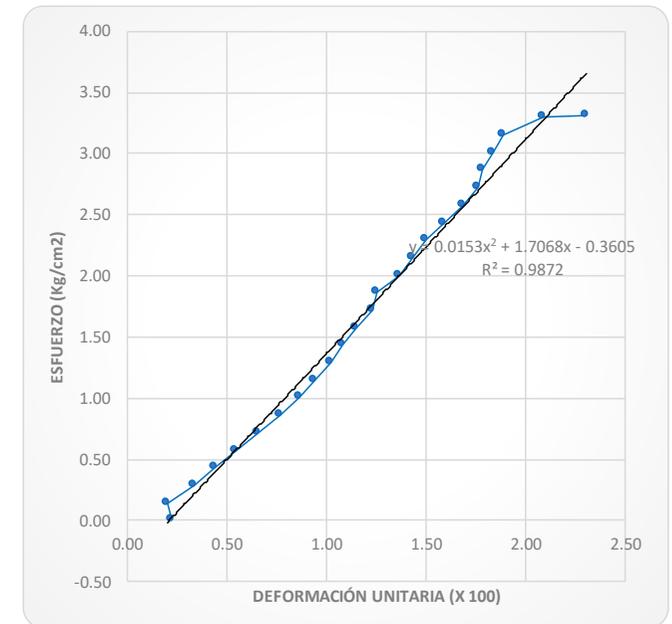
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	45.67
PROBETA:		B1		ANCHO (cm):	15.33
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	700.22
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	45.73
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.68
TIEM. DE ENSAYO:		1.52		VEL. DE CARGA (kg/min):	1697.37
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )		
0	0.00	0.00	0.00		
100	0.50	0.11	0.14		
200	0.68	0.15	0.29		
300	1.10	0.24	0.43		
400	1.65	0.36	0.57		
500	2.21	0.48	0.71		
600	2.78	0.61	0.86		
700	3.16	0.69	1.00		
800	3.51	0.77	1.14		
900	3.80	0.83	1.29		
1000	4.03	0.88	1.43		
1100	4.18	0.91	1.57		
1200	4.45	0.97	1.71		
1300	4.67	1.02	1.86		
1400	4.98	1.09	2.00		
1500	5.27	1.15	2.14		
1600	5.52	1.21	2.28		
1700	5.90	1.29	2.43		
1800	6.27	1.37	2.57		
1900	6.59	1.44	2.71		
2000	7.03	1.54	2.86		
2100	7.51	1.64	3.00		
2200	8.10	1.77	3.14		
2300	8.85	1.94	3.28		
2400	9.60	2.10	3.43		
2500	10.05	2.20	3.57		
2580	12.15	2.66	3.68		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	45.63
PROBETA:		B2		ANCHO (cm):	15.30
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	698.19
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	44.93
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.31
TIEM. DE ENSAYO:		1.52		VEL. DE CARGA (kg/min):	1519.74
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )		
0	1.00	0.22	0.00		
100	0.90	0.20	0.14		
200	1.50	0.33	0.29		
300	2.00	0.45	0.43		
400	2.45	0.55	0.57		
500	2.95	0.66	0.72		
600	3.45	0.77	0.86		
700	3.90	0.87	1.00		
800	4.24	0.94	1.15		
900	4.60	1.02	1.29		
1000	4.88	1.09	1.43		
1100	5.17	1.15	1.58		
1200	5.54	1.23	1.72		
1300	5.63	1.25	1.86		
1400	6.15	1.37	2.01		
1500	6.44	1.43	2.15		
1600	6.75	1.50	2.29		
1700	7.15	1.59	2.43		
1800	7.59	1.69	2.58		
1900	7.92	1.76	2.72		
2000	8.01	1.78	2.86		
2100	8.25	1.84	3.01		
2200	8.50	1.89	3.15		
2300	9.38	2.09	3.29		
2310	10.36	2.31	3.31		

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	45.30
PROBETA:		B3		ANCHO (cm):	15.30
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	693.09
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	44.30
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.87
TIEM. DE ENSAYO:		2.01		VEL. DE CARGA (kg/min):	1333.33
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )		
0	0.00	0.00	0.00		
100	0.82	0.19	0.14		
200	1.17	0.26	0.29		
300	1.50	0.34	0.43		
400	1.94	0.44	0.58		
500	2.33	0.53	0.72		
600	2.62	0.59	0.87		
700	2.88	0.65	1.01		
800	3.13	0.71	1.15		
900	3.27	0.74	1.30		
1000	3.44	0.78	1.44		
1100	3.75	0.85	1.59		
1200	3.99	0.90	1.73		
1300	4.22	0.95	1.88		
1400	4.47	1.01	2.02		
1500	4.70	1.06	2.16		
1600	4.98	1.12	2.31		
1700	5.30	1.20	2.45		
1800	5.65	1.28	2.60		
1900	5.95	1.34	2.74		
2000	6.24	1.41	2.89		
2100	6.58	1.49	3.03		
2200	6.97	1.57	3.17		
2300	7.44	1.68	3.32		
2400	7.85	1.77	3.46		
2500	8.5	1.92	3.61		
2600	9.33	2.11	3.75		
2680	11.25	2.54	3.87		

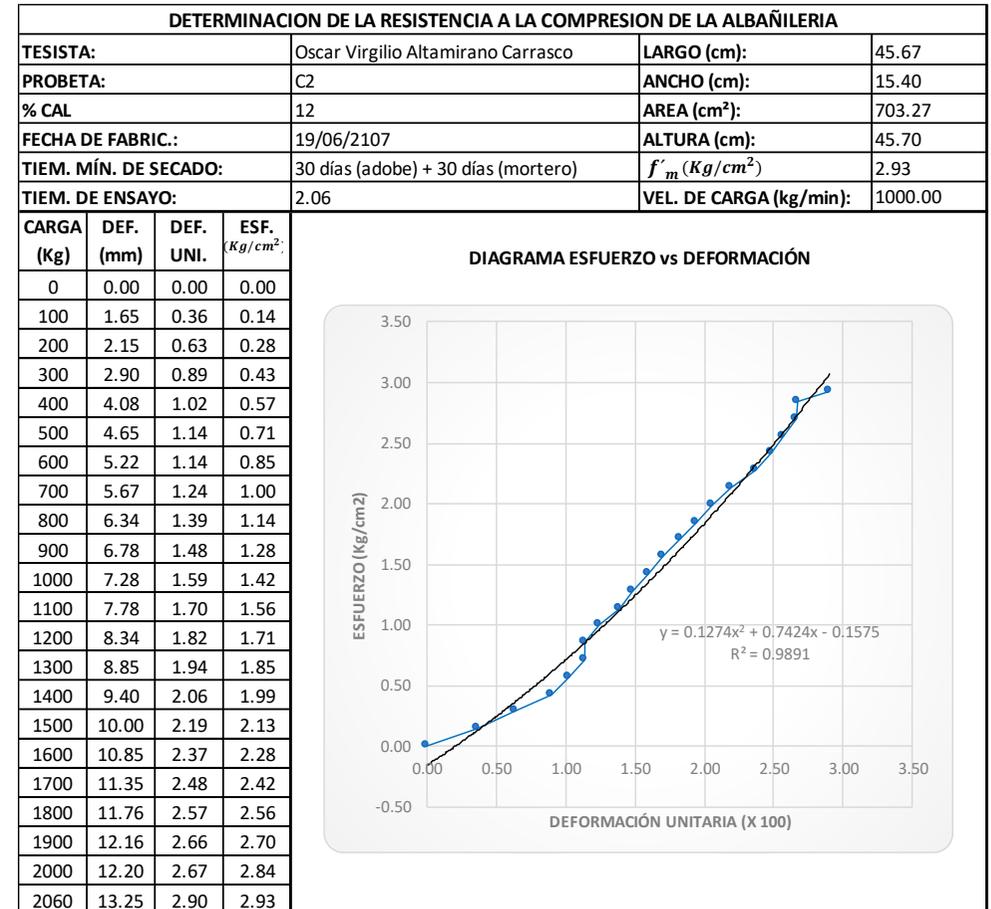
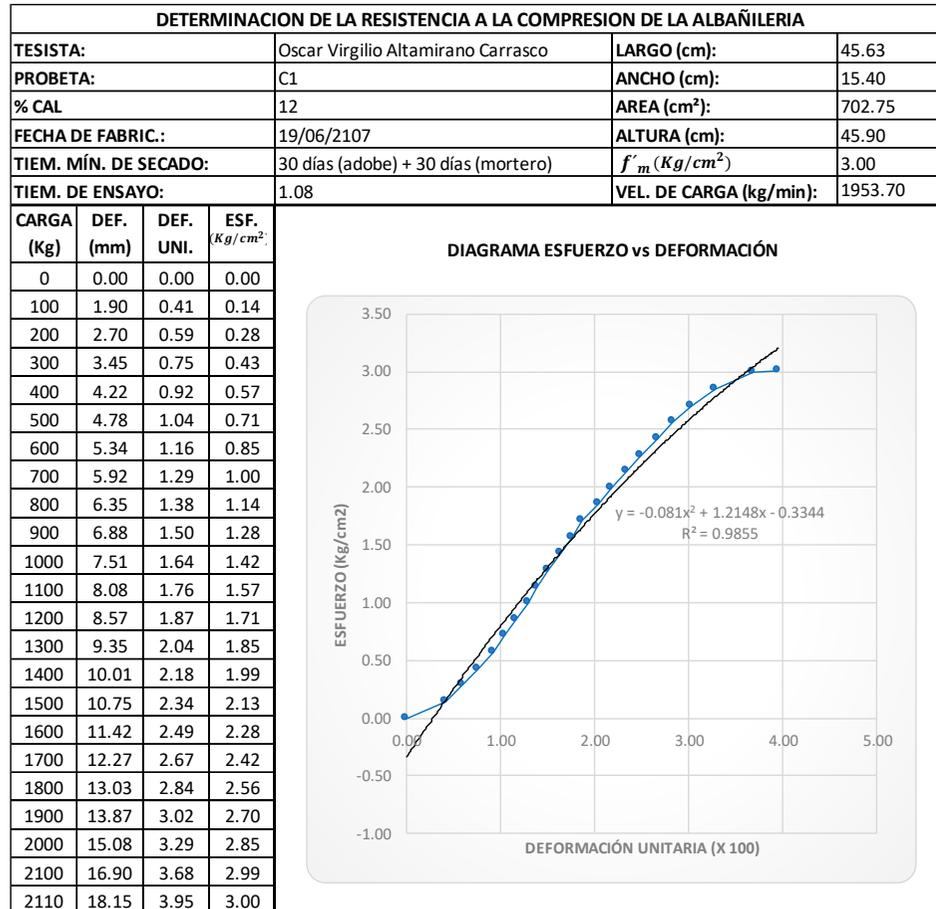
**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

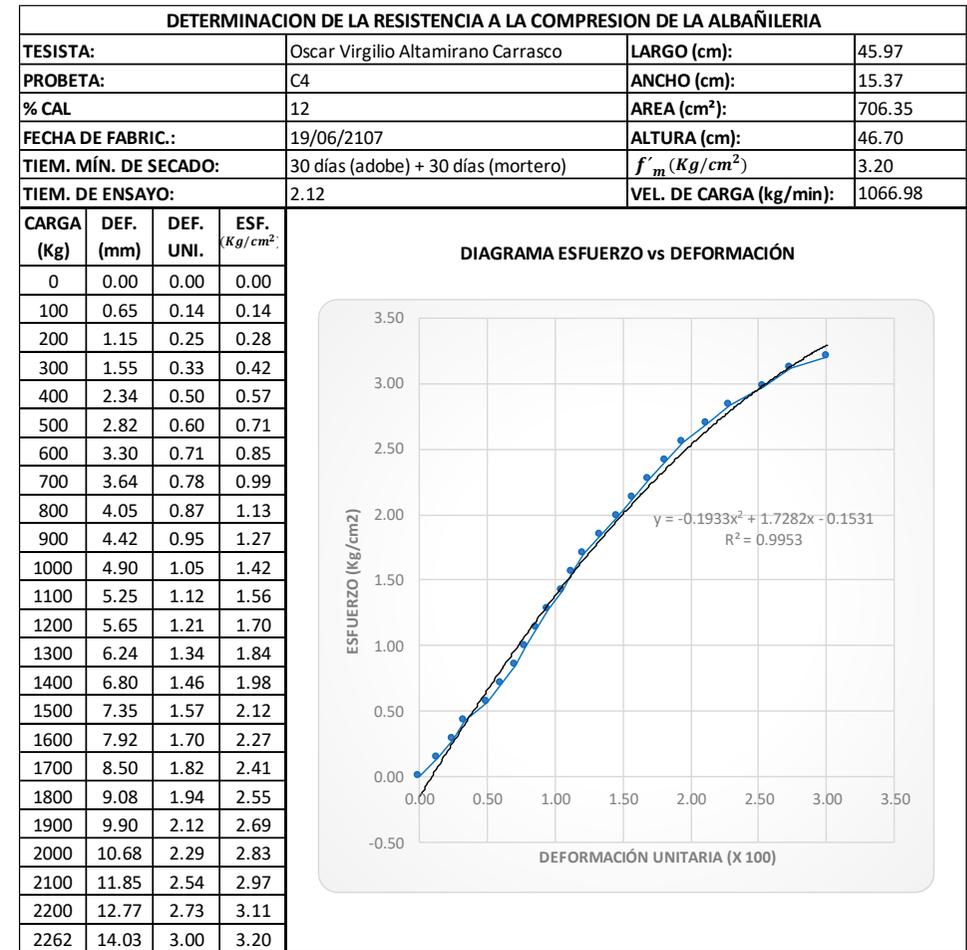
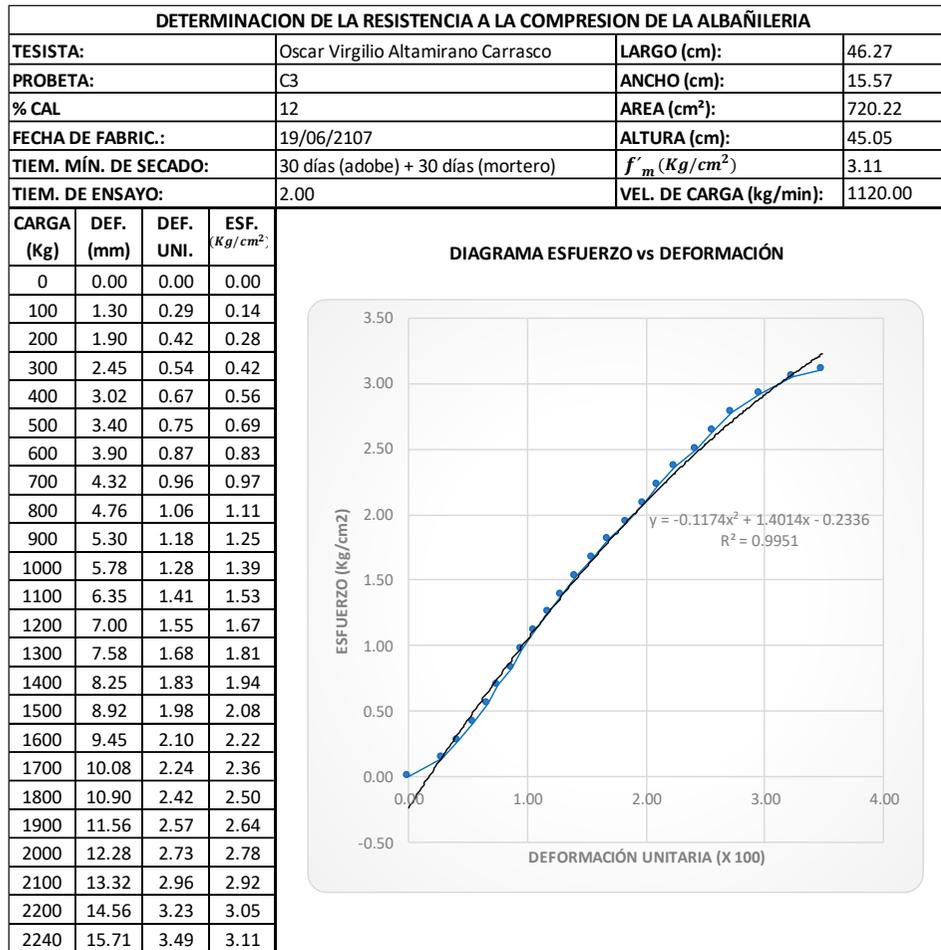
$y = -0.4216x^2 + 2.8941x - 0.4753$   
 $R^2 = 0.9823$

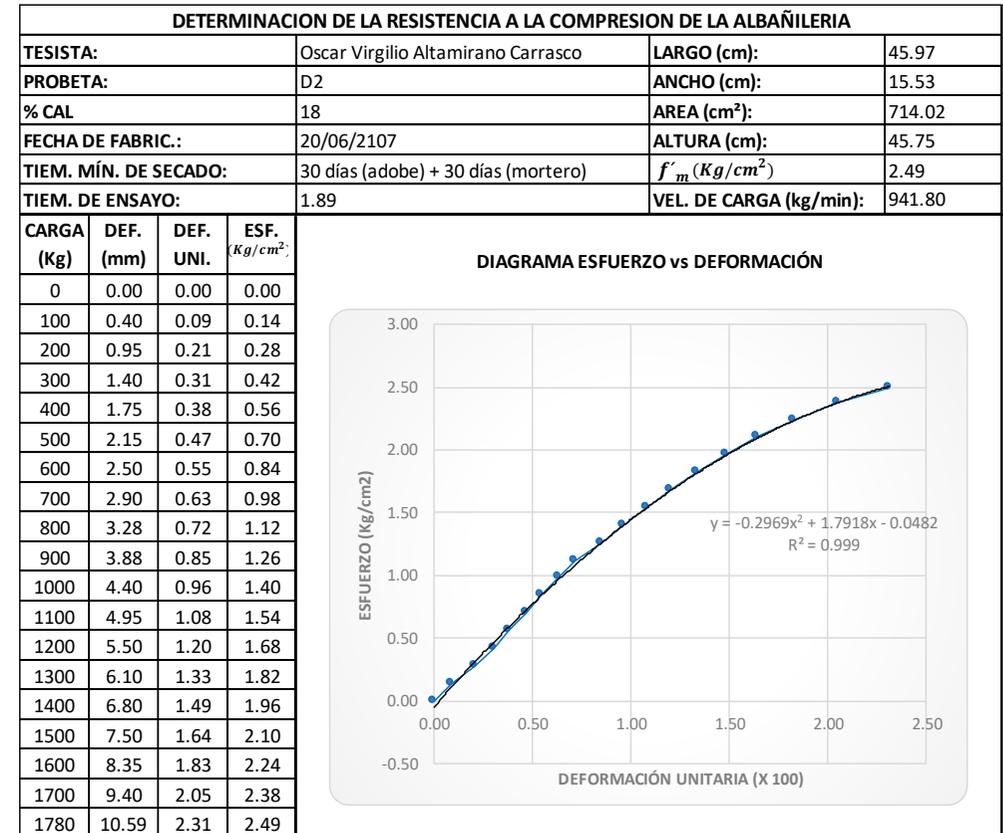
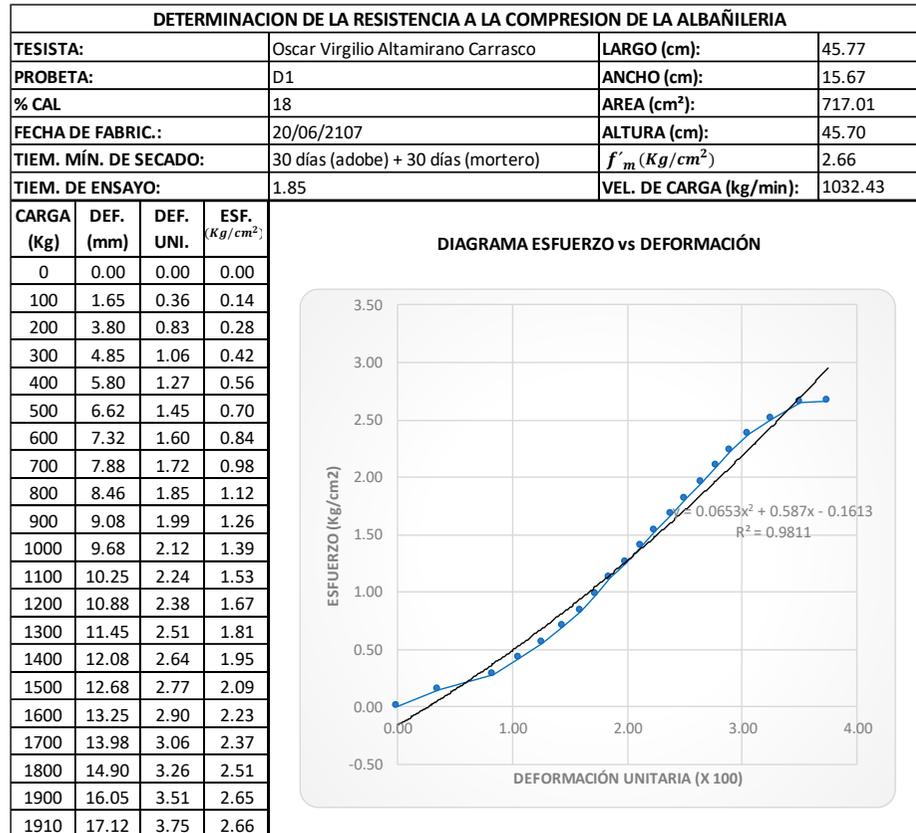
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA					
TESISTA:		Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	45.40
PROBETA:		B4		ANCHO (cm):	15.50
% CAL		6		AREA (cm <sup>2</sup> ):	703.70
FECHA DE FABRIC.:		18/06/2107		ALTURA (cm):	44.25
TIEM. MÍN. DE SECADO:		30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	3.78
TIEM. DE ENSAYO:		2.10		VEL. DE CARGA (kg/min):	1266.67
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )		
0	0.00	0.00	0.00		
100	0.46	0.10	0.14		
200	0.79	0.18	0.28		
300	1.00	0.23	0.43		
400	1.18	0.27	0.57		
500	1.41	0.32	0.71		
600	1.69	0.38	0.85		
700	1.74	0.39	0.99		
800	2.18	0.49	1.14		
900	2.54	0.49	1.28		
1000	2.90	0.57	1.42		
1100	3.2	0.66	1.56		
1200	3.55	0.80	1.71		
1300	3.82	0.86	1.85		
1400	4.14	0.94	1.99		
1500	4.35	0.98	2.13		
1600	4.57	1.03	2.27		
1700	4.84	1.09	2.42		
1800	5.15	1.16	2.56		
1900	5.42	1.22	2.70		
2000	5.68	1.28	2.84		
2100	6.01	1.36	2.98		
2200	6.42	1.45	3.13		
2300	6.89	1.56	3.27		
2400	7.40	1.67	3.41		
2500	7.95	1.80	3.55		
2600	8.60	1.94	3.69		
2660	9.65	2.18	3.78		

**DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN**

$y = -0.4459x^2 + 2.8303x - 0.1323$   
 $R^2 = 0.9951$

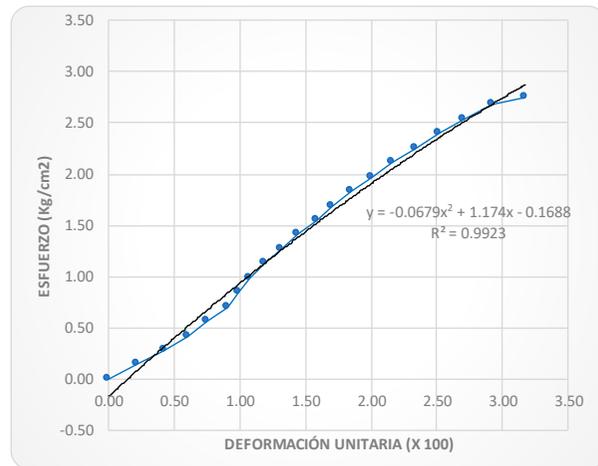






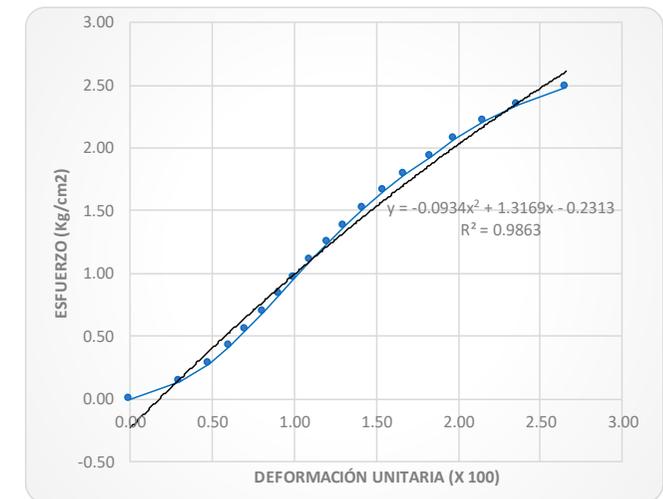
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	45.63
PROBETA:	D3		ANCHO (cm):	15.57
% CAL	18		AREA (cm <sup>2</sup> ):	710.36
FECHA DE FABRIC.:	20/06/2107		ALTURA (cm):	45.40
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2.75
TIEM. DE ENSAYO:	1.38		VEL. DE CARGA (kg/min):	1413.04
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00	0.00	
100	1.00	0.22	0.14	
200	1.92	0.42	0.28	
300	2.75	0.61	0.42	
400	3.40	0.75	0.56	
500	4.10	0.90	0.70	
600	4.50	0.99	0.84	
700	4.90	1.08	0.99	
800	5.40	1.19	1.13	
900	5.95	1.31	1.27	
1000	6.55	1.44	1.41	
1100	7.22	1.59	1.55	
1200	7.72	1.70	1.69	
1300	8.40	1.85	1.83	
1400	9.12	2.01	1.97	
1500	9.80	2.16	2.11	
1600	10.62	2.34	2.25	
1700	11.40	2.51	2.39	
1800	12.30	2.71	2.53	
1900	13.25	2.92	2.6747	
1950	14.42	3.18	2.7451	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA ALBAÑILERIA				
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco		LARGO (cm):	46.07
PROBETA:	D4		ANCHO (cm):	15.73
% CAL	18		AREA (cm <sup>2</sup> ):	724.78
FECHA DE FABRIC.:	20/06/2107		ALTURA (cm):	45.85
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)		$f'_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2.48
TIEM. DE ENSAYO:	2.02		VEL. DE CARGA (kg/min):	891.09
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI.	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0	0.00	0.00	0.00	
100	1.40	0.31	0.14	
200	2.22	0.48	0.28	
300	2.77	0.60	0.41	
400	3.25	0.71	0.55	
500	3.75	0.82	0.69	
600	4.18	0.91	0.83	
700	4.58	1.00	0.97	
800	5.05	1.10	1.10	
900	5.55	1.21	1.24	
1000	5.98	1.30	1.38	
1100	6.52	1.42	1.52	
1200	7.08	1.54	1.66	
1300	7.68	1.68	1.79	
1400	8.40	1.83	1.93	
1500	9.05	1.97	2.07	
1600	9.90	2.16	2.21	
1700	10.85	2.37	2.35	
1800	12.20	2.66	2.48	

DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN



Codigo	Dimensiones de pilas											
	a1	a2	a3	apm	b1	b2	b3	bpm	h1	h2	h3	hpm
A1	15.00	15.50	15.00	<b>15.17</b>	44.60	44.00	45.00	<b>44.53</b>	40.70	41.00	41.40	<b>41.03</b>
A2	15.10	15.60	14.90	<b>15.20</b>	44.50	44.10	45.10	<b>44.57</b>	40.80	41.10	41.30	<b>41.07</b>
A3	14.80	15.00	15.00	<b>14.93</b>	45.40	44.30	44.80	<b>44.83</b>	43.00	43.40	43.20	<b>43.20</b>
A4	14.60	14.80	14.60	<b>14.67</b>	45.00	44.80	44.70	<b>44.83</b>	43.00	42.80	42.90	<b>42.90</b>
B1	15.40	15.20	15.40	<b>15.33</b>	45.80	45.70	45.50	<b>45.67</b>	45.80	45.60	45.80	<b>45.73</b>
B2	15.30	15.20	15.40	<b>15.30</b>	45.80	45.70	45.40	<b>45.63</b>	45.00	44.80	45.00	<b>44.93</b>
B3	15.20	15.40	15.30	<b>15.30</b>	45.40	45.20	45.30	<b>45.30</b>	44.40	44.20	44.30	<b>44.30</b>
B4	15.30	15.70	15.50	<b>15.50</b>	45.40	45.50	45.30	<b>45.40</b>	44.20	44.30	44.25	<b>44.25</b>
C1	15.30	15.50	15.40	<b>15.40</b>	45.60	45.80	45.50	<b>45.63</b>	46.00	45.80	45.90	<b>45.90</b>
C2	15.30	15.50	15.40	<b>15.40</b>	45.80	45.70	45.50	<b>45.67</b>	45.80	45.60	45.70	<b>45.70</b>
C3	15.60	15.50	15.60	<b>15.57</b>	46.80	46.20	45.80	<b>46.27</b>	45.10	45.00	45.05	<b>45.05</b>
C4	15.70	15.60	15.70	<b>15.67</b>	45.70	45.70	45.90	<b>45.77</b>	45.80	45.60	45.70	<b>45.70</b>
D1	15.50	15.30	15.30	<b>15.37</b>	46.00	45.90	46.00	<b>45.97</b>	46.70	46.70	46.70	<b>46.70</b>
D2	15.60	15.50	15.50	<b>15.53</b>	45.80	46.10	46.00	<b>45.97</b>	45.80	45.70	45.75	<b>45.75</b>
D3	15.60	15.40	15.70	<b>15.57</b>	45.70	45.20	46.00	<b>45.63</b>	45.30	45.50	45.40	<b>45.40</b>
D4	15.80	15.70	15.70	<b>15.73</b>	46.00	46.00	46.20	<b>46.07</b>	45.80	45.90	45.85	<b>45.85</b>

Codigo	Dimensiones de Pilas (Real)			
	a	b	h	h/a
A	14.99	44.69	42.05	<b>2.80</b>
B	15.36	45.50	44.80	<b>2.92</b>
C	15.51	45.83	45.59	<b>2.94</b>
D	15.55	45.91	45.93	<b>2.95</b>

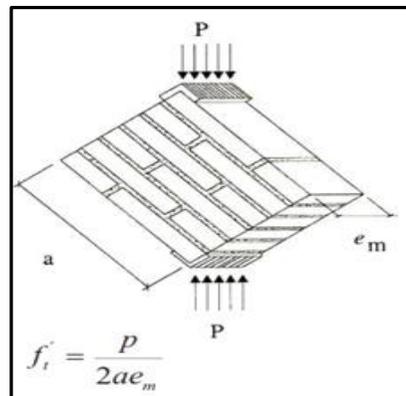
Codigo	Dimensiones de Pilas NTE 080			
	a	b	h	h/a
A	15.50	46.00	46.00	<b>2.97</b>
B	15.50	46.00	46.00	<b>2.97</b>
C	15.50	46.00	46.00	<b>2.97</b>
D	15.50	46.00	46.00	<b>2.97</b>

- c. **Determinación de la resistencia mecánica al corte de la albañilería (muretes) de adobe convencional (“A”) y estabilizado (“B”, “C” y “D”).**

## Resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe convencional, tipo "A".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE										NTP E0.80-2006		
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Convencional							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	A							
<b>PROCED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROCED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	17/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	0							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	apm	epm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f't (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
A1	70.00	20.00	70.00	0.0980	67.70	19.07	67.97	0.0877	1325.00	0.51	0.32	Por fuerza cortante
A2	70.00	20.00	70.00	0.0980	66.07	18.97	68.17	0.0854	1140.00	0.45	0.78	Por fuerza cortante
A3	70.00	20.00	70.00	0.0980	66.97	18.97	66.97	0.0851	1380.00	0.54	0.96	Por fuerza cortante
A4	70.00	20.00	70.00	0.0980	65.93	18.97	66.80	0.0835	1055.00	0.42	0.32	Por fuerza cortante
<b>PROMEDIOS</b>	70.00	20.00	70.00	0.0980	66.67	18.99	67.48	0.0854	-	0.48	0.59	100% por fuerza cortante

Figura: Ensayo de Compresión Diagonal (NTE0.80-2006)



Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017		
	NTE.080-2006 (x 0.4)	NTE.080-2017 (x 0.4)				
f't (kg/cm²)	0.48	0.48	0.625		0.25	
vm (kg/cm²)	0.19	0.19	vm (kg/cm²)	0.25	fm (kg/cm²)	0.10

Donde:	f't = Esfuerzo último del murete de ensayo		
	vm = Esfuerzo admisible a corte del muro		
	f't = 0.625 kg/cm² (NTE.080-2006)		
	f't = 0.25 kg/cm² (NTE.080-2017)		
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2006)	vm (kg/cm²) =	0.25
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2017)	vm (kg/cm²) =	0.10

Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe-Probeta Fresca ( NTE080-2006 y 2017)			
	apm	epm	h pm	h/a
A	70.00	20.00	70.00	1.00

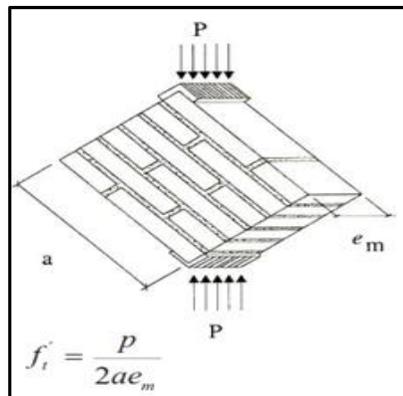
Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe--Probeta Seca (NTE080-2006-2017)			
	apm	epm	hpm	h/a
A	66.67	18.99	67.48	1.01

Donde: h pm= Altura promedio de muretes de adobe.

## Resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe estabilizado, tipo "B".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE									NIP E.0.80-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	B							
<b>PROC.ED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROC.ED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	18/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	6							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	apm	epm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f't (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
B1	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.23	19.70	68.37	0.0932	540.00	0.20	0.40	Por fuerza cortante
B2	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.03	19.53	69.23	0.0934	600.00	0.22	0.24	Por fuerza cortante
B3	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.27	19.60	68.45	0.0929	548.00	0.20	0.16	Por fuerza cortante
B4	70.00	20.00	70.00	0.0980	68.97	19.77	68.10	0.0928	621.00	0.23	0.40	Por fuerza cortante
<b>PROMEDIOS</b>	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.13	19.65	68.54	0.0931	-	0.21	0.30	100% por fuerza cortante

Figura: Ensayo de Compresión Diagonal (NTE0.80-2006)



	Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017	
	NTE.080-2006 (x 0.4)	NTE.080-2017 (x 0.4)				
f't (kg/cm²)	0.21	0.21	0.625		0.25	
vm (kg/cm²)	0.09	0.09	vm (kg/cm²)	0.25	fm (kg/cm²)	0.10

Donde:	f't = Esfuerzo último del murete de ensayo	
	vm = Esfuerzo admisible a corte del muro	
	f't = 0.625 kg/cm² (NTE.080-2006)	
	f't = 0.25 kg/cm² (NTE.080-2017)	
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2006)	vm (kg/cm²) = 0.25
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2017)	vm (kg/cm²) = 0.10

Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe-Probeta Fresca ( NTE080-2006 y 2017)			
	apm	epm	h pm	h/a
B	70.00	20.00	70.00	1.00

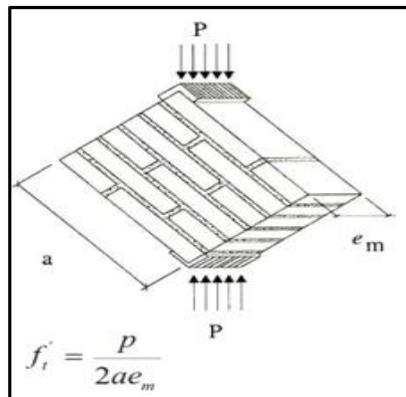
Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe-Probeta Seca (NTE080-2006-2017)			
	apm	epm	hpm	h/a
B	69.13	19.65	68.54	0.99

Donde: h pm= Altura promedio de muretes de adobe.

## Resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe estabilizado, tipo "C".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE									NTP E 0.80-2006			
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	C							
<b>PROC.ED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROC.ED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	19/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	12							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	apm	epm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f't (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
C1	70.00	20.00	70.00	0.0980	68.90	19.60	69.93	0.0944	360.00	0.13	0.61	Por fuerza cortante
C2	70.00	20.00	70.00	0.0980	68.77	19.73	69.80	0.0947	480.00	0.18	0.47	Por fuerza cortante
C3	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.62	19.67	69.00	0.0945	334.00	0.12	0.27	Por fuerza cortante
C4	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.47	19.73	69.75	0.0956	328.00	0.12	0.36	Por fuerza cortante
<b>PROMEDIOS</b>	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.19	19.68	69.62	0.0948	-	0.14	0.43	100% por fuerza cortante

Figura: Ensayo de Compresión Diagonal (NTE0.80-2006)



Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017		
	NTE.080-2006 (x 0.4)	NTE.080-2017 (x 0.4)				
f't (kg/cm²)	0.14	0.14	0.625		0.25	
vm (kg/cm²)	0.06	0.06	vm (kg/cm²)	0.25	fm (kg/cm²)	0.10

Donde:	f't = Esfuerzo último del murete de ensayo	
	vm = Esfuerzo admisible a corte del muro	
	f't = 0.625 kg/cm² (NTE.080-2006)	
	f't = 0.25 kg/cm² (NTE.080-2017)	
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2006)	vm (kg/cm²) = 0.25
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2017)	vm (kg/cm²) = 0.10

Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe-Probeta Fresca ( NTE080-2006 y 2017)			
	apm	epm	h pm	h/a
C	70.00	20.00	70.00	1.00

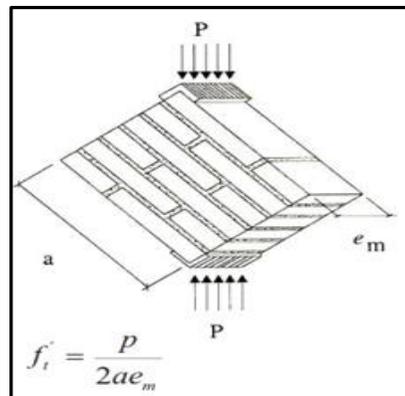
Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe--Probeta Seca (NTE080-2006-2017)			
	apm	epm	hpm	h/a
C	69.19	19.68	69.62	1.01

Donde: h pm= Altura promedio de muretes de adobe.

## Resistencia a la compresión diagonal del murete de adobe estabilizado, tipo "D".

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL MURETE DE ADOBE								NTP E.0.80-2006				
<b>TESISTA:</b>	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco			<b>ADOBE TIPO:</b>	Estabilizado							
<b>PROYECTO:</b>	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil			<b>CODIGO ESPECÍMENES:</b>	D							
<b>PROC.ED. DE SUELO:</b>	Ex cantera adobera "Cruz Blanca."			<b>PROC.ED. DE CAL:</b>	Empresa Minera El Progreso S.R.L.							
<b>UBICACIÓN:</b>	Av. Independencia #1860.			<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.							
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	20/06/2017			<b>% DE CAL:</b>	18							
<b>TIEM. MÍN. DE SECADO:</b>	30 días (adobes) + 30 días (especimen+mortero)			<b># ESPECÍMENES:</b>	4							
PROBETA	DATOS PROBETA FRESCA				DATOS PROBETA SECA				DATOS PRUEBA A COMPRESIÓN			
	apm	epm	h pm	VOL. (m³)	apm	epm	hpm	VOL. (m³)	CARGA ROT. (kg)	f't (kg/cm²)	DEF-UNT. (X100)	MODO DE FALLA
D1	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.10	19.60	69.93	0.0947	175.00	0.06	0.07	Por fuerza cortante
D2	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.60	19.87	69.95	0.0967	217.00	0.08	0.21	Por fuerza cortante
D3	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.17	19.77	69.88	0.0955	206.00	0.08	0.29	Por fuerza cortante
D4	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.80	19.93	69.98	0.0974	168.00	0.06	0.13	Por fuerza cortante
<b>PROMEDIOS</b>	70.00	20.00	70.00	0.0980	69.42	19.79	69.93	0.0961	-	0.07	0.17	100% por fuerza cortante

Figura: Ensayo de Compresión Diagonal (NTE0.80-2006)



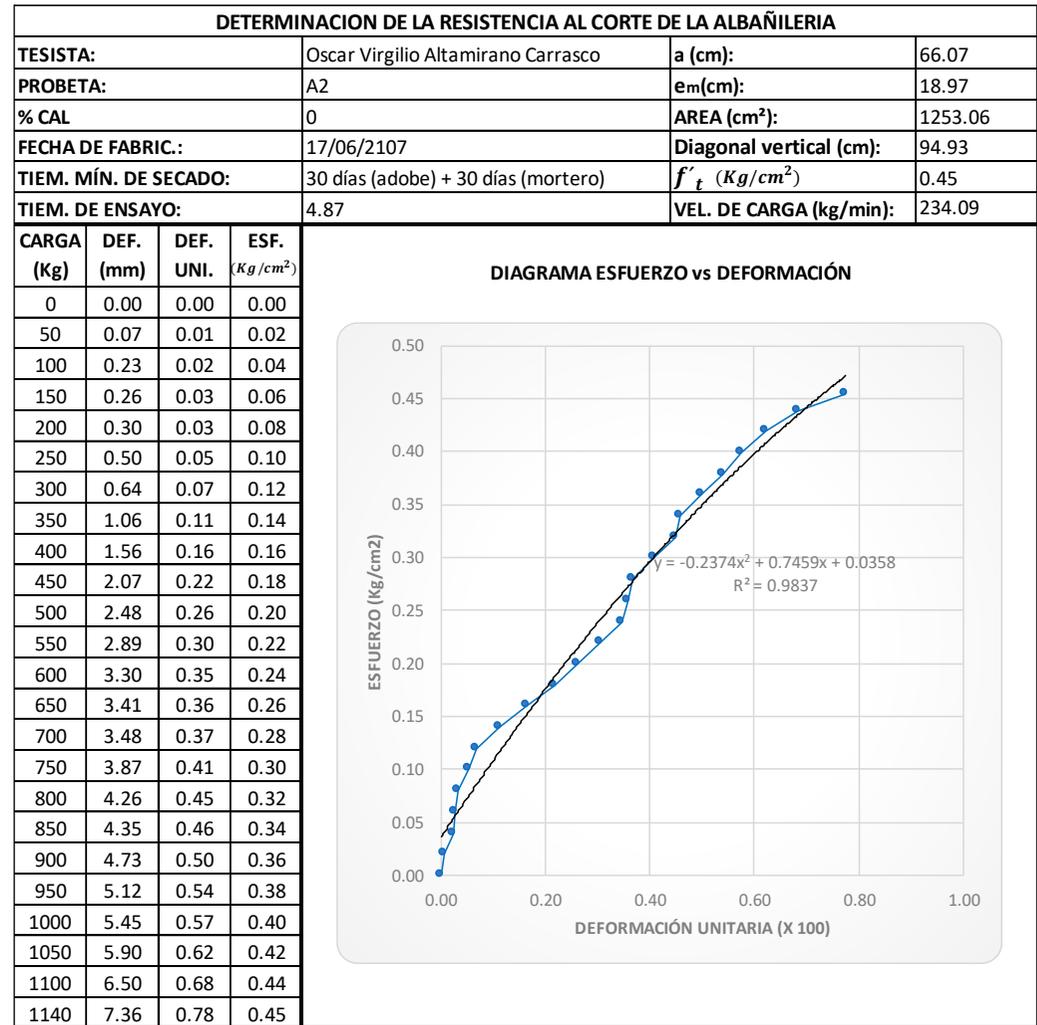
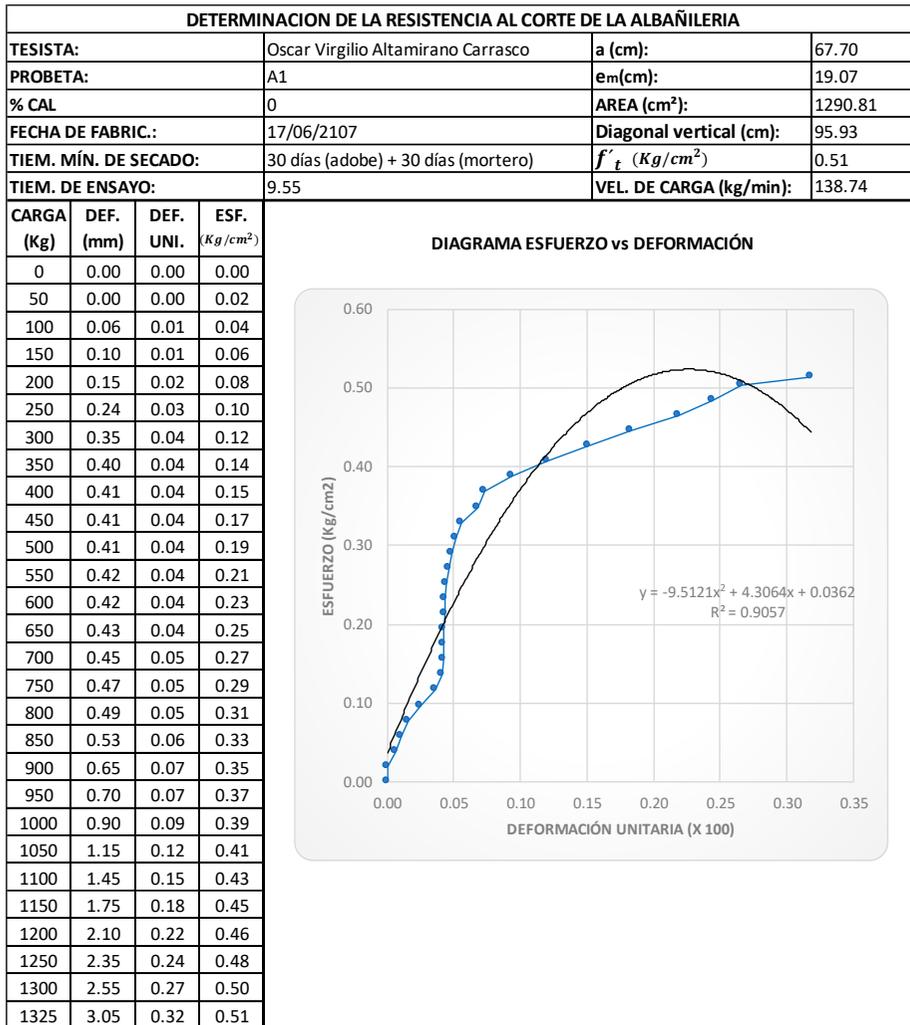
Resultados Estudio		NTE.080-2006		NTE.080-2017		
	NTE.080-2006 (x 0.4)	NTE.080-2017 (x 0.4)				
f't (kg/cm²)	0.07	0.07	0.625		0.25	
vm (kg/cm²)	0.03	0.03	vm (kg/cm²)	0.25	fm (kg/cm²)	0.10

Donde:	f't = Esfuerzo último del murete de ensayo	
	vm = Esfuerzo admisible a corte del muro	
	f't = 0.625 kg/cm² (NTE.080-2006)	
	f't = 0.25 kg/cm² (NTE.080-2017)	
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2006)	vm (kg/cm²) = 0.25
	vm = 0.4 f't (NTE.080-2017)	vm (kg/cm²) = 0.10

Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe-Probeta Fresca (NTE.080-2006 y 2017)			
	apm	epm	h pm	h/a
D	70.00	20.00	70.00	1.00

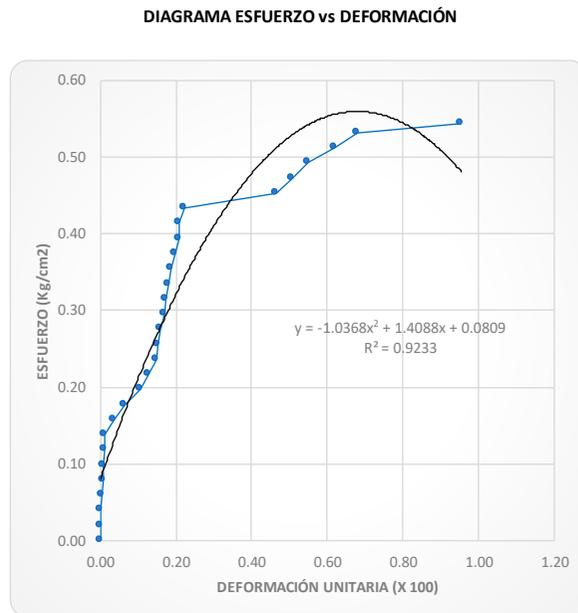
Codigo	Dimensiones de Muretes de Adobe--Probeta Seca (NTE.080-2006-2017)			
	apm	epm	hpm	h/a
D	69.42	19.79	69.93	1.01

Donde: h pm= Altura promedio de muretes de adobe.



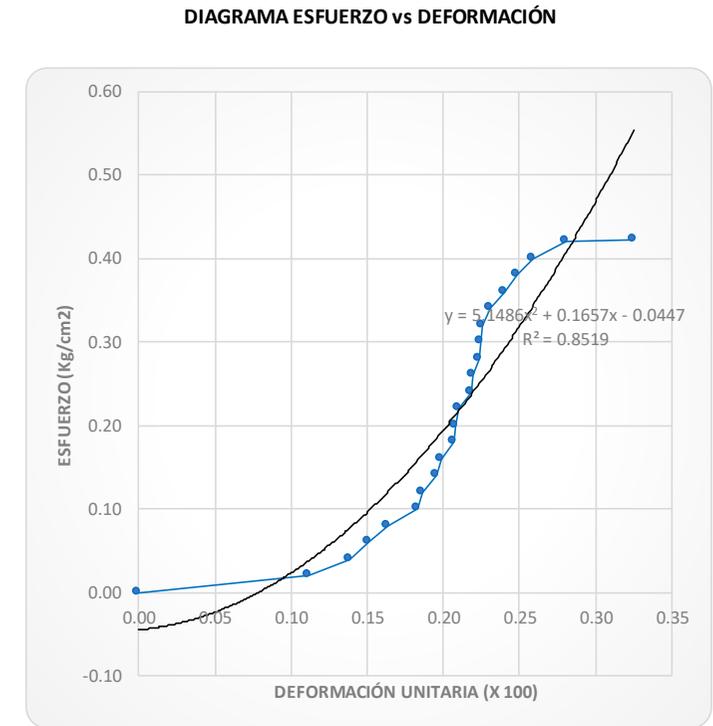
DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA ALBAÑILERIA			
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco	a (cm):	66.97
PROBETA:	A3	em(cm):	18.97
% CAL	0	AREA (cm <sup>2</sup> ):	1270.13
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107	Diagonal vertical (cm):	94.71
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)	f' <sub>t</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.54
TIEM. DE ENSAYO:	4.3	VEL. DE CARGA (kg/min):	320.93

CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (mm/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00
50	0.00	0.00	0.02
100	0.02	0.00	0.04
150	0.04	0.00	0.06
200	0.07	0.01	0.08
250	0.09	0.01	0.10
300	0.10	0.01	0.12
350	0.12	0.01	0.14
400	0.35	0.04	0.16
450	0.61	0.06	0.18
500	1.00	0.11	0.20
550	1.21	0.13	0.22
600	1.40	0.15	0.24
650	1.45	0.15	0.26
700	1.50	0.16	0.28
750	1.60	0.17	0.30
800	1.65	0.17	0.31
850	1.71	0.18	0.33
900	1.77	0.19	0.35
950	1.86	0.20	0.37
1000	1.99	0.21	0.39
1050	1.99	0.21	0.41
1100	2.10	0.22	0.43
1150	4.40	0.46	0.45
1200	4.80	0.51	0.47
1250	5.22	0.55	0.49
1300	5.87	0.62	0.51
1350	6.45	0.68	0.53
1380	9.05	0.96	0.54

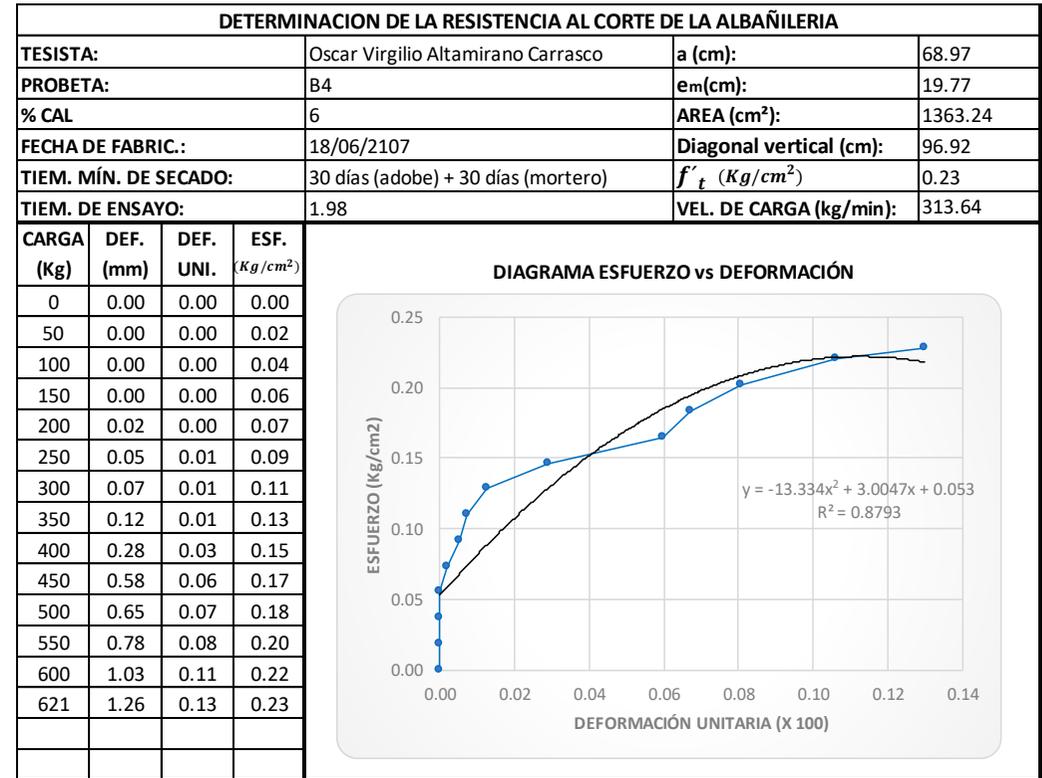
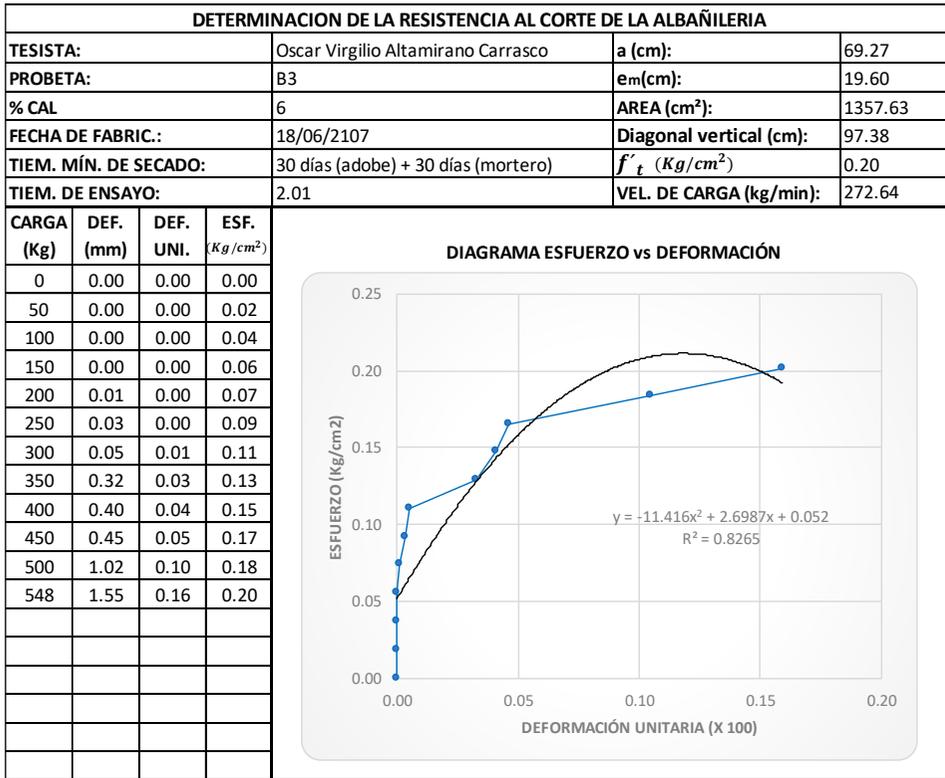


DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL CORTE DE LA ALBAÑILERIA			
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco	a (cm):	65.93
PROBETA:	A4	em(cm):	18.97
% CAL	0	AREA (cm <sup>2</sup> ):	1250.54
FECHA DE FABRIC.:	17/06/2107	Diagonal vertical (cm):	93.86
TIEM. MÍN. DE SECADO:	30 días (adobe) + 30 días (mortero)	f' <sub>t</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.42
TIEM. DE ENSAYO:	7.2	VEL. DE CARGA (kg/min):	146.53

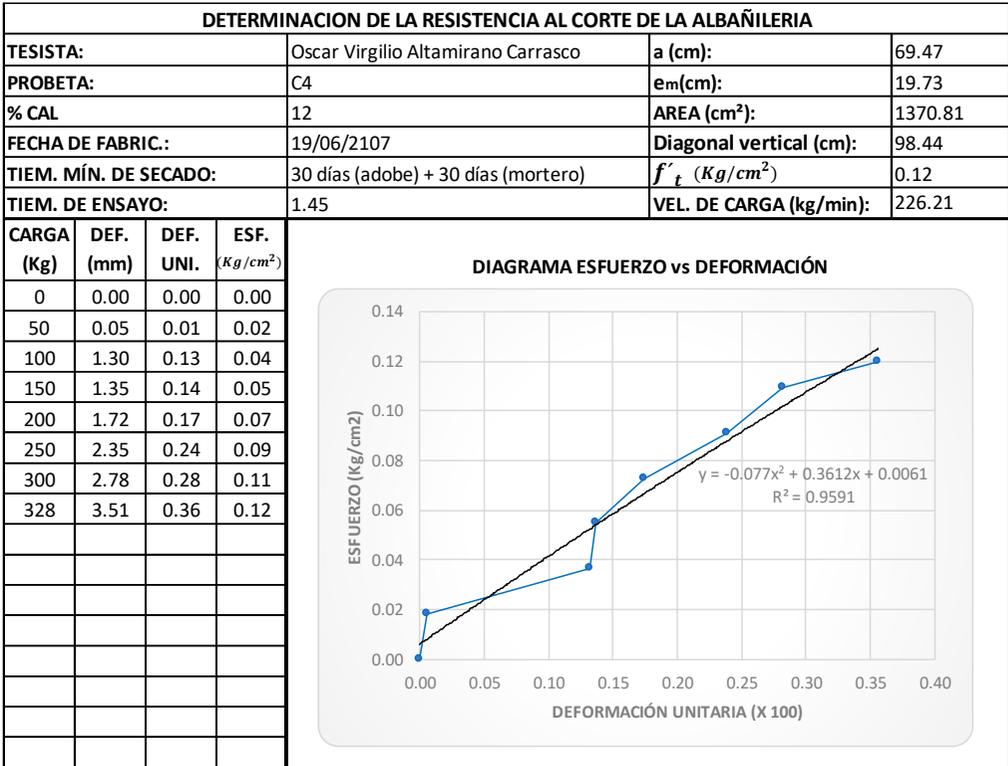
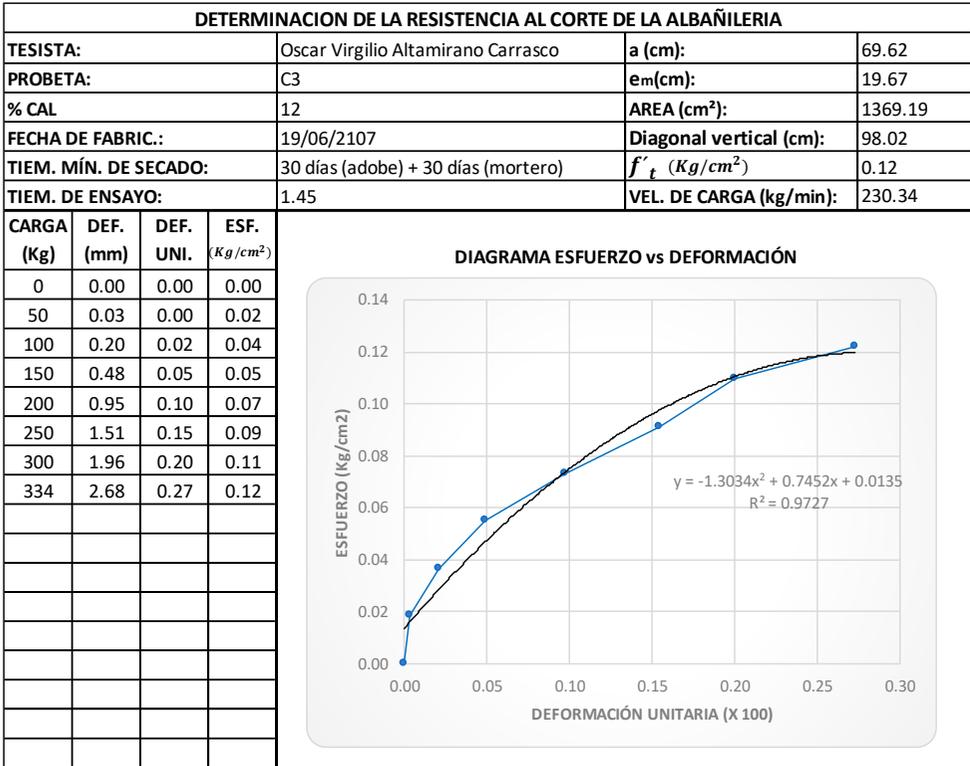
CARGA (Kg)	DEF. (mm)	DEF. UNI. (mm/cm <sup>2</sup> )	ESF. (Kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	0.00	0.00
50	1.05	0.11	0.02
100	1.30	0.14	0.04
150	1.42	0.15	0.06
200	1.53	0.16	0.08
250	1.72	0.18	0.10
300	1.75	0.19	0.12
350	1.84	0.20	0.14
400	1.87	0.20	0.16
450	1.94	0.21	0.18
500	1.95	0.21	0.20
550	1.97	0.21	0.22
600	2.05	0.22	0.24
650	2.06	0.22	0.26
700	2.10	0.22	0.28
750	2.11	0.22	0.30
800	2.12	0.23	0.32
850	2.17	0.23	0.34
900	2.25	0.24	0.36
950	2.33	0.25	0.38
1000	2.43	0.26	0.40
1050	2.63	0.28	0.42
1055	3.05	0.32	0.42



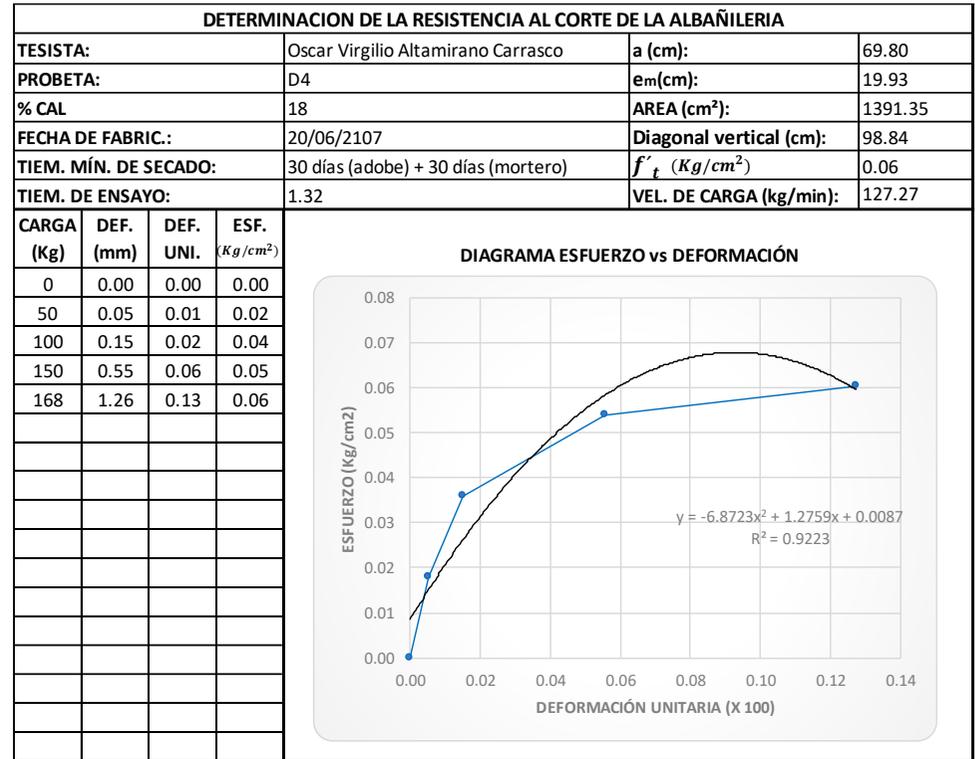
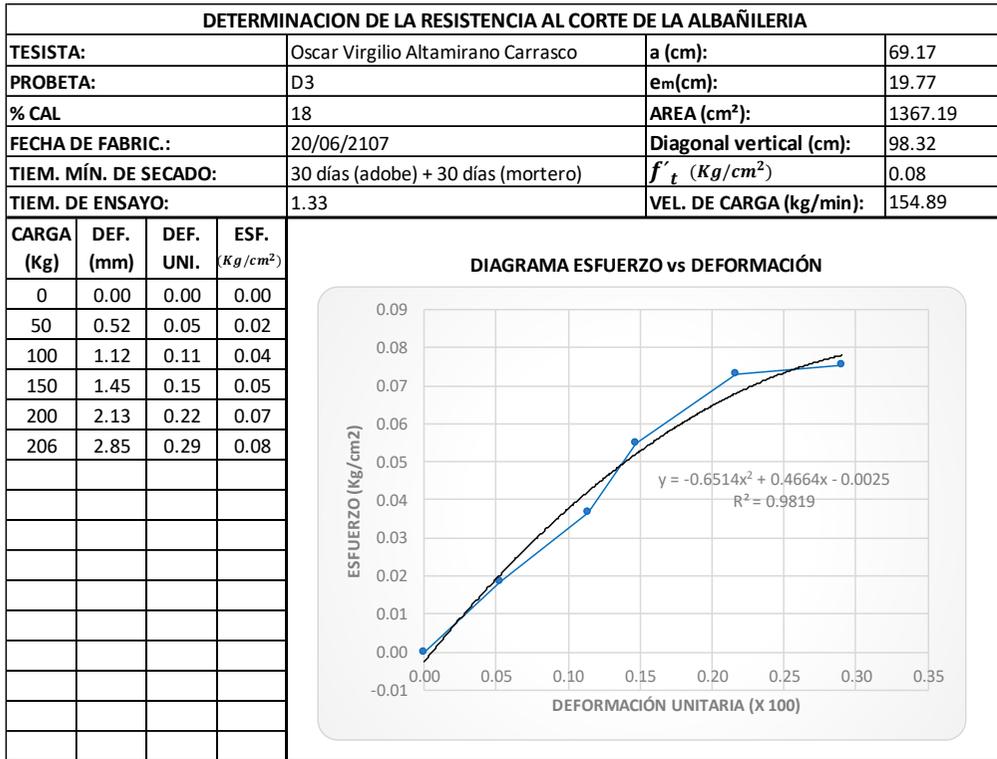












Codigo	Dimensiones de muretes											
	a1	a2	a3	apm	e m1	e m2	e m3	e pm	h1	h2	h3	h pm
A1	68.00	68.10	67.00	<b>67.70</b>	19.00	19.20	19.00	<b>19.07</b>	67.80	68.00	68.10	<b>67.97</b>
A2	66.00	66.20	66.00	<b>66.07</b>	19.00	19.00	18.90	<b>18.97</b>	68.50	68.00	68.00	<b>68.17</b>
A3	67.50	67.00	66.40	<b>66.97</b>	18.90	19.00	19.00	<b>18.97</b>	68.70	66.00	66.20	<b>66.97</b>
A4	66.40	65.80	65.60	<b>65.93</b>	18.70	19.20	19.00	<b>18.97</b>	66.20	67.00	67.20	<b>66.80</b>
B1	69.00	69.20	69.50	<b>69.23</b>	19.60	19.80	19.70	<b>19.70</b>	68.60	68.20	68.30	<b>68.37</b>
B2	69.30	69.00	68.80	<b>69.03</b>	19.40	19.70	19.50	<b>19.53</b>	68.50	69.50	69.70	<b>69.23</b>
B3	69.50	69.00	69.30	<b>69.27</b>	19.50	19.60	19.70	<b>19.60</b>	68.40	68.50	68.45	<b>68.45</b>
B4	69.00	69.00	68.90	<b>68.97</b>	19.90	19.70	19.70	<b>19.77</b>	68.00	68.20	68.10	<b>68.10</b>
C1	68.80	68.90	69.00	<b>68.90</b>	19.50	19.60	19.70	<b>19.60</b>	69.90	69.95	69.93	<b>69.93</b>
C2	68.50	68.80	69.00	<b>68.77</b>	19.80	19.70	19.70	<b>19.73</b>	69.80	69.80	69.80	<b>69.80</b>
C3	70.06	69.60	69.20	<b>69.62</b>	19.50	19.90	19.60	<b>19.67</b>	69.00	69.00	69.00	<b>69.00</b>
C4	69.50	68.90	70.00	<b>69.47</b>	19.80	19.70	19.70	<b>19.73</b>	69.70	69.80	69.75	<b>69.75</b>
D1	69.20	69.10	69.00	<b>69.10</b>	19.50	19.60	19.70	<b>19.60</b>	69.95	69.90	69.93	<b>69.93</b>
D2	69.60	69.50	69.70	<b>69.60</b>	19.70	20.00	19.90	<b>19.87</b>	70.00	69.90	69.95	<b>69.95</b>
D3	69.50	69.00	69.00	<b>69.17</b>	19.70	19.80	19.80	<b>19.77</b>	69.90	69.85	69.88	<b>69.88</b>
D4	69.80	69.70	69.90	<b>69.80</b>	20.00	19.90	19.90	<b>19.93</b>	69.95	70.00	69.98	<b>69.98</b>

Codigo	Dimensiones de Muretes a Compresion Diagonal (Real)			
	a	e m	h	h/a
A	66.67	18.99	67.48	<b>1.01</b>
B	69.13	19.65	68.54	<b>0.99</b>
C	69.19	19.68	69.62	<b>1.01</b>
D	69.42	19.79	69.93	<b>1.01</b>

Codigo	Dimensiones de Muretes a Compresion Diagonal (NTE-080 2006)			
	a	b	h	h/a
A	70.00	20.00	70.00	<b>1.00</b>
B	70.00	20.00	70.00	<b>1.00</b>
C	70.00	20.00	70.00	<b>1.00</b>
D	70.00	20.00	70.00	<b>1.00</b>

**B. Propiedades físicas y clasificación del suelo.**

PESO ESPECÍFICO DEL SUELO - A.S.T.M. D 854 (Ys)					
TESISTA:	Oscar Virgilio Altamirano Carrasco				
PROYECTO:	Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil				
TESIS:	"Análisis de la Resistencia a Compresión del Adobe Estabilizado con Cal en la Ciudad de Cajamarca."				
PROCED. DE SUELO:	Cantera adobera "Cruz Blanca."				
MUESTRA :	M - 1				
FECHA :	18 DE JULIO DEL 2018				
COORDENADAS UTM					
E: 774715					
N: 9204810					
z: 2840					
	m1	m2	m3	Promedio	
<b>Peso de la fiola</b>	= 163.00	163.00	163.00		gr
<b>Peso de la fiola + Agua destilada</b>	= 661.00	661.00	661.00		gr
<b>Peso de la muestra</b>	= 100.00	100.00	100.00		gr
<b>Peso de la fiola + muestra + agua</b>	= 722.80	722.60	722.70		gr
<b>Peso específico del agua</b>	= 1.00	1.00	1.00		gr/cm <sup>3</sup>
<b>Peso específico del suelo o tierra (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	= 2.62	2.60	2.61	<b>2.61</b>	gr/cm <sup>3</sup>

**LÍMITES DE ATTERBERG**  
**A.S.T.M. D 4318**

**TESISTA:** Oscar Virgilio Altamirano Carrasco  
**PROYECTO:** Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil  
**TESIS:** "Análisis de la Resistencia a Compresión del Adobe Estabilizado con Cal en la Ciudad de Cajamarca."  
**PROCED. DE SUELO:** Cantera adobera "Cruz Blanca."  
**MUESTRA :** M - 1  
**FECHA :** 18 DE JULIO DEL 2018

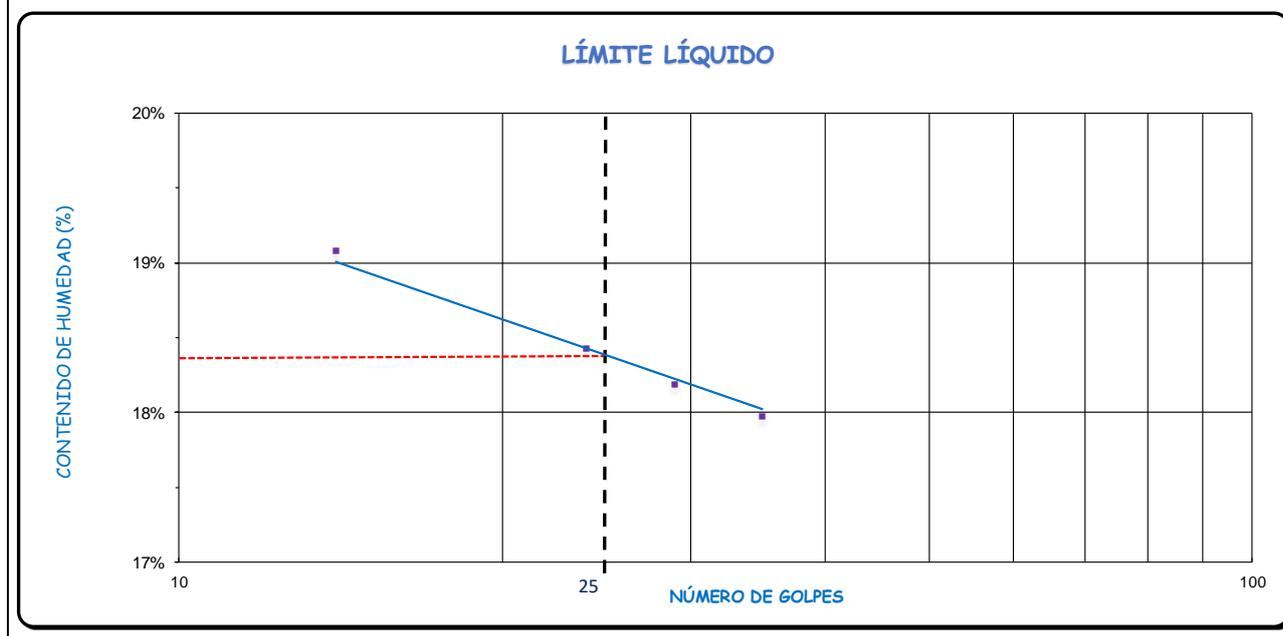
COORDENADAS UTM	
E:	774715
N:	9204810
z:	2840

LÍMITE LÍQUIDO				
TARA N°	1	2	3	4
Wt+ M.Húmeda (g)	<b>44.60</b>	<b>41.50</b>	<b>42.50</b>	<b>43.40</b>
Wt+ M. Seca (g)	<b>41.70</b>	<b>39.40</b>	<b>40.30</b>	<b>41.10</b>
W agua (g)	2.90	2.10	2.20	2.30
W tara (g)	<b>26.50</b>	<b>28.00</b>	<b>28.20</b>	<b>28.30</b>
W M.Seca (g)	15.20	11.40	12.10	12.80
W(%)	19.08%	18.42%	18.18%	17.97%
N.GOLPES	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>29</b>	<b>35</b>

TEMPERATURA DE SECADO	
PREPARACIÓN DE MUESTRA	
60°C	110°C
CONTENIDO DE HUMEDAD	
60°C	110°C
AGUA USADA	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA N°	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (g)	<b>31.30</b>	<b>32.50</b>	
Wt+ M. Seca (g)	<b>30.70</b>	<b>31.90</b>	
W agua (g)	0.60	0.60	
W tara (g)	<b>26.90</b>	<b>27.90</b>	
W M.Seca (g)	3.80	4.00	
W(%)	15.79%	15.00%	15.39%

LÍMITE LÍQUIDO	18%
LÍMITE PLÁSTICO	15%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	3%



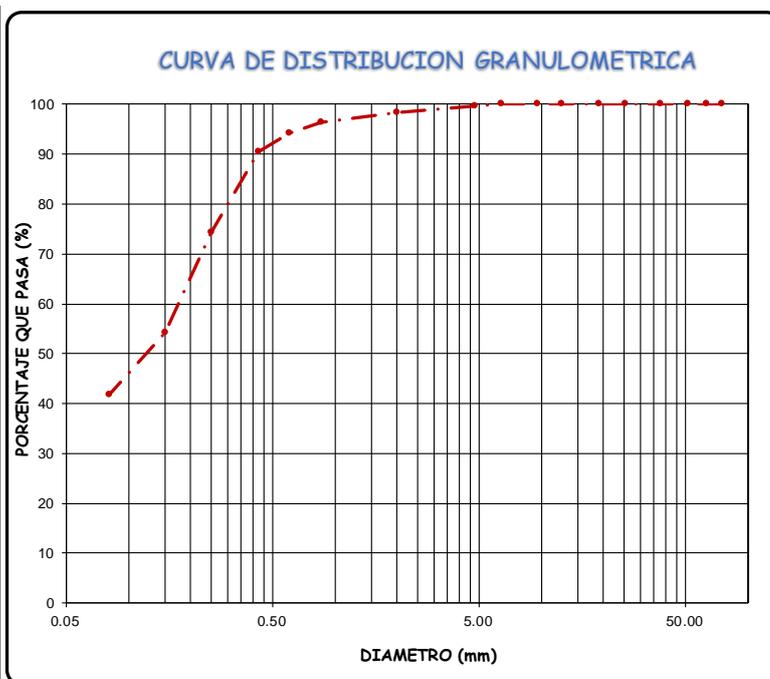
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
**A.A.S.H.T.O. T 88**

**TESISTA:** Oscar Virgilio Altamirano Carrasco  
**PROYECTO:** Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil  
**TESIS:** "Análisis de la Resistencia a Compresión del Adobe Estabilizado con Cal en la Ciudad de Cajamarca."  
**PROCED. DE SUELO:** Cantera adobera "Cruz Blanca."  
**MUESTRA :** M - 1  
**FECHA :** 18 DE JULIO DEL 2018

COORDENADAS UTM	
E:	774715
N:	9204810
z:	2840

CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL			
TEMPERATURA DE SECADO	110° C	CONTENIDO DE HUMEDAD A.A.S.H.T.O. T 265	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	400.00	TARA N°	1
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	398.50	PESO HUMEDO + TARA (g)	675.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	1.50	PESO SECO + TARA (g)	651.00
		PESO TARA (g)	127.00
		PESO DEL AGUA (g)	24.00
		PESO SECO (g)	524.00
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	418.32	<b>C. HUMEDAD (%)</b>	<b>4.58</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz	Peso Retenido o Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
	Abertura (mm)				
3"	76.20	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	1.5	0.38	0.38	<b>99.63</b>
TOTAL	W G =	1.50			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCION DE MUESTRA CUARTEADA :					0.199
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					500.00
N 10	2.00	6.70	1.33	1.71	98.29
N 20	0.85	10.00	1.99	3.70	96.30
N 30	0.60	10.20	2.03	5.73	94.27
N 40	0.43	18.60	3.71	9.44	90.56
N 60	0.25	81.91	16.32	25.76	74.24
N 100	0.15	100.20	19.96	45.73	54.27
N 200	0.08	62.50	12.45	58.18	<b>41.82</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL		290.11			
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318					
LÍMITE LIQUIDO :					18.00%
LÍMITE PLÁSTICO :					15.00%
ÍNDICE PLÁSTICO :					3.00%
<b>CLASIFICACION</b>					<b>SM</b>
<b>S.U.C.S. :</b>					



**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTO, MEZCLADO CON 0.38 % DE FRAGMENTOS ROCOSOS TAMAÑO MÁXIMO 1/4" Y 57.81% ARENA FINA A GRUESA.

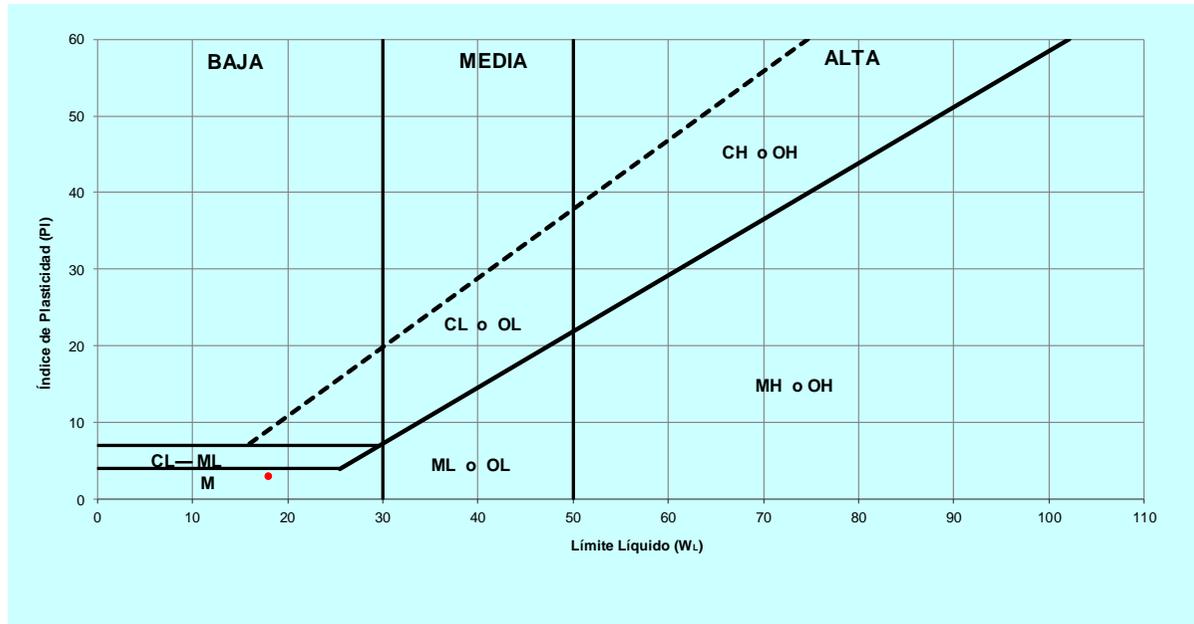
**CARTA DE CASAGRANDE-SUELOS DE GRANOS FINOS Y ORGANICOS**

**TESISTA:** Oscar Virgilio Altamirano Carrasco  
**PROYECTO:** Tesis Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil  
**TESIS:** "Análisis de la Resistencia a Compresión del Adobe Estabilizado con Cal en la Ciudad de Cajamarca."  
**PROCED. DE SUELO:** Cantera adobera "Cruz Blanca."  
**MUESTRA :** M - 1  
**FECHA :** 18 DE JULIO DEL 2018

COORDENADAS UTM	
E:	774715
N:	9204810
z:	2840

	%
Grava	0.4
Arena	57.8
Finos	41.8
	100.0

Límite líquido de Plasticidad		
LL	IP	LP
18.00	3.00	15.00



### C. Resolución de concejo de facultad de aprobación de plan de tesis profesional.



*Universidad Nacional de Cajamarca*

*"Norte de la Universidad Peruana"*

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Telefax N° 0051-76-365976 Anexo N° 129-130



#### Resolución de Consejo de Facultad N° 0029-2017-FI-UNC

Cajamarca, 16 de enero del 2017

**VISTO:** El Proveído N° 167-2016-P-TES.PROF-FI-UNC, de fecha 13 de diciembre del 2016, con expediente N° 01440-2016-SA-FI-UNC., de fecha 15 de diciembre del 2016, presentado por el docente Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada, Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca; y

#### **CONSIDERANDO:**

Que, según documentos de VISTO, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, propone la aprobación del Plan de Tesis Profesional Titulado: "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE ESTABILIZADO CON CAL EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil OSCAR VIRGILIO ALTAMIRANO CARRASCO, asesorado por el M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza;

Que, mediante el Proveído N° 152-2016-DACI-FI-TESIS PROFESIONAL, de fecha 6 de diciembre del 2016, presentado por el M.Cs. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas, Director del Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería, alcanza la propuesta de Jurado para el Plan de Tesis Profesional;

Que, de conformidad con el Artículo 46º, 54º, 143º y 131º del Nuevo Estatuto de la Universidad Nacional de Cajamarca y estando a lo expuesto, y a lo acordado por el Consejo de Facultad en su Sesión Ordinaria, de fecha 16 de enero del 2017;

#### **SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO: APROBAR**, el Plan de Tesis Profesional Titulado: "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL ADOBE ESTABILIZADO CON CAL EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil OSCAR VIRGILIO ALTAMIRANO CARRASCO, asesorado por el M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza.

**ARTÍCULO SEGUNDO: APROBAR**, como miembros integrantes del Jurado Evaluador para la Sustentación de la Tesis Profesional a los siguientes docentes:

Presidente	: Ing. Marcos Mendoza Linares.
Vocal	: Ing. José Lázaro Lezama Leiva.
Secretario	: Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Accesitario	: Ing. William Próspero Quiroz Gonzales.

**ARTÍCULO TERCERO: COMUNICAR**, la presente Resolución a los organismos pertinentes para su conocimiento y fines.

Regístrese, comuníquese y archívese;

Distribuido a:  
Oficina de Notas  
EAPIC.  
Integrantes del Jurado  
Asesor  
Interesado  
Secretaría Académica  
WMMW.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza  
DECANO



**D. Análisis fisicoquímico de la cal hidratada.**

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: 948818861 CELULAR: 970073878 TELÉFONO: 076 283661

**ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CAL  
 HIDRATADA**

**SOLICITA** : OSCAR VIRGILIO ALTAMIRANO CARRASCO

**PROCEDENCIA** : EMPRESA MINERA - EL PROGRESO S.R.L  
 DISTRITO : BAMBAMARCA  
 PROVINCIA : HUALGAYOC  
 DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

**FECHA** : 03/08/2017

**I. ANÁLISIS QUÍMICO:**

DETERMINACIÓN QUÍMICA	RESULTADOS %
Hidróxido de Calcio Ca(OH) <sub>2</sub>	93.20
Óxido de calcio CaO	83.90
Óxido férrico Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.073
Óxido de magnesio MgO	0.604
Óxido de silicio SiO <sub>2</sub>	2.00
Óxido de aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.57

**II. ANÁLISIS FÍSICO:**

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Color	Blanco
Granulometría en malla	50 %
Aspecto físico	Bueno

**NOTA** : La muestra fue alcanzada a este laboratorio, la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.

  
 Ing. MSc. Hugo Masqueira Estrover  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 27664

**E. Análisis de Ph, sulfatos y cloruros del suelo.**

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
 PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA  
 RPM: 948818861 CELULAR: 970073878 TELÉFONO: 076 283661

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE SUELO**

SOLICITA : OSCAR VIRGILIO ALTAMIRANO CARRASCO  
 PROCEDENCIA : CANTERA ADOBERA - CRUZ BLANCA  
                   DISTRITO : CAJAMARCA  
                   DEPARTAMENTO : CAJAMARCA  
 MUESTRA : SUELO  
 FECHA : 31/08/2017

**RESULTADOS**

MUESTRA	pH (1:1)	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	CLORUROS (Cl <sup>-1</sup> ) ppm	Temperatura (°C)
SUELO	7.68	69.80	57.90	20

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

  
 Ing. MSc/Hugo Mosquera Estraver  
 JEFE DE LABORATORIO  
 CIP. 27664

**F. Panel Fotográfico.**



**Foto 1 :** Ubicación de la Empresa Minera El Progreso S.R.L., carretera 3N distrito de Bambamarca-Hualgayoc



**Foto 2 :** Empresa Minera El Progreso S.R.L.



**Foto 3 :** Interior de un ambiente de la Empresa Minera El Progreso S.R.L., en pleno proceso de producción de óxido de calcio (cal viva).



**Foto 4 :** Presencia de tesista en el interior de un ambiente de la Empresa Minera El Progreso S.R.L.



**Foto 5 :** El señor Amadeo Altamirano Díaz, experimentado carpintero elaborando las adoberas de madera pino.



**Foto 6 :** Adoberas de pino para realizar los especímenes de adobe (unidad, pilas, muretes).



**Foto 7 :** Vista panorámica de la ubicación de la cantera adobera Cruz Blanca, Av. Independencia N° 1860, caserío Chinchimarca – Cajamarca.



**Foto 8 :** Extracción de suelo de la cantera adobera Cruz Blanca para elaboración de adobes.



Foto 9 : Cernimiento del suelo para separar partículas de mayor tamaño.



Foto 10 : Corte de paja ichu, longitud de 3 cm a 6 cm.



Foto 11 : Pesaje de suelo seco en la balanza analítica.



Foto 12 : Pesaje de paja ichu en la balanza analítica.

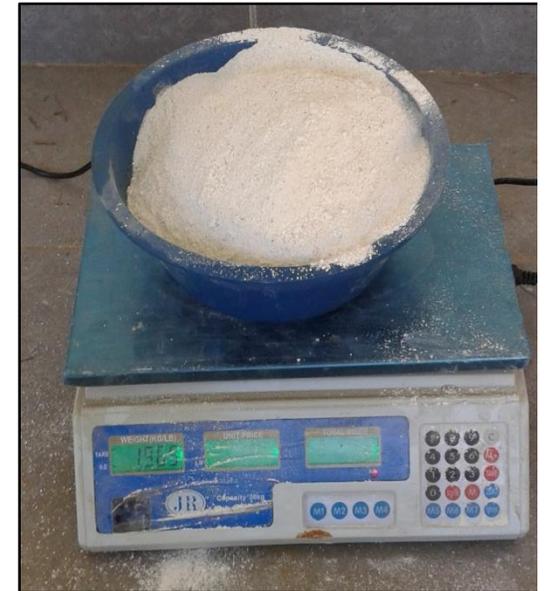


Foto 13 : Pesaje de cal en la balanza analítica.



**Foto 14** : Mezcla de la cal apagada con el suelo seco.



**Foto 15** : Mezcla homogénea de cal apagada, suelo seco y agua.



**Foto 16** Añadiendo paja ichu al barro.



**Foto 17** Batido de barro para elaboración de unidades de adobe (cubos)



**Foto 18** Lavado de adobera para hacer unidades de adobe (cubos)



**Foto 19** Desmoldeo de Unidades de adobe (cubos)



**Foto 20** : Presencia de tesista junto a unidades de adobe (cubos), tipo A, B, C y D.



**Foto 21** : Protección de unidades de adobe (cubos), contra el sol y el viento.



**Foto 22** : Toma de peso seco de las unidades de adobe (cubos).



**Foto 23** Enrazamiento de la cara superior con yeso de las unidades de adobe (cubos).



**Foto 24** : Proceso de secado de las unidades de adobe.



**Foto 25** : Se aprecia la tierra excavada para pilas y muretes de adobe, junto a pozas de plástico para cada de espécimen de adobe tipo A, B, C y D.



**Foto 26** : Cuatro pozas de plástico con 1 ton de suelo y cal (0 %, 6%, 12% y 18 %) c/u para elaboración de pilas y muretes de adobe.



**Foto 27** : Espolvoreo de la tierra, y extracción de partículas grandes .



**Foto 28** : Batido de barro para mezcla del adobe tradicional (0% de cal apagada).



**Foto 29** : Equipo de protección para manipular la cal apagada, botas de jebe, guantes para concreto, mascarilla.



**Foto 30** : Peso de cal apagada en balanza analítica, para elaboración de adobes estabilizados



**Foto 31** : Puesta de cal apagada en suelo seco, para adobes estabilizados tipo B, C y D.



**Foto 32** : Mezcla de cal apagada y suelo seco .



**Foto 33** : Mezcla homogénea de suelo seco y cal apagada



**Foto 34** : Tesista supervisando, el mezclado homogéneo de cal y suelo.



**Foto 35** : Torta de cal apagada, suelo seco y agua



**Foto 36** : Mezclado con palas de la cal apagada, suelo seco y agua a cargo de personal.



**Foto 37** : Paja ichu añadida homogéneamente a lo largo de la mezcla, batido de barro.



**Foto 38** : Mezcla del barro con palas para homogenizar más la mezcla.



**Foto 39** : Barro en su etapa final listo para la elaboración de adobes estabilizados.



**Foto 40** : Elaboración de especímenes de adobe para muretes, dos adobes de diferente tamaño.



**Foto 41** : Elaboración de especímenes de adobe para muretes, dimensiones internas de adobera M3 Y M4.



**Foto 42** : Elaboración de especímenes de adobe para cubos y pilas, dimensiones internas de adobera M1 Y M2



**Foto 43** : Elaboración de adobes en la cantera adobera Cruz Blanca.



**Foto 44 :** Protección de adobes contra el viento y lluvia con toldos de plástico.



**Foto 45 :** Protección de adobes contra el viento y lluvia con toldos de plástico.



**Foto 46 :** Presencia de asesor de tesis durante proceso de secado de los adobes



**Foto 47 :** Mg. Ing. Héctor A. Pérez Loayza, asesor de tesis verificando el trabajo realizado en campo.



Foto 48 : Mg. Ing. Héctor Pérez, observando la unidad de adobe (cubo)



Foto 49 : Mg. Ing. Héctor Pérez, observando los adobes para posterior elaboración de pilas de adobe



Foto 50 : Mg. Ing. Héctor Pérez junto a tesista verificando la calidad de los especímenes de adobe.



Foto 51 : Mg. Ing. Héctor Pérez junto a tesista observando los adobes para elaboración posterior de pilas.



Foto 52 : Destendido del toldo después del proceso de secado. (30 días después de elaborados)



Foto 53 : Adobes convencionales y estabilizados para elaboración de muretes, después del proceso de secado.



Foto 54 : Desplante de adobes para muretes después del proceso de secado.



Foto 55 : Desplante de adobes para pilas después del proceso de secado



**Foto 56 :** Pilado de adobes, para protección bajo techo por inicio de lluvias.



**Foto 57 :** Suelo tomado de cantera adobera Cruz Blanca para elaboración de morteros para pilas y muretes.



**Foto 58 :** Traslado de adobes al laboratorio de la Facultad Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.



**Foto 59 :** Adobes en el interior del laboratorio de la Facultad de Ingeniería.



**Foto 60** : Presencia de fisuras debido a su traslado o mala manipulación.



**Foto 61** : Adobes en mal estado considerados como desperdicios (25%)



**Foto 62** : Adobes rotos por mala manipulación y fragilidad de los mismos



**Foto 63** : Elaboración de mortero para pilas y muretes con las mismas características de cada tipo de adobe.



**Foto 64** : Verificación de horizontalidad con nivel de mano de muretes de adobe.



**Foto 65** : Verificación de verticalidad con plomada de muretes de adobe.



**Foto 66** : Mg. Ing. Héctor Pérez junto a tesista y a maestro supervisando la adecuada elaboración de muretes de adobe.



**Foto 67** : Vista lateral de 16 muretes listos para ensayos a compresión diagonal.



**Foto 68** : Vista frontal de 16 muretes listos para ensayos a compresión diagonal.



**Foto 69** : Plataforma metálica y carro metálico elaborados especialmente para trasladar los muretes para ensayo.



**Foto 70** : Proceso constructivo de pilas de adobe.



**Foto 71** : Se aprecia pilas de adobe.



**Foto 72** . Vista de las 16 pilas de adobe listas para ensayo.



**Foto 73** : Toma de medidas de unidades de adobe (cubos) con vernier.



**Foto 74** : Toma de medidas de pilas.



**Foto 75** : Toma de medidas de muretes



**Foto 76 :** Ensayo a compresión de la unidad (cubo) del adobe convencional (Tipo A)



**Foto 77 :** Ensayo a compresión de la unidad (cubo) del adobe estabilizado (Tipo B)



**Foto 78 :** Ensayo a compresión de la unidad (cubo) del adobe estabilizado (Tipo C)



**Foto 79 :** Ensayo a compresión de la unidad (cubo) del adobe estabilizado (Tipo D)



**Foto 80 :** Fallas que se presentan en el ensayo de los cubos de adobe.



**Foto 81 :** Fallas que se presentan en el ensayo de los cubos de adobe.



**Foto 82 :** Ensayo a compresión de la unidad (cubo) en máquina de tracción universal, toma de deformación vertical y tiempo.



**Foto 83** : Ensayo a compresión de la albañilería (pila) del adobe convencional (Tipo A).



**Foto 84** : Ensayo a compresión de la albañilería (pila) del adobe estabilizado (Tipo B)



**Foto 85** : Ensayo a compresión de la albañilería (pila) del adobe estabilizado (Tipo C)



**Foto 86** : Ensayo a compresión de la albañilería (pila) del adobe estabilizado (Tipo D)



**Foto 87** : Fallas que se presentan en el ensayo de las pilas de adobe (Tipo A)



**Foto 88** : Fallas que se presentan en el ensayo de las pilas de adobe (Tipo B)



**Foto 89** : Fallas que se presentan en el ensayo de las pilas de adobe (Tipo C)



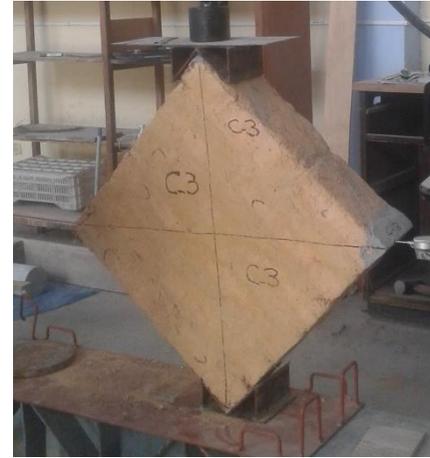
**Foto 90** : Fallas que se presentan en el ensayo de las pilas de adobe (Tipo D)



**Foto 91 :** Ensayo a compresión diagonal del murete del adobe convencional (Tipo A).



**Foto 92 :** Ensayo a compresión diagonal del murete del adobe estabilizado (Tipo B).



**Foto 93 :** Ensayo a compresión diagonal del murete del adobe estabilizado (Tipo C).



**Foto 94 :** Ensayo a compresión diagonal del murete del adobe estabilizado (Tipo D).



**Foto 95 :** Fallas diagonales y del mortero que se presentan en el ensayo de los muretes de adobe (Tipo A)



**Foto 96 :** Fallas diagonales y del mortero que se presentan en el ensayo de los muretes de adobe (Tipo B)



**Foto 97 :** Fallas diagonales que se presentan en el ensayo de los muretes de adobe (Tipo C)



**Foto 98 :** Fallas diagonales que se presentan en el ensayo de los muretes de adobe (Tipo D)



**Foto 99** : Utilización de la bomba de vacíos para extraer el aire (ensayo del peso específico).



**Foto 100** : Realización del ensayo granulométrico por tamizado por lavado.



**Foto 101** : Realización del ensayo granulométrico por tamizado por lavado.



**Foto 102** : Ensayo de límite líquido utilizando la copa de Casagrande.



**Foto 103** : Ensayo de límite líquido utilizando la copa de Casagrande.



**Foto 104** : Ensayo de límite plástico, elaborando cilindros de 3 mm de diámetro.





**Foto 105** : Ensayo a compresión de la albañilería (pila) en máquina de tracción universal, toma de deformación vertical y tiempo.



**Foto 106** : Traslado de muretes en carro metálico para ensayo a compresión diagonal.



**Foto 107** : Ensayo a compresión diagonal en pórtico de carga.



**Foto 108** : Mg. Ing. Héctor Pérez, asesor de tesis, gran docente y amigo.



**Foto 109** : Amigos de infancia y de la vida, el maestro Williams Pardo y el maestro Josué Dávila.



**Foto 110** : Antonio Regalado, Johan Edquén, Jacob Romero, compañeros profesionales y grandes amigos.



**Foto 111** : Fernando Pajares, compañero profesional y gran amigo.



Stalin Ruiz, Nels Cachi compañeros profesionales y grandes amigos.