

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I. Distrito de Huaraz - Huaraz 2017

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

**Autor:**

Garcia Huaynacaqui Alex Williams

**Asesor:**

Solar Jara Miguel

**Huaraz – Perú**

**2018**

## Índice

Indice.....	<b>ii</b>
Palabras claves y línea de investigación.....	<b>v</b>
Título.....	<b>vi</b>
Resumen.....	<b>vii</b>
Abstract.....	<b>viii</b>
Introducción.....	<b>1</b>
Metodología.....	<b>20</b>
Resultados.....	<b>53</b>
Análisis y Discusión.....	<b>63</b>
Conclusiones.....	<b>65</b>
Recomendaciones.....	<b>67</b>
Referencias Bibliográficas.....	<b>68</b>
Anexos.....	<b>70</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla Nª1: Composicion quimica del cemento portland.....</b>	<b>09</b>
<b>Tabla Nª2: Composición física conforme a la NTP 334.009/ASTM-C150.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla Nª3: Tipos de cemento portland .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla Nª4: Clases de cales .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla Nª5: Sustitucion del porcentaje de tierra por cal y cemento portland tipo I .....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla N° 6 Coordenadas geográfica y superficie de la ciudad de huaraz .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N° 7 Estados del suelo .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla N° 8: Calificación del rango de plasticidad del suelo de acuerdo con el valor de I.P .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla N° 9: Valores de los limites de Atterberg para la identificacion de arcillas .</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N° 10: Tipologia de suelos SUCS .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N° 11 Ensayos de mecanica de suelos de la materia prima .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 12 Resultado de equivalente de arena.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 13 resultado de contenido de humedad .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 14 Pesos de las 06 muestras tomadas de la cantera N° 02 – Los olivos – Huaraz .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 15 componentes a emplear para estabilizar bloques de tierra – cal y cemento en porcentajes .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla N° 16 componentes a emplear para estabilizar bloques de tierra – cal y cemento en peso .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla N° 17 dosisficaciones a usarse con cada componente .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla N° 18 variabilidad dimensional de los bloques de tierra estabilizados .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N° 19 resistencia a la compresion de los bloques estabilizados a los 28 dias de secado.....</b>	<b>56</b>

<b>Tabla N° 20</b>	<b>Contenido de humedad de los bloques de tierra estabilizados.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla N° 21</b>	<b>Humedecido y secado de los bloques de tierra estabilizados.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla N° 22</b>	<b>Humedecido y secado de los bloques de tierra estabilizados.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla N° 23</b>	<b>Requisitos indispensables según la norma tecnica peruana E 080 .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N° 24</b>	<b>Comparacion de los requisitos indispensables según la Norma Tecnica Peruana.....</b>	<b>58</b>

### Índice de gráficos

<b>Grafico N° 1</b>	<b>Ensayo de Variabilidad Dimensional Promedio y Experimental a los 28 días</b>	<b>59</b>
<b>Grafico N° 2</b>	<b>Ensayo de Resistencia a la compresion experimental a los 28 dias de secado del espécimen patrón, según las NTP E08</b>	<b>59</b>
<b>Grafico N° 3</b>	<b>Ensayo de Resistencia a la compresion experimental a los 28 dias de secado del espécimen experimental según las NTP E08 y INDECOPI</b>	<b>60</b>
<b>Grafico N° 4</b>	<b>Ensayo de Resistencia a la compresion experimental a los 28 dias de secado del espécimen experimental según las NTP E08 y INDECOPI</b>	<b>60</b>
<b>Grafico N° 5</b>	<b>Equivalente de arena Promedio Experimental</b>	<b>61</b>
<b>Grafico N° 6</b>	<b>Contenido de Humedad del Especimen Promedio y Experimental</b>	<b>61</b>
<b>Grafico N° 7</b>	<b>Humedecido y Secado de los especimenes Promedio y Experimental</b>	<b>62</b>

### Índice de Figuras

<b>Figura N° 1</b>	<b>Estratificación de la corteza terrestre</b>	<b>15</b>
<b>Figura N° 2</b>	<b>Composicion del suelo como material requerido</b>	<b>16</b>
<b>Figura N° 3</b>	<b>Ubicación de las canteras</b>	<b>21</b>
<b>Figura N° 4</b>	<b>Area donde se extrajo el material principal</b>	<b>22</b>
<b>Figura N° 5</b>	<b>Diagrama de plasticidad</b>	<b>33</b>

**Palabras claves:**

**Key Word:**

TEMA	Resistencia, adobe estabilizado
ESPECIALIDAD	Ingeniería civil
THEME	Resistance, stabilized adobe
SPECIALITY	Civil engineering

**Líneas de investigación**

2. Ingeniería y Tecnología
  - 2.1 Ingeniería Civil
    - Ingeniería Civil

**Título:**

Resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I distrito de Huaraz – Huaraz 2017

## Resumen

De acuerdo a la historia, muchas de los habitantes que construyen sus viviendas con adobe en el Perú, y en el mundo, no tienen los conocimientos adecuados, ni la asistencia técnica necesaria para construir viviendas reforzadas sísmicamente, lo que hace que sus construcciones sean muy vulnerables a los diferentes eventos sísmicos que constantemente se presentan en el planeta. Esto se evidenció con la destrucción total de las viviendas de adobe durante el terremoto del 31 de mayo de 1970 en Yungay (Ancash) y del 15 de agosto del 2007 en Pisco (Perú). Aun así, muchas personas ya sea de bajos recursos o ambientalistas siguen construyendo sus viviendas con adobe dado que esta tecnología es simple y no demanda grandes recursos económicos.

Para reducir la vulnerabilidad sísmica de estas construcciones de adobe, se propone la tesis de investigación experimental, en el cual se ha diseñado un adobe estabilizado, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12 % de tierra por cal y cemento portland tipo I. Esto va dirigido a la población que necesitan construir, remodelar y/o reconstruir sus viviendas con adobe estabilizado. El enfoque de este estudio experimental de diseño simple, es que sea difundido entre la población para que ellos mismos sean agentes de su propio desarrollo y sepan reconstruir sus viviendas de adobe en forma sismorresistente y saludable.

De lo anteriormente señalado, se logró identificar a través de los resultados obtenidos, que los adobes estabilizados con el 12% de cal y cemento, nos permite obtener un adobe más resistente e impermeable con un  $F^c = 73.47 \text{ kg/cm}^2$ . Superando los valores normales de la Norma Técnica Peruana E 080. Por lo tanto, esta propuesta podemos aplicarla en otros países sísmicos que se encuentren en proceso de construcción, remodelación y/o reconstrucción de viviendas de adobe.

## **Abstract**

According to the story, many of the inhabitants who build their houses with adobe in Peru, and in the world, do not have the adequate knowledge, nor the technical assistance necessary to build houses seismically reinforced, which makes their constructions very vulnerable to the different seismic events that constantly occur on the planet. This was evidenced by the total destruction of the adobe houses during the earthquake of May 31, 1970 in Yungay (Ancash) and of August 15, 2007 in Pisco (Peru). Even so, many people, either low-income or environmentalists, continue to build their houses with adobe since this technology is simple and does not demand large economic resources.

To reduce the seismic vulnerability of these adobe buildings, the experimental research thesis is proposed, in which a stabilized adobe has been designed, substituting 3%, 6%, 9% and 12% of lime and portland type cement. I. This is aimed at the population that need to build, remodel and / or rebuild their homes with stabilized adobe. The focus of this simple design experimental study is that it be disseminated among the population so that they themselves are agents of their own development and can rebuild their adobe homes in a seismic and healthy way.

From the previously mentioned, it was possible to identify through the obtained results, that the adobes stabilized with 12% of lime and cement, allows us to obtain a more resistant and impermeable adobe with a  $F^c = 73.47 \text{ kg / cm}^2$ . Exceeding the normal values of Peruvian Technical Standard E 080. Therefore, this proposal can be applied in other seismic countries that are in the process of construction, remodeling and / or reconstruction of adobe houses.



## Introducción

Los antecedentes referidos al presente estudio de investigación, son antecedentes orientados que permitieron orientar y determinar a los investigadores o instituciones que efectuaron estudios similares, como son la relación que hay en la aplicación y sustitución de aditivos estabilizantes.

El centro de estabilización interamericana (1978) de la organización de los Estados Americanos en Bogotá - Colombia, describe que la estabilización con suelo-cemento prensado, se presenta como una de muchas alternativas al problema de la construcción con tierra, sin embargo, el suelo es el más delicado debido a la gran variedad que existe y los diferentes componentes de éste. El propósito de los bloques de tierra estabilizados, es saber que el suelo es un material muy variable y complejo donde una muestra es diferente a otra ya sea a poca distancia o a diferente profundidad y en tanto mayor sea, el material es mejor y se obtendrá una mejor calidad de los bloques.

Para la fabricación de bloques estabilizados con cemento, el suelo tiene que tener ciertas proporciones en un 30% - 95% arena, 5% - 30% arcilla y un 10% limo. Pero a través de estudios realizados en los laboratorios de suelo se indica una proporción estándar de 70% arena, 25% arcilla y 5% limo. Por lo tanto, el uso de tierras aptas nos dará buenos resultados y utilizando una parte o porcentaje de cemento por 15 – 18 partes de tierra o 80 – 100 kg de cemento/m<sup>3</sup>

Como resultados alcanzados, se considera que un bloque suelo-cemento bien fabricado con dimensiones (30x15x10 cm) es aquel que alcanza la siguiente resistencia a la compresión de 21.00 (kg/cm<sup>2</sup>)

El ingeniero Julio Escobar (1982) en su publicación Nueva metodología de construcción con adobe sismorresistente, realizo un estudio cuyo propósito fue investigar y describir al adobe antisísmico de tierra-cemento manualmente y propone al respecto las siguientes dosificaciones:

Para la fabricación de los bloques de tierra de buena calidad, es recomendable agregarle cemento en pequeñas proporciones (2% en peso), esto es para impermeabilizar

los bloques de adobe, traducido esto se interpreta de esta manera: para una carretilla de tierra, agregar  $\frac{1}{4}$  de palana con cemento

- Si la prueba práctica de la tierra a utilizar, es conveniente reemplazar esta por cemento en la siguiente proporción: para una carretilla de tierra, agregar una palana con cemento
- Si la prueba práctica de la tierra indica que se debe agregar arena, significa que la tierra es arcillosa, en este caso se le debe agregar arena y cemento en las siguientes proporciones: una carretilla de tierra arcillosa, agregar cinco palanas con cemento.

Como resultados alcanzados se considera que el bloque de adobe (suelo – cemento), es bueno si a la cuarta semana alcanza los siguientes límites:

- Dimensiones del adobe: L= 35 cm, A=35cm y E=9 cm
- Si el adobe muestra no más de tres grietas muy pequeñas, significa que el adobe tiene mezcla apropiada y se halla expedito.
- Si el adobe apoyado por sus extremos, resiste el peso de una persona 65 a 70 kg, se dice que es óptimo.
- Un buen adobe no debe romperse cuando se le suelta en posición horizontal de una altura de 20 cm

Fabricación de bloques de suelo estabilizado con asfalto y emulsión (1978) (california state university fresno/california), El propósito de los estudios realizados con estabilizantes RC-250 (RC-2), efectuados en el instituto Internacional Tecnológico de Vivienda presentan resultados satisfactorios.

En estas pruebas realizadas, se ha comprobado que los bloques de adobe que emplean estabilizantes RC-250 en su fabricación, poseen una resistencia al agua, al igual que aquellos bloques estabilizados con emulsiones. Además, el asfalto RC-250 permite un secado rápido. Las propiedades ensayadas son de 1% a 3% de RC-250

Y como resultados alcanzados se obtuvo a través de estudios de suelos realizados, los tipos de suelos requeridos para la elaboración de bloques de 45% de material fino, siendo la proporción ideal de arcilla 15%.

Los ensayos realizados con bloques estabilizados (adobe) con dimensiones de (39x18.5x9.5 cm), muestran como resultados:

- 46 kg/cm<sup>2</sup> - resistencia a la compresión por unidad
- 1.01 % - Absorción de agua en 7 días (% Peso seco)
- 0.75 % - Contenido de humedad (% Peso seco)

El diseño sismo resistente de una unidad médica familiar con adobe (ININVI – 1973), esta publicación se presentó en el X Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos, con el propósito de dar a conocer sobre la tecnología del adobe estabilizado en nuestro País.

Entre sus líneas se menciona que no todos los suelos son apropiados para fabricar bloques de adobe estabilizados, pero por lo general un suelo apropiado para fabricar adobes simples, lo será también para fabricar adobes estabilizados.

Como resultados alcanzados se menciona que los suelos más apropiados son los que tienen entre 55 a 75% de arena y entre 25 a 45% de finos. Donde el porcentaje de arcilla varía entre 15 a 17% no debiendo exceder de 18%. El suelo no debe contener materias orgánicas más del 0.3%. Además, nos indica que una proporción adecuada de los estabilizantes nos proporcionara una buena resistencia a la compresión:

- Resistencia a la compresión, > a 17.6 kg/cm<sup>2</sup> -ADECUADO
- Resistencia a la compresión, 17.6 a 14.1 kg/cm<sup>2</sup> - LIMITE
- Resistencia a la compresión, < a 14.1 kg/cm<sup>2</sup> – FALLA

Y una adecuada absorción (contenido de humedad):

- < a 2% - Excelente, 2 – 3% - Bueno, 3 – 4% - Satisfactorio y > a 4% - Pobres.

Los Ingenieros julio Vargas Neumann, Ernesto Heredia Z., Juan Bariola B. y Ernesto Heredia Z. (2006), cuya publicación titulada Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas, como propósito se refiere al estudio experimental en los enlucidos de barro estabilizado, sometidos a la acción erosiva, para proteger las construcciones de adobe contra las precipitaciones pluviales. Como resultados alcanzados se mostraron que la figuración por contracción de secado es una de los factores más importantes que afectan la durabilidad del enlucido frente a las lluvias. Donde para lograr conseguir la preparación del estabilizante de tuna, se limpia primero las pencas de tuna eliminando las espinas. Luego se cortan en rebanadas de 3cm de espesor, colocándolas seguidamente a remojar

en agua cuya cantidad deberá ser igual al de la tuna por su peso (1:1 en peso). Las mejores condiciones son de 7 y 14 días a 20-25 °C y 18 días a 15-20 °C

Los autores Marcial Blondet, Gladys villa García m. y Svetlana Brzev del departamento de investigación de la pontificia universidad católica del Perú con el apoyo del british columbia institute of technology (2003), cuya publicación titulada Construcción de adobes resistentes a los terremotos. En su contenido hace referencia que 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 y Guillard 1994). Por ejemplo, en Perú, 60% de las casas son construidas con adobe o con tapial. El adobe es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad que es elaborado y las estructuras de adobe son generalmente autoconstruidas, porque la técnica constructiva tradicional es simple y no requiere profesionales calificados (ingenieros y arquitectos) y de allí la designación de “construcción no ingenieril”.

Además, que las estructuras de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones. La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente (CENAPRED).

En la PUCP se realizó el ensayo dinámico de muros en forma de “U” y como resultados alcanzados se demostraron que la mejor solución para viviendas nuevas de adobe y otras ya existentes es conveniente utilizar un reforzamiento consistente en malla electrosoldada (alambre de 1 mm espaciado cada  $\frac{3}{4}$  pulgada) clavado, mediante tapas metálicas de botella, y en sentido vertical y horizontal contra el adobe o en todo caso utilizar otros estabilizantes, ya que estas prácticas son efectiva en retardar el colapso de la estructura.

Sin embargo, se nos recuerda aligerar la estructura y aplicar algunas reglas para el comportamiento sísmico mejorado de las construcciones de adobe se resumen a continuación:

- Suelo plano, seco y firme. Construcción de buena calidad, regular y simétrico, refuerzo horizontal y vertical, contrafuertes, estructura firmemente unida y techo liviano bien anclado.

Construcción con tapial (ININVI – 1989), Este Documento Técnico se desarrolló con el convenio del Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (ININVI) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Tiene como propósito mejorar el comportamiento sísmico utilizando recursos naturales económicos, sin modificar mayormente el proceso constructivo tradicional de la construcción con tapial. En este reporte, se resume en primer lugar la técnica de construcción tradicional observada en las visitas hechas a los departamentos de Junín (Valle del Mantaro) y Ancash (Callejón de Conchucos), luego se describen los ensayos estáticos y dinámicos realizados en muretes y muros, en donde se investigó el efecto de diversas variables sobre la resistencia al corte del tapial.

A través de los resultados alcanzados se indica que los suelos arcillosos debido a su mayor cohesión son más resistentes que los suelos arenosos. Para mejorar la resistencia a la compresión en la construcción con tapias, se utilizaron listones de eucaliptos amarrados en forma horizontal y vertical. Para obtener los resultados se realizaron ensayos estáticos y dinámicos en los módulos de tapias en forma de "U", la presencia del refuerzo fue muy importante para integrar a las tapias e incrementar tanto la resistencia sísmica (60%) como la ductilidad, tanto fue así que el módulo reforzado soportó una fase sísmica con 2.2 veces mayor potencial destructivo que el módulo tradicional.

Finalmente se dio unas recomendaciones muy importantes que se deben de tomar en cuenta cuando se construyen con tapias:

En el caso de los muros reforzados de sección "U", los muros de corte, que sirvieron de arriostre al de flexión, funcionaron adecuadamente; por lo que se propone que:

- La distancia entre arriostres no sea mayor al doble de la altura del muro.
- La longitud de los muros de arriostre extremos sea no menor a cuatro veces el espesor.

También es recomendable, que todo vano tenga un marco de madera cerrado y que éste sea clavado a tacos de madera dejados en el interior de la tapia durante su proceso de construcción.

Finalmente, se recomienda que la cimentación sea de concreto ciclópeo, ya que se ha observado la fragilidad de las tapias ante asentamientos diferenciales y problemas de humedad.

Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobes y tapia pisada (1990). Este manual ha sido elaborado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, con el apoyo de financiero de la Red de Solidaridad Social de la Presidencia de la Republica, tiene como propósito definir los criterios con que se deben evaluar las edificaciones existentes con el fin de estimar su vulnerabilidad sísmica y se fijan las pautas para rehabilitar o reforzar las viviendas cuando su grado de vulnerabilidad es inaceptable. La AIS con el apoyo del FOREC y la Red de Solidaridad Social desarrollo un estudio experimental y analítico con el fin de estimar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas con técnicas tradicionales y proponer medidas de rehabilitación y reforzamiento sísmico. Estos estudios permitieron caracterizar estos sistemas constructivos y obtener la información necesaria acerca de las propiedades de os materiales y de los principales elementos que componen las estructuras de este tipo de viviendas. Adicionalmente se realizaron ensayos experimentales en laboratorios de estructuras de varias universidades para proponer técnicas de reforzamiento y rehabilitación de edificaciones existentes de adobe y tapia pisada. Se obtuvieron como resultados alcanzados que se deben aligerar o disminuir el peso de las viviendas, arriostar los muros, uso de collarines en el perímetro de las viviendas y en los entre pisos. En otros casos rehabilitar los muros con mallas de acero y mortero de arena y cal, rehabilitación con elementos de madera confinantes y rehabilitación de pañetes y revoques utilizando mortero cal y cemento.

La presente justificación de la investigación tiene el interés por el desarrollo del presente estudio parte de la premisa acerca de las diversas ventajas conocidas que, la

construcción en adobe ofrece a la humanidad y a la preservación ambiental del planeta, como son: el acondicionamiento térmico y acústico, el ahorro energético, reutilización del material, entre otras; las cuales se aprovecharían a partir del mejoramiento de la técnica constructiva en la elaboración de bloques de adobe, tanto para la construcción como para la restauración. Asimismo, gran parte de la población en nuestro país emplea adobe para la construcción de viviendas debido principalmente a que no encuentra otra alternativa económica para satisfacer su necesidad de alojamiento. Este mismo motivo es el que lleva además a las diversas comunidades a emplear el adobe para la construcción tanto de centros comunitarios (postas médicas y centros educativos) para su localidad. Por lo tanto, el presente estudio de investigación presenta el interés por conseguir construcciones de adobe más seguras que permitan mejorar la calidad de vida de las personas que residen en éstas. El presente estudio se encuentra en una zona de actividad sísmica alta (zona 3, según la RNE E-030), existiendo gran cantidad de edificaciones de adobe de hasta 2 pisos, lo que hace que estas sean vulnerables a los efectos de los sismos. Existe la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de este material, con la finalidad de conocer su comportamiento estructural y plantear soluciones más acertadas ya que conjuntamente con los bloques de ladrillos de arcilla, son los materiales más empleados en la región. Además como aporte científico una de las características a considerar, es conocer las técnicas constructivas, ya que se ha demostrado con evidencias, que las edificaciones empleando el adobe como material, tienen un mal proceso constructivo, cuando no tienen un asesoramiento técnico como son las edificaciones auto construidas, tal como son la gran parte de viviendas construidas en la zona rural del Distrito de Huaraz, localidad los Olivos, que sumado a las condiciones de suelo y a la falta de control de calidad de los materiales empleados, hacen que las edificaciones de adobe simple tengan fallas estructurales a lo largo de su vida útil, tal es el caso como las rajaduras, fallas de concepción estructural, deterioro, etc.

La justificación económica tiene como finalidad, la construcción de viviendas, empleando bloques de tierra estabilizados con cal y cemento, resulta ser una propuesta muy económica, en comparación de aquellas edificaciones realizadas con ladrillos convencionales (arcilla o concreto), puesto que se empleará tierra de buena calidad,

porcentajes de cal - cemento y agua. Permitiendo así su fácil elaboración y en algunos casos venta al público.

La justificación social del presente estudio de investigación, nos orienta como debemos de fabricar de los bloques de tierra más la incorporación de cal y cemento, permitirá generar más puestos de trabajo, ya que para la elaboración de este tipo de material de construcción solo se requerirá de los elementos naturales disponibles en la zona de estudio. Además, se podrá obtener estructuras más resistentes y estéticamente más agradables, conservando adecuadamente las dimensiones y geometría de las edificaciones, por tal motivo, el artesano (adobero) deberá ser capaz de conocer y obtener bloques de tierra sin cocer de buena calidad siguiendo las normas técnicas mencionadas.

La justificación legal nos permitirá, seleccionar con el mejor criterio, el material a utilizar en la construcción de viviendas hechas a base de adobes estabilizados, haciendo difusión de la normatividad técnica de la tecnología antisísmica para viviendas de adobe, como es la Norma Técnica Peruana E. 080

El problema de la presente investigación es de gran interés para el estudio de las construcciones con tierra, ya que son estas las que sufren mayor daño frente a los sismos por ser vulnerables y que en muchos casos son destruidos en su totalidad. Además, es importante considerar que en zonas rurales el porcentaje del empleo de estas tecnologías se está incrementando en un 80%.

Por lo expuesto, surge el interés de plantearnos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, ¿cuándo se sustituye un porcentaje de tierra por cal y cemento, distrito de Huaraz – Huaraz – 2017?

La conceptualización y operacionalización de las variables son:

El cemento Pórtland, es un alúmino silicato de calcio, patentado por J. Aspdin en 1824, y denominado Pórtland por su semejanza a una piedra que abunda en esa localidad de Inglaterra. Se obtiene por calentamiento incipiente (aproximadamente 1300 °C) de una mezcla de minerales finamente molidos, formados por piedra caliza y arcilla.

Son minerales pulverizados que tienen la propiedad que, por acción de una cantidad de agua, forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el



aire, produciendo compuestos estables Riva (2009). Las materias primas fundamentales del cemento son las rocas calcáreas, las arcillas que se extraen de los yacimientos a cielo abierto (canteras) y el yeso que se incorpora en el proceso de la molienda para regular el tiempo de fraguado Riva (2009). El proceso de fabricación consiste en obtener una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio que se obtienen mediante un proceso de cocción a altas temperaturas de las calizas y arcillas calcinados en hornos giratorios, donde se produce la descomposición de las materias primas (arcilla y caliza) en óxidos que posteriormente se combinan entre sí a una temperatura de 850-1500°C y este producto que sale del horno giratorio se denomina Clinker. Abanto (2009).

Los principales componentes químicos del cemento Portland, son los silicatos y los aluminatos de calcio, estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos, el óxido de calcio (CaO), el óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), el trióxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Ruiz (2009).

**TABLA N°1: COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO PORTLAND**

<b>% de Óxidos (peso)</b>	<b>Rango</b>
<b>CaO</b>	<b>60 – 67</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>17 -25</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>3 - 8</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0.5 -6.0</b>
<b>Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O</b>	<b>0.2 – 1.3</b>
<b>MgO</b>	<b>0.1 – 4.0</b>
<b>Cal libre</b>	<b>0 - 2</b>
<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>1 - 3</b>

**Fuente:** Propiedades y Características del Cemento portland

### **Propiedades principales del Cemento:**

Cerca del 90 al 95% de un cemento Portland se compone de 4 minerales principales que son C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A y C<sub>4</sub>AF y el resto consisten en sulfato de calcio, sulfatos alcalinos sin reacciones como son CaO, MgO, y otros constituyentes menores que quedaron de la clinkerización y los pasos de molienda. Los cuatros minerales del cemento desempeñan papeles muy diferentes en el proceso de hidratación que convierte el cemento seco en la pasta de cemento endurecida. Los C<sub>3</sub>S y el C<sub>2</sub>S contribuyen prácticamente todas las

propiedades beneficiosas mediante la generación del producto de hidratación principal, gel CSH. Sin embargo, el C2S hidrata mucho más rápidamente que los C2S y por lo tanto es responsable del desarrollo principal de resistencia inicial. Taylor (2014)

### **Características Físicas y Mecánicas de los Cementos:**

#### **Hidratación y finura del cemento**

Es la reacción (serie de reacciones químicas) del cemento cuando se le añade agua para formar un material de unión, el cual con la presencia de agua los silicatos y aluminatos forman productos de hidratación que con el tiempo producen una masa firme y dura Dawood (2007).

Mientras que el tamaño de una partícula de cemento tiene un efecto importante en la velocidad a la que se hidratará cuando se expone al agua, a medida que reacciona una capa de producto de hidratación se forma alrededor del exterior de la partícula, separando el núcleo sin reaccionar de la partícula del agua circundante, porque a medida que esta capa se hace más gruesa, la velocidad de hidratación disminuye. Hamlin and Jeff (2008)

#### **Fraguado y endurecimiento**

Fraguado y endurecimiento Cuando un cemento se amasa con agua en proporción del 20 al 35% en peso, se forma una pasta que mantiene su plasticidad durante un tiempo muerto después del cual la pasta empieza a rigidizarse rápidamente hasta que desaparece su plasticidad a la vez que va aumentando su resistencia de forma gradual. Este fenómeno es consecuencia de las precipitaciones sólidas o cristal que se producen durante las reacciones de hidratación y que dan lugar a un aumento progresivo de la viscosidad de la pasta. Ávila Villarino. O. (2011).

**TABLA N°2: COMPOSICIÓN FÍSICA CONFORME A LA NTP 334.009/ASTM C150**

COMPOSICION FISICA	REQUERIMIENTOS	NTP 334.009/ ASTM C150	MAXIMO 12
Expansión en autoclave	%	0.21	Máximo 0.80
Superficie específica	Cm <sup>2</sup> /g	3800	Mínimo 2800
Densidad	g/ml	3.14	No Específica

**Fuente:** American Society for Testing and Materials. ASTM

### **Tipos de Cementos:**

Rivera, L. (2010), sostiene que a medida que varían los contenidos de C2S, C3S, C3A, CAF se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto, se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales.

- **Cemento portland:** Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. Es el que se suele emplear para la elaboración del concreto. Se solidifica en pocas horas y se va endureciendo progresivamente.

#### **Clasificación de los Cementos:**

La clasificación de los diferentes tipos de cementos de acuerdo a la norma peruana NTP 334.009 se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA N°3: TIPOS DE CEMENTO PORTLAND**

<b>Tipo</b>	<b>Denominación</b>	<b>Descripción</b>
<b>I</b>	Cemento Portland	Cemento de uso general que no requiere propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo
<b>II</b>	Cemento Portland	Cemento de uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos
<b>II (MH)</b>	Cemento Portland	Cemento usado específicamente cuando se desea un moderado calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos
<b>III</b>	Cemento Portland y Cemento Portland expansivo	Cemento capaz de adquirir resistencias mecánicas a edades tempranas. Se evalúa su resistencia a la compresión a los 3 días.
<b>IV</b>	Cemento Portland	Cemento portland, que desarrolla reducida generación de calor durante el fraguado

V	Cemento Portland	Cemento portland, reduce las alteraciones que pueden presentarse en el mortero y el concreto, sujeto al ataque de sulfatos disueltos en agua y suelos.
---	------------------	--

**Fuente:** Tipos y Características de los Cementos Portland - UNACEM

## **Cal**

Se llama cal a todo producto, sea cual fuere su composición y aspecto físico, que proceda de la calcinación de piedras calizas. Como consecuencia de las variaciones de composición de la roca de partida pueden obtenerse una serie de cales, que varían desde las cales muy puras; altamente cálcicas, hasta altamente hidráulicas, con contenidos de óxido de calcio de un 50% y aún menos. Ávila Villarino O. (2011)

### **Composición Química de la Cal:**

Las cales deben ser blancas y libres de materias extrañas, deben rebasar el 92% en su contenido de Oxido de calcio (CaO), con un porcentaje de menos de un 4 % de anhídridos carbónico (AO<sub>2</sub>), cuando son producidas y no más del 7% cuando se encuentra en su destino; la Sílice (SO<sub>2</sub>) en no más del 2 %, el Hierro y el Aluminio en su forma de óxido (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), en el 1% máximo; la Magnesia (MgO) en el 1.75% y el Azufre en (S) y el Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en 0.20 y 0.05% en su máxima cuantía.

Los hidróxidos de calcio o cales apagadas, además de reunir las condiciones señaladas en las propiedades de los óxidos, deberán tener un mínimo de 68 a 70% de óxido de calcio aprovechable, y más del 90% de hidróxido de calcio (OH) 2Ca.

### **Propiedades y Características principales de la Cal:**

Hoy por hoy la cal ha llegado a ser un noble material que se utiliza a menudo para la construcción. En efecto gracias a sus numerosas propiedades (regulador de higrometría, gran plasticidad, resistencia a las bacterias...) es utilizado mayoritariamente por profesionales o particulares en viviendas individuales. La cal es un producto natural resultante de la cocción de una caliza más o menos pura

### **Hidraulicidad**

Es la relación entre los silicatos y aluminatos respecto al óxido de calcio

Índice de hidraulicidad =  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ [arcilla]} / \text{CaO} + \text{MgO} \text{ [caliza]})$ .  
(Tantos por ciento, peso, de los distintos componentes, antes de la cocción).

De menor a mayor índice de hidraulicidad:

- Cal aérea
- Cal débilmente hidráulica
- Cal medianamente hidráulica
- Cal hidráulica normal
- Cal eminentemente hidráulica

### **Densidad**

La densidad real de la cal aérea es del orden de 2,25 kg/dm<sup>3</sup>. Para las cales hidráulicas oscila entre 2,5 y 3,0 kg/dm<sup>3</sup>. La densidad de conjunto de las cales puede estimarse en torno al 0,4 kg/dm<sup>3</sup>. para las cales aéreas y de 0,5 a 0,9 kg/dm<sup>3</sup>. para las hidráulicas. Juan D. Bauza (2003)

### **Fraguado**

El fraguado de la cal es un proceso químico; consiste en la evaporación del exceso de agua empleado en amasar la pasta, seguido de una sustitución del agua por el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, pasando de nuevo del hidróxido al carbonato cálcico. Como el anhídrido carbónico seco no reaccionaría con el hidróxido cálcico seco, es necesario que exista algo de humedad presente. El tiempo de fraguado de las cales aéreas no se especifica en algunas normas, pero puede afirmarse que se trata de un conglomerante de fraguado lento. En las cales hidráulicas no solo se produce la carbonatación del hidróxido cálcico sino también la hidratación de los silicatos y aluminatos presentes. El fraguado de cualquier tipo de cal hidráulica no debe comenzar antes de 2 horas ni terminar después de 48 horas.

### **Estabilidad de volumen**

La cal sufre un aumento de volumen una vez colocada en obra (varios meses después). Se acusa en grietas horizontales del enlucido coincidiendo con las juntas de los ladrillos. Las causas más frecuentes de este aumento de volumen son:

- Presencia de magnesio sin hidratar. Su hidratación es muy lenta y puede suceder meses después de ser colocada en obra con la consabida expansión.

- La existencia de cal libre (sin hidratar) al realizar la fábrica. Al apagarse después aumenta de volumen.

La existencia de cal libre (sin hidratar) al realizar la fábrica. Al apagarse después aumenta de volumen.

### **Resistencia mecánica**

Las cales tienen una resistencia no mayor de 50 Kg/cm<sup>2</sup> por lo que se emplean en piezas no resistentes.

### **Clasificación de la Cal**

Las cales para la construcción según esta normativa se clasifican por tipos fundamentales según su composición y procedencia. Estos se identifican por unas claves según sigue:

- CL = Cal de alto contenido en calcio
- DL = Cal dolomítica, o dolomía calcinada hidratada
- HL = Cal hidráulica

A su vez se dividen en clases por su contenido en óxidos de calcio y magnesio, bien por su resistencia a compresión en el caso de las cales hidráulicas:

**TABLA Nª4: CLASES DE CALES**

<b>CAL DE ALTO CONTENIDO EN CALCIO</b>	<b>DOLOMIA CALCINADA</b>	<b>CAL HIDRAULICA</b>
CL 90	DL 85	HL 2
CL80	DL 80	HL 3,5
CL70		HL 5

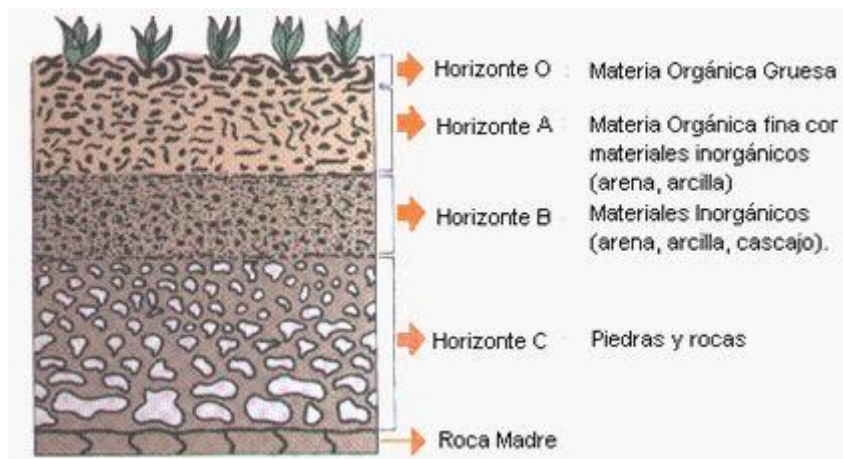
**Fuente:** Tipos y composición de cales - ANFACAL

### **Suelo**

Se define al suelo como un medio poroso estructurado, biológicamente activo, desarrollado en la superficie continental de nuestro planeta. Este material soporta vida y continúa evolucionando desde su formación, a través de procesos dirigidos por sus influencias biológicas, climáticas, geológicas y topográficas.

La superficie terrestre está dividida en diferentes capas llamadas horizontales, como son: horizonte (a), suelo superficial de material desintegrado; horizonte (b), bajo suelo; y por ultimo horizonte (c), roca madre (zona de material primario).

La tierra de los horizontes (a y b) serán los que se utilicen en la fabricación de adobes, por lo tanto es importante conocer su contenido de arenas, limos y arcillas con lo que estaremos en la posibilidad de conocer su comportamiento, sin necesidad de análisis complejos de laboratorio.



**FIG. 01.** Estratificación de la corteza terrestre

Los suelos son sistemas naturales que mantienen interrelaciones con los otros componentes de los ecosistemas terrestres a través de flujos interactivos.

Uno de los sistemas de clasificación más usados, que emplearemos para esta finalidad, es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), y que nos permite determinar con certeza el comportamiento de los suelos, tanto de las partículas gruesas mediante el análisis granulométrico, de las partículas finas a través de los límites de Atteberg.

### **Composición del Suelo:**

Es importante conocer las características de los componentes de los suelos dado que así estaremos en la posibilidad de dar las recomendaciones necesarias para su utilización en la fabricación de adobe tradicional o adobe estabilizado.

Los componentes de los suelos se clasifican como sigue:

**Gravas:** Son el componente de los suelos más estables en presencia del agua, pero carecen de cohesión y son secas, por lo que requieren de los limos y las arcillas para formar una estructura estable en los suelos.

**Arenas gruesas:** Son el componente estable y sus propiedades mecánicas no se alteran sensiblemente con el agua.

**Arenas:** Son granos minerales estables, no poseen cohesión por ser secas, sin grandes desplazamientos entre las partículas que las componen, pero con una fuerte fricción interna.

**Limos:** No tienen cohesión por ser secos y con una resistencia a la fricción menor que las arenas, pero en presencia de agua su cohesión aumenta, además de tener variaciones en volumen debido a que se contraen y se expanden.

**Arcillas:** Son el componente que da cohesión a los suelos uniendo a los suelos gruesos, pero en las arcillas húmedas se presentan cambios muy severos en la estructura del suelo, por la inestabilidad a diferencia de las arenas.

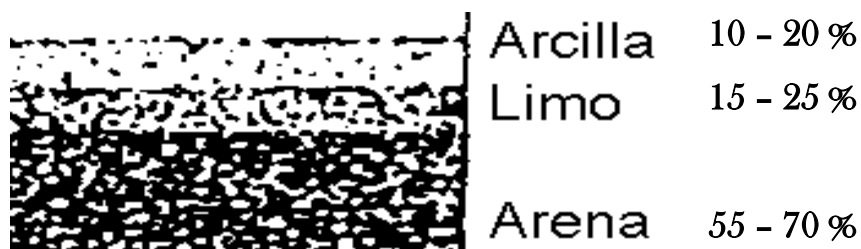


FIG. 02. Composición del suelo como material requerido

## Tipos de Suelo

### Suelos Gruesos:

Son aquellos cuya fricción acumulada retenida en la malla N°200 representa más del 50% en peso.

Se distinguen 2 grupos: Gravas (G), cuando es menos del 50% en peso, pasa la malla N°4. Arenas (S), cuando es más del 50% en peso, pasa la malla N°04

**GW y SW:** Suelos grueso bien graduados. Menos del 5.0% en peso pasa la malla N°200

**GP y SP:** Suelos grueso mal graduados. Menos del 5.0% en peso pasa la malla N°200



**GM y SM:** Más del 12% pasa la malla N°200. Plasticidad de finos entre media o nula ( $I_p < 4$ )

**GC y SC:** Más del 12% pasa la malla N°200. Plasticidad de finos entre media o alta ( $I_p > 7$ )

Para determinar si un suelo es bien o mal graduado es preciso calcular a partir de la curva granulométrica los parámetros siguientes:

#### **Coefficiente de Uniformidad**

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

Donde:

D60: Tamaño tal, que el 60% en peso sea igual o menor

D10: Tamaño tal, que sea igual o mayor al 10% en peso del suelo.

#### **Coefficiente de Curvatura**

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$$

Donde:

D60, D30 y D10 se define análogamente al anterior.

Se considera una Grava bien graduada si  $C_u > 4$  y  $1 < C_c < 3$

Arena bien graduada si  $C_u > 6$  y  $1 < C_c < 3$

#### **Suelos Finos:**

Son aquellos suelos cuyas partículas pasan por la malla N°200 y, representan más del 50% en peso.

#### **Operacionalización de variable:**

##### **Variable Dependiente: Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (Juárez E. 2005).

La resistencia a la compresión de un material que falla debido al fracturamiento se puede definir en límites bastantes ajustados, como una propiedad dependiente.

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión, por tal las unidades a

usar para determinar la compresión de un material vienen dadas por Kg/Cm<sup>2</sup> (R.N.E. 2006)

Variable Independiente: Calidad de la tierra para la elaborar bloques de adobe estabilizado

Según el contenido de arena, arcilla y limo, presentes en la tierra, variara la resistencia de los bloques de adobe estabilizados.

**TABLA N°5: SUSTITUCION DEL PORCENTAJE DE TIERRA POR CAL Y CEMENTO PORTLAND TIPO I:**

<b>TIERRA %</b>	<b>CAL Y CEMENTO %</b>
<b>Tierra al 100%</b>	0%
<b>Tierra al 97%</b>	3%
<b>Tierra al 94%</b>	6%
<b>Tierra al 91%</b>	9%
<b>Tierra al 88%</b>	12%

**Fuente:** Elaboración Propia

Se plantea como hipótesis, con la sustitución del 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento, en la elaboración de una unidad de albañilería de adobe, obtendremos una mayor resistencia a la compresión con respecto a un patrón, en la ciudad de Huaraz – 2017

El objetivo general es determinar la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería de adobe, sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de tierra por cal y cemento portland tipo I. Y los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar la cantera(s) con el material adecuado para la elaboración de los bloques de tierra estabilizados
- Calcular la cantidad de cal y cemento en peso seco, correspondiente a cada porcentaje de sustitución de tierra por cal y cemento.
- Elaborar de cada unidad de adobe sustituyendo la tierra por los porcentajes de 1% de cal y 2% de cemento (3%), 2% de cal y 4% de cemento (6%), 3% de cal y 6% de cemento (9%) y 4% de cal y 8% de cemento (12%).
- Ensayar y determinar la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería de adobe estabilizado, después de 28 días de secado y realizando un curado de estos a los 7 y 21 días.

- Comparar resultados obtenidos en la elaboración de los adobes según la variación de los porcentajes en la sustitución de tierra por cal y cemento.

## **Metodología**

### **Generalidades**

La presente investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo el cual nos permitirá aprovechar de los materiales que hay en la región como son la tierra y cal, el cual es un factor de gran importancia de las construcciones de características económicas.

El material a utilizar llamado suelo – cal y cemento es una mezcla homogénea de tierra con cal y cemento portland tipo I, que debidamente humedecida y compactada, se transforma en una masa de gran resistencia y solidez. Es por esta razón que la mezcla suelo – cal y cemento reúne ciertas cualidades de calidad y responde ser un material apto y económico para las construcciones de bajo costo. Además, para la elaboración y empleo de este material no requiere de mano de obra técnica o profesional. Solo es necesario la mano de obra no calificada.

El uso del material suelo – cemento o suelo – cal, se ha empleado exitosamente en la estabilización y construcción de pistas de aeropuertos, viviendas y revestimientos de canales de aspecto rural, etc. En la actualidad su uso se ha ampliado y también se ha respetado los parámetros ya establecidos en las Normas Técnicas.

Como se ha mencionado con anterioridad, la composición de la mezcla suelo – cal y cemento portland tipo I. Los suelos más aptos a utilizar son los que tienen características arenosas; los de características arcillosas son pocos aptos para la mezcla de suelo – cal y cemento, pero pueden ser mejorados si le añadimos un porcentaje de arena.

A través de ensayos de laboratorio se puede establecer qué tipo de suelos son ideales para ser utilizados en la elaboración y construcciones. Para ello tiene que contar con las siguientes características:

30% de arcilla y 70% de arena

### **Características de la zona de investigación**

#### **Ubicación de la zona de investigación**

El presente estudio se ha realizado teniendo como marco geográfico la provincia de Huaraz, distrito de Huaraz, localidad los Olivos, ya que es una zona en donde existen gran

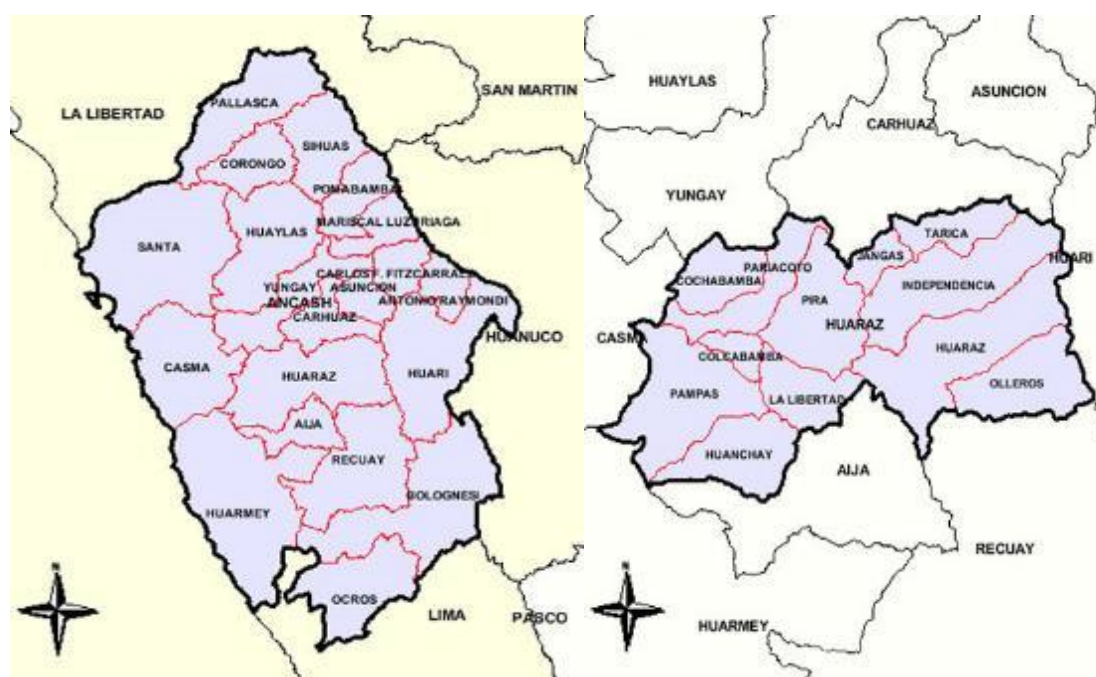
relevancia e importancia de viviendas hechas a base de tierra sin cocer. Además de ser una zona de alto riesgo sísmico y de precipitaciones pluviales que exigen en consecuencia

Además, los ensayos y experimentos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de suelos de la “Universidad San Pedro”, ubicado en Independencia – Huaraz

**TABLA N° 06 UBICACIÓN GEOGRAFICA Y SUPERFICIE DE LA CIUDAD DE HUARAZ**

DISTRITO	ALTITUD (m.s.n.m)	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE	SUPERFICIE Km <sup>2</sup>
<b>Huaraz</b>	3038	9° 31' 32.2"	77° 32' 16.9"	302.95

Fuente: Google Earth



**FIG. 03. UBICACIÓN DE LAS CANTERAS**

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INDECI



**FIG. 04. AREA DONDE SE EXTRAJO EL MATERIAL CON COORDENADAS: 9° 31'27.5" S / 77° 32'15.2" W**

Fuente: Google Earth

### **Acceso a la cantera**

Para acceder a las canteras de tierra, se llega transportándose por la carretera vía Casma el cual se encuentra a 3 km de la ciudad de Huaraz. Ahí se encuentra la Localidad Los Olivos, perteneciente al Distrito de Huaraz.

### **Topografía de las canteras**

La topografía del terreno en las canteras donde se extraerá el material principal (tierra) a emplear, por su ubicación en la sierra peruana, presenta un suelo fértil cercano a tierras de diferentes estratos o características.

### **Aplicación**

El problema de las viviendas en las zonas rurales, es la calidad de la construcción, por lo cual el presente proyecto de investigación tiene por finalidad enseñar al poblador, en forma general la aplicación, para la elaboración y uso del adobe estabilizado.

Actualmente en el centro de la ciudad de Huaraz, se están construyendo viviendas de material noble, reemplazando a las casas de adobes. Es por esta razón que el presente

proyecto de investigación tiene como propuesta ambiciosa, el uso del adobe estabilizado con cal y cemento como material de construcción para las futuras construcciones hechas de adobe y así se conserve la tradición de casas de adobe, por ser viviendas térmicas, acústicas y además preserva el medio ambiente.

### **Selección de la cantera**

Es preciso anotar que la selección de canteras para la fabricación de adobes estabilizado, es la fase más importante, pues de ella depende en gran medida la calidad del material y el bajo costo de la vivienda.

### **Ubicación de la cantera**

En lo posible, la cantera deberá estar ubicado cerca del lugar donde se plantea edificar la vivienda a fin de ahorrar trabajo y gastos excesivos de transporte de la tierra, además deberá de cuidarse que ella no contenga basura, piedras grandes o material orgánico, es decir tendrá que ser una tierra limpia. En este proyecto de investigación se tiene ubicado, cercano a la localidad de los olivos

### **Características del suelo en la zona de estudio (localidad los olivos – distrito huaraz – huaraz)**

El suelo del distrito de Huaraz en la localidad los olivos, presenta ciertas características como son arena arcillosa, un límite líquido de 43.14%, límite plástico de 26.12% y un índice de plasticidad de 17.02%. Estas características fueron el resultado final de los ensayos realizados en la cantera seleccionada, Por lo tanto estos valores obtenidos cumplen con los estándares requeridos.



**Foto. 01. Cantera seleccionada (cantera n° 02 - localidad los olivos)**

**Fuente:** Elaboración Propia

### **Fabricación de adobes según la Norma E-080**

La Norma E-080 (diseño y construcción de tierra reforzada) comprende lo referente al adobe simple o estabilizado como unidad para la construcción de albañilería con este material, así como las características, comportamiento y diseño. Por lo tanto para la fabricación de adobes estabilizados en nuestro medio debe estar de acuerdo a lo establecido en la presente Norma Técnica Peruana, donde se detallan las herramientas, ensayos de laboratorio, proceso de elaboración del adobe, etc.

### **Guía práctica para la elaboración de adobes artesanalmente según Norma E-080**

#### **A. Proceso de fabricación**

##### **Primero:**

- Escoger los materiales para su elaboración.
- 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.
- Se debe retirar piedras mayores a 5mm. y otros elementos extraños.



- Para reconocer una buena tierra se debe hacer un rollo o cinta de barro, elaborado con un puñado de suelo húmedo que alcance en la palma de la mano.

### **Segundo:**

- Una vez seleccionado el suelo correctamente (a partir de las consideraciones antes mencionadas en el ítem correspondiente), se procede a mezclar el mismo con agua, dejándolo reposar por 48 horas como mínimo, con el propósito de que se produzca la hidratación de la arcilla, a este proceso se le denomina fermentación o dormido del barro.
- Con el barro ya hidratado se procede al mezclado del mismo con la cantidad de agua necesaria y si fuere el caso con algún tipo de fibra orgánica o estabilizante. Después del mezclado se realizan las pruebas de campo y de laboratorio pertinentes, con ello se determina si la mezcla es apta o no para la fabricación de los adobes. Si la mezcla resulta apropiada se comienza la producción artesanal, para ello se emplean moldes de madera, ya sea con o sin fondo, moldeo, que permiten la fabricación de adobes enteros o medios de 40x40x8cm. y 40x20x8cm. de dimensiones correspondientemente. (Ver Cap. IV art. 18 Características físicas de los adobes y de los moldes de madera para su fabricación)

### **B. Elaboración del adobe**

- Preparar la adobera. Se recomienda que la adobera sea de 40cms x 40cms. x 8cms.
- Llenar la adobera lanzando con fuerza porciones de barro. La adobera debe estar húmeda y rociada de arena fina para que no se peguen los adobes.
- El barro debe estar al ras de la adobera, emparejando la superficie usando una regla.
- Por último, desmoldar el adobe con suaves sacudidas verticales

### **C. Protección del adobe**

- Finalmente, para el secado de las unidades de adobe es necesaria una superficie horizontal que este fuera de toda impureza orgánica o de sales, por ser estas perjudiciales para las unidades.
- Es importante tener en cuenta que esta zona debe ser protegida del sol y de la lluvia, además es necesario espolvorear arena fina sobre la superficie con el propósito de evitar que los adobes se peguen a ella.

- Pasado los 3 días los adobes podrán ser colocados de canto y al cabo de una semana podrán ser apilados. Los adobes estarán aptos para su empleo después un mes como mínimo, sin embargo, este tiempo dependerá de las condiciones climáticas del lugar.

## **Ingeniería del Proyecto**

### **Introducción**

El presente proyecto de Tesis está orientado a verificar las variaciones de la resistencia a la compresión en una unidad de tierra estabilizada con cal y cemento en el distrito de Huaraz en la localidad los olivos, contando desde la selección de la materia prima hasta la obtención del producto final y para ello se seleccionaron tres canteras de las cuales quedo seleccionado una cantera con material adecuado.

El análisis de los resultados que se obtendrán a través de ensayos de laboratorio, como son la resistencia a la compresión, contenido de humedad, humedecido y secado y variabilidad dimensional del adobe; determinaran la calidad del adobe estabilizado, de acuerdo a la sustitución de la tierra por cal y cemento, según los porcentajes de la investigación.

### **Condiciones climatológicas**

#### **Temperatura**

El Distrito de Huaraz presenta un clima templado – seco, por lo que la temperatura máxima y mínima anual promedio es de 18°C y 9°C

#### **Precipitación pluvial**

Las precipitaciones pluviales en la ciudad de Huaraz son superiores a 1200 mm y menores a 600 mm, durante la temporada de lluvias que comprende desde el mes de abril hasta el mes de noviembre.

#### **Presión**

La presión promedio en el Distrito de Huaraz es de 717.3 atm

### **Ensayos de laboratorio de la materia prima**

## Contenido de humedad

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

Procedimiento. Se toma una muestra representativa de suelo, de acuerdo al tamaño máximo de las partículas. Y se coloca la muestra húmeda en un recipiente previamente tarado ( $M_r$ ), para proceder a pesar la muestra húmeda más el recipiente, obteniendo  $M_h$ . Luego se coloca el conjunto dentro del horno durante 24 horas, a una temperatura de  $110^\circ \pm 5^\circ \text{C}$ . Transcurrido dicho tiempo, se determina el peso del recipiente con la muestra seca ( $M_s$ ).

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100(\%)$$

Donde:

$w$  = contenido de humedad expresado en %

$W_w$  = peso del agua existente en la masa de suelo

$W_s$  = peso de las partículas sólidas (secado al horno)

## Análisis granulométrico

El análisis granulométrico o también conocido como análisis mecánico, Es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo, el cual comprende grava, arena, limo y arcilla.

En el presente proyecto de investigación, los porcentajes de grava y arena serán determinados mediante el empleo de los tamices correspondientes a la normativa **ASTM**. Y para su clasificación se ha tenido en cuenta el sistema de clasificación de suelos según **SUCS y AASHTO**.

Las muestras obtenidas de las canteras en la zona en estudio, por simple inspección, es un suelo arcilloso – arenoso, con poca presencia de materia orgánica.

### **Tamizado vía seca**

En este método se emplea cuando el suelo contiene gran cantidad de partículas cohesivas. Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.074 mm (N° 200).

A partir del material traído del campo se obtiene una muestra representativa de la masa del suelo y se seca en el horno. Se reducen los terrones de la muestra a tamaños de partículas elementales.

El material así reducido se emplea para realizar la granulometría gruesa vertiendo el suelo a través de los tamices: 2" hasta la malla No. 200 dispuestos sucesivamente de mayor a menor, colocando al final receptáculo denominado fondo. Luego se pasa a tamizar el material colocándolo en los agitadores mecánicos, cinco minutos en el de movimiento vertical y cinco minutos en el de movimiento horizontal. Los retenidos en cada malla se pesan y los porcentajes que representan respecto al peso de la muestra total se suman (acumulan) y el complemento de 100% de esta cantidad del porcentaje de suelos que es menor al tamaño representado por la malla en cuestión. Así pueden obtenerse los puntos de la curva granulométrica correspondiente a cada abertura de la malla con él porcentaje respectivo que pasa.

### **Límites de consistencia**

Los Límites de Atterberg son mundialmente utilizados en la clasificación de suelos finos. Encontrar relaciones entre estos límites y las propiedades del suelo ha sido materia de investigación durante muchos años. Estas relaciones pueden ser útiles en la orientación de las primeras etapas de un estudio de factibilidad previas a la ejecución de la exploración del suelo y ensayos de su resistencia. En general los suelos pueden ser divididos en dos grandes grupos. Friccionantes o Pulverulentos y cohesivos.

El grado de cohesión de los segundos varía mucho, según varíe la humedad de los mismos. Según el contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plásticos puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia:

- **Estado Líquido**, con las propiedades y apariencia de una suspensión
- **Estado Semi Líquido**, con propiedades de un fluido viscoso
- **Estado Plástico**, en que el suelo se comporta plásticamente
- **Estado Semi Sólido**, en que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye su volumen al estar sujeto al secado
- **Estado Sólido**, en que el volumen del suelo no varía con el secado

Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando, y no existen criterios estrictos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional.

**TABLA N° 07 ESTADOS DEL SUELO**

Estado Semi Líquido	Estado Plástico	Estado Semi Sólido	Estado Sólido
	<b>Límite Líquido</b>	<b>Límite Plástico</b>	<b>Límite de Contracción</b>

Fuente: Límites de Atterberg – Academia.edu

**Límite Líquido:**

El Límite Líquido (L.L), es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo – agua pasa a un estado líquido. En este estado la mezcla se comporta como un fluido viscoso y fluye bajo su propio peso. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla se encuentra en estado plástico. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LL produce un cambio en el volumen del suelo

**Equipo:**

- Una copa de Casagrande con ranurador laminar
- Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr
- Un horno de temperatura constante comprendida entre 105 y 110 °C
- Vidrios de reloj
- Capsulas de porcelana
- Espátulas y demás equipo necesario

**Procedimiento:**

- Úsese unos 100 gr. de tierra húmeda y mézclese con una espátula, añadiendo agua destilada, hasta que opte una consistencia suave y uniforme
- Coloque una porción de esa pasta en la copa de Casagrande, con un espesor máximo de 1cm y hágase con el acanalador apropiado la ranura correspondiente; el acanalador deberá mantenerse en todo el recorrido normal a la superficie interior de la copa
- Acciónese la copa a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes necesario para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 1.27cm. si el número es menor que 10 aproxímese al medio golpe, la ranura debe unirse por el flujo del suelo y no por el deslizamiento del mismo respecto a la copa
- Pre mézclese el suelo en la copa con la espátula, repitiendo las etapas (2) y (3) dos veces más, si el número de golpes necesarios para el cierre de la ranura es consistentemente el mismo en las tres ocasiones, si alguno de esos números resulta muy diferente de los otros repítase una cuarta vez las etapas (2) y (3). Así se tiene un numero de golpes correspondientes a un cierto contenido de agua de suelo entre dos determinaciones, el número de golpes no debe diferir en más de 1 golpe
- Cuando se ha obtenido un valor consistente del número de golpes, comprendidos entre 6 y 34 golpes, tómese 10 gr de suelo aproximadamente de la zona próxima a la ranura cerrada y determínese su contenido de agua de inmediato
- Repítanse las etapas (2) y (5) teniendo el suelo otros contenidos de agua. Para humedecer el suelo úsese un gotero, remoldando la pasta hasta que el agua añadida quede uniformemente incorporada. Para secar el suelo, úsese la espátula, re mezclándose de modo que se produzca de modo que se produzca evaporación; en ningún caso se secura la muestra en un horno o sometiéndola a ningún proceso de

evaporación violenta. De esta manera deberá tenerse, como mínimo (4) valores del número de golpes correspondientes a cuatro diferentes contenidos de agua comprendidos entre los 6 y 35 golpes. Cada valor estará obtenido.

- Dibújese una gráfica (curva de fluidez) con los contenidos de agua y los números de golpes correspondientes, los primeros como ordenadas en escala logarítmica. Esta curva debe de considerarse como una recta entre los 6 y los 35 golpes. La ordenada correspondiente a los 25 golpes debe ser el límite líquido del suelo.

Es posible también obtener el límite líquido haciendo uso de la ecuación propuesta por la BUREAU OF PUBLICS ROADS, de los EE. UU

$$LL = \frac{W}{1.419 - 03 \text{ Log}(S)}$$

Donde:

**S:** Numero de golpes el cabo de las cuales se unen las mitades del suelo en la copa de Casagrande

**W:** Contenido de humedad de la muestra cuando se a los (S) golpes.

### **Límite Plástico:**

El Límite Plástico (LP), es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo – agua pasa a un estado plástico. En este estado la mezcla se deforma a cualquier forma bajo ligera presión. Por debajo de éste contenido de humedad la mezcla está en un estado semi sólido. Cualquier cambio en el contenido de humedad a cualquier lado de LP produce un cambio en el volumen del suelo.

### **Procedimiento:**

- Mezclase perfectamente alrededor de 15 gr. De suelo húmedo
- Rólese el suelo sobre una placa de vidrio o metal con la mano hasta alcanzar un diámetro de 3 mm (1/8")
- Repítase la etapa (2) hasta que el cilindro presente señales de desmoronamiento y agrietamiento al alcanzar el diámetro de 3mm (1/8")

- Al llegar al límite señalado (3mm) determínese el contenido de agua de una parte del cilindro correspondiente
- Repítase las etapas (2) y (4) dos veces más, para obtener tres valores. Límite plástico del suelo será el promedio de las tres dimensiones.

$$LP = \frac{(Ph - Ps)}{Ps} \times 100$$

Donde:

**Ph:** Peso de los trocitos húmedos justo antes de producirse el agrietamiento y desmoronamiento

**Ps:** Peso de los trocitos secos

### Índice de Plasticidad

Atterberg definió el índice de plasticidad para describir el rango de contenido de humedad natural sobre el cual el suelo era plástico. El índice de plasticidad (IP), es por tanto numéricamente igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

**TABLA N° 08: CALIFICACIÓN DEL RANGO DE PLASTICIDAD DEL SUELO DE ACUERDO CON EL VALOR DE IP**

PLASTICIDAD	DESCRIPCION DEL SUELO	RANGO IP
<b>NULA</b>	Limo	0 - 3
<b>BAJA</b>	Limo con trazas de arcilla	4 - 15
<b>MEDIA</b>	Limo arcilloso	16 - 30
	Arcilla limosa	
	Arcillas y limos orgánicos	
<b>ALTA</b>	Arcilla limosa	> 31
	Arcilla	

Fuente: Límites de Atterberg – Academia.edu

**TABLA N° 09: VALORES DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG PARA LA IDENTIFICACION DE ARCILLAS**

MINERAL	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)
<b>MONTMORILLONITA</b>	100 – 900	55 – 100
<b>NONTRONITA</b>	37 – 72	19 – 27



<b>ILLITA</b>	60 – 120	35 – 60
<b>CAOLINITA</b>	30 – 110	25 – 40
<b>HALOSYTA HIDRATADA</b>	50 – 70	47 – 60
<b>HALOSYTA DESHIDRATADA</b>	35 – 55	30 – 45
<b>ATAPULGITA</b>	160 – 230	100 – 120
<b>CLORITA</b>	44 – 47	36 – 40

Fuente: Límites de Atterberg – Academia.edu

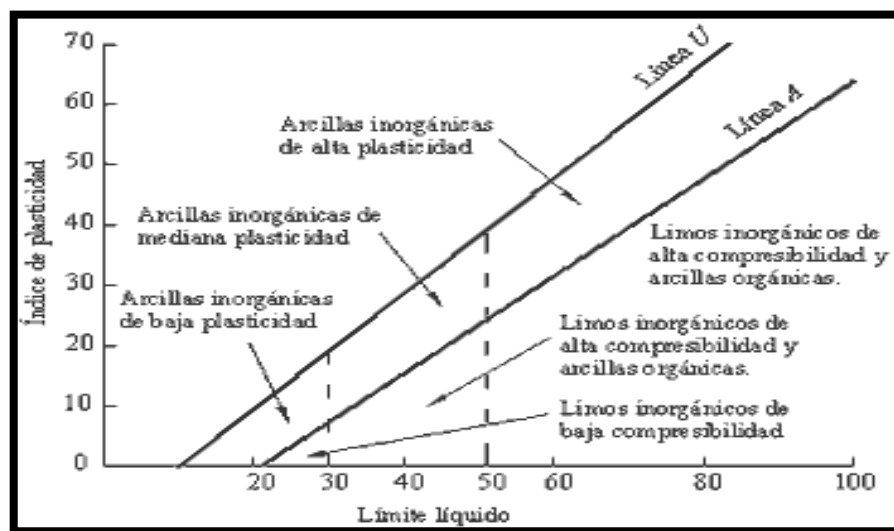


FIG. 05. Diagrama de plasticidad de Casagrande

**Dónde:**

Línea U:  $PI = 0.9 (LL - 8)$

Línea A:  $PI = 0.73 (LL - 20)$

\* El diagrama de plasticidad de Casagrande se relaciona con la Tabla N° 9 y N° 10

### Clasificación de suelos

**Aashto:**

El sistema de clasificación de suelos AASHTO, es uno de los sistemas más aceptados para el caso de carreteras. Basándose en los ensayos como son el análisis granulométrico, límite líquido, índice de grupo e índice de plasticidad. Clasifica a los suelos en siete grupos comprendidos desde A – 1 hasta A – 7, donde cada grupo cuenta con sub grupos. Además, el presente sistema clasifica a los suelos en dos clases, suelos granulares y suelos finos limo – arcilloso.

**Suelos granulares:**

Son aquellos suelos que tienen un 35% o menos de material fino, que pasa por la malla N° 200 (0.075). Estos suelos conforman los grupos A-1, A-2 y A-3.

- **Sub – grupo A-1a:** Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.
- **Sub – grupo A-1b:** Está integrado por aquellos materiales formados predominantemente por arena, con o in material ligante bien graduado.

**Grupo A – 2:** Incluye una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino.

- **Sub – grupo A-2-4 y A-2-5:** En este sub grupo encontramos a los materiales cuyo contenido de material fino es igual o menos a 35% y cuya fracción que pasa la malla N°40, tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5 respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que contengan un contenido de limo o índice de grupo en exceso, indicados para el grupo A-1. Asimismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

- **Sub – grupo A-2-6 y A-2-7:** Los materiales de estos sub grupos son semejantes a los anteriores, para la fracción que pasa por la malla N° 40 tiene las mismas características de los grupos A-6 y A-7.

**Grupo A – 3:** En este grupo se halla incluidos las arenas finas de playa y aquellas arenas con poca cantidad de limo que no contengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de rio que contengan poca grava o arena gravosa.

#### **Suelos finos limo – arcilloso:**

Son aquellos suelos que contienen más del 35% del material fino que pasa por la malla N° 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

**Grupo A – 4:** Pertenecen a este grupo, los suelos limosos poco o nada plásticos que contienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz o malla N° 200. Se incluyen además a este grupo de suelos, las mezclas de limo con grava y arenas hasta un 64%

**Grupo A – 5:** Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los anteriores, pero contienen material micáceo o diatomáceo, son suelos elásticos y tienen un límite líquido alto.

**Grupo A – 6:** El material típico de este grupo es la arcilla plástica, y por lo tanto tienen que pasar por la malla N° 200 en un 75%, incluyéndose también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de grava y arena sea inferior al 64%. Estos suelos generalmente presentan cambios de volumen, cuando están en estados secos y húmedos.

**Grupo A – 7:** Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos del grupo A – 6, pero son elásticos. Su límite líquido es elevado.

**Sub Grupo A – 7 – 5:** Incluye aquellos materiales cuyo índice de plasticidad no son muy altos con respecto a su límite líquido.

**Sub Grupo A – 7 – 6:** Comprende aquellos suelos cuyo índice de plasticidad son muy altos con respecto a su límite líquido y en otros casos experimentan cambios de volumen muy grandes entre su estado seco húmedo.

La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200. Cada grupo se identifica con un determinado número encerrado entre paréntesis llamado índice de grupo, el cual se determina mediante la siguiente fórmula.

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01 (F - 15) (IP - 10)$$

Donde:

**F:** Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200

**LL:** Límite líquido

**IP:** Índice de plasticidad

**Sucs:**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, nace a raíz que el profesor A. Casagrande en 1942, ideó este sistema genérico de clasificación de suelos, siendo adoptado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos durante la II guerra mundial, para la construcción de pistas de aterrizaje. Y diez años más tarde, fue modificado por el BUREAU OF RECLAMATION y adoptado nuevamente por la ASTM (American Society of Testing Materials), definiendo a los suelos en dos grupos:

- Suelos de grano grueso
- Suelos de grano fino

**Suelos de grano grueso:**

Los suelos de grano grueso, se dividen en gravas (G), arenas (S), según tengan más o menos el 50% de granos visibles retenidos en el tamiz N° 04 (mayores de 1mm). A su vez, cada uno de estos tipos de suelos se divide en cuatro grupos:

**W:** Suelos bien graduados (coeficiente de uniformidad  $U > 4$ ); limpios ( $< 5\%$  que pasa por el tamiz N° 200, partículas menores de 0.074 mm)

**P:** Suelos pobremente graduados (granulometría discontinua,  $U < 4$ ; para gravas o para arenas); limpios ( $< 5\%$  partículas menores de 0.074 mm)

**C:** Suelos bien graduados, sucios ( $> 12\%$  de partículas menores de 0.074 mm); finos arcillosos o plásticos ( $IP > 7$ )

**F:** Suelos pobremente graduados, sucios ( $> 12\%$  de partículas menores de 0.074 mm); finos limosos, no plásticos ( $IP < 4$ )

Según su composición. Estos tipos de suelos se representan con símbolos como GW y SP. Para los materiales límites, se utilizan símbolos dobles, como GW – GP

- Gravas o suelos arenosos: GW, GC, GP y GM
- Arenas o suelos arenosos: SW, SC, SP y SM

Las siguientes siglas representan los siguientes términos:

**G:** Grava o suelo gravoso

**S:** Arena o suelo arenoso

**W:** Suelo bien graduado

**C:** Arcilla orgánica

**P:** Suelo pobremente graduado

**M:** Limo orgánico o arena muy fina.

**Suelo de grano fino:**

Comprende los materiales finos, limosos o arcillosos de baja o alta compresibilidad, designándose como:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL y OL
- Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

Las siguientes siglas representan los siguientes términos:

**M:** Limo inorgánico o arena muy fina

**C:** Arcilla

**L:** Baja o mediana compresibilidad

**H:** Alta compresibilidad

**O:** Limos, arcillas y mezclas limo – arcillosas con alto contenido de materia orgánica

**TABLA N° 10: TIPOLOGIA DE SUELOS SUCS**

<b>SIMBOLO</b>	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>		
<b>GW</b>	<b>GRAVAS</b>	<b>LIMPIAS</b>	<b>Bien graduadas</b>
GP	(> 50% en tamiz # 4 ASTM)	(Finos < 5%)	Pobremente graduadas
<b>GM</b>		<b>CON FINOS</b>	<b>Componente limoso</b>
GC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
<b>SW</b>	<b>ARENAS</b>	<b>LIMPIAS</b>	<b>Bien graduadas</b>
SP	(< 50% en tamiz # 4 ASTM)	(Finos < 5%)	Pobremente graduadas

SM		CON FINOS	Componente limoso
SC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
ML	<b>LIMOS</b>		Baja plasticidad (LL<50)
MH			Alta plasticidad (LL>50)
CL	<b>ARCILLAS</b>		Baja plasticidad (LL<50)
CH			Alta plasticidad (LL>50)
OL	<b>SUELOS</b>		Baja plasticidad (LL<50)
OH	<b>ORGANICOS</b>		Alta plasticidad (LL>50)
PT	<b>TURBA</b>		Suelos altamente orgánicos

**Fuente:** Limites de Atterberg – Academia.edu

### Equivalente de arena

Este ensayo nos permite investigar la cantidad de materiales finos o arcillosos que contienen los suelos. Por lo tanto, este ensayo muestra un método, para determinar el equivalente de arena de la fricción granulométrica 0/2 mm de los áridos finos y de la mezcla total de los áridos.

### Equipos:

- Probetas de acrílico de 38 cm. de altura (15")
- Tamiz del # 4
- Pisón el cual tendrá una marea que tiene una longitud desde la punta hasta la marca de 25.4 cm. (10) peso 980 gr.
- Embudo.
- Balanza con aprox. de 1gr.
- Cronometro

### Preparación y Procedimiento de los especímenes a ensayar

- Pasar por el tamiz #4 unos 500 gr. de material, cuartearlo y tomar 2 muestras representativas del material con un peso de 100 gr. cada una las cuales pesaremos en los tarros.
- Agregar en la probeta solución de trabajo hasta la marca de 10 cm. ó 4" colocar dentro de la probeta el contenido en una de las cápsulas procurando que la solución impregne el suelo dándole unos golpes en la parte inferior de la probeta y dejar en reposo durante 10 min. Para que se homogenice la muestra, pasando ese tiempo se lleva a él agitador

y se coloca en él durante 45 Seg. Y en caso de que no se cuente con este elemento se ara manualmente agitándola en forma horizontal de tal modo que se cumpla 90 cm.

- Se retira del agitador y se coloca debajo del gabinete para agregarle solución de trabajo hasta la marca final (38 cm. ó 15"). Este proceso de inicio debe darse un picado con la varilla por la que fluye la solución para que tiendan a subir las partículas finas y no queden atrapadas debajo de la arena, después de esto se va subiendo lentamente el tubo regador y se ira lavando las paredes de la probeta bajándose nuevamente el tubo provocándole a la muestra una turbulencia con el mismo cuando se llega a la marca final se cierra la manguera del irrigador y esta solución se deja en reposo durante 20 min.
- Se registra el nivel superior de la arcilla (Nt) aproximadamente a 1mm
- Se introduce el pisón suavemente hasta que quede apoyado en la arena y se registra el nivel superior de la arena (Na) aproximadamente a 1mm

#### **Fórmula para el cálculo de equivalente de arena:**

**Donde:**

**Ea:** Equivalente de arena

**Na:** Altura de arena

**Nt:** Altura de arcilla

$$Ea = \frac{Na}{Nt} \times 100$$

#### **Ensayos de laboratorio de las unidades de albañilería**

En los presentes ensayos realizados nos permite conocer las propiedades físicas – mecánicas de las unidades de albañilería, el cual nos brinda, el criterio que hay que tener en cuenta sobre la resistencia a la compresión de una unidad de albañilería, así también como la durabilidad de los adobes ante el ataque de los agentes externos.

Es por esta razón que a continuación se muestra los ensayos realizados, como son:

- Variación dimensional

- Humedecido y secado
- Contenido de humedad de una unidad
- Resistencia a la compresión

### **Ensayo de variación dimensional**

Este ensayo consistió en medir las dimensiones de la unidad, como son el largo, ancho y alto a la mitad de la arista de cada cara del adobe, para tomar las siguientes medidas, se utilizó una regla graduada en milímetros. Es necesario ejecutar esta prueba, debido a que, a mayor imperfección geométrica de las unidades, se requiere tener un mayor grosor de juntas, lo cual genera una reducción significativa de la resistencia a la compresión y a la fuerza cortante en los muros de albañilería.

### **Equipos**

- Regla metálica, graduada al milímetro

### **Especímenes o unidades a ensayar:**

Adobes enteros y secos, obtenidos a través de muestras según la N.T.P.E – 080

### **Procedimiento**

Para cada una de las dimensiones de la unidad, se efectúan 04 mediciones de largo, 04 mediciones del ancho y 04 mediciones de la altura, con la precisión de 1mm. Estas medidas serán tomadas a la mitad de la arista de cada cara.

### **Expresión de los resultados**

Para cada unidad, se obtiene la medida promedio de cada una de las dimensiones. La diferencia entre la dimensión de fabricación y la medida promedio correspondiente se expresa en porcentaje, con respecto a la dimensión de fabricación, por lo tanto aplicamos la siguiente relación.

$$V = \frac{(ME - MP)}{ME} \times 100$$

Donde:



**V:** Variabilidad Dimensional (%)

**ME:** Medida especificada por el fabricante (mm)

**MP:** Medida Promedio (mm)

### **Informe de datos:**

El cálculo promedio de la variabilidad o variación obtenidas en cada una de las dimensiones que cumplan con los requisitos establecidos en la NTP 331.201, representa el porcentaje de variación de dicha dimensión de los adobes que conforman el lote de prueba.

En el informe se debe de proporcionar los siguientes datos:

- Clave e identificación de los especímenes ensayados
- Medición efectuada en cada espécimen (mm)
- Promedio de cada una de las dimensiones (mm)
- Porcentaje de variación en cada una de las dimensiones
- Observaciones

### **Ensayo de humedad y secado del adobe**

#### **Equipos**

- Balanza con capacidad de 2000 gr. Con una precisión de lectura de 1gr.
- Horno de desecación de temperatura regulable
- Depósitos para sumergir la muestra

#### **Preparación de los especímenes a ensayar**

Los especímenes serán de forma cubica de arista igual a la menor dimensión del adobe y se obtendrán por tallado de los adobes destinados a esta prueba.

#### **Procedimiento**

Se someten los especímenes a un proceso de cinco ciclos de humedecido y secado

El proceso de cada ciclo consistente en:

- Los especímenes se sumergen en un depósito con agua durante 04hrs.
- Sacar los especímenes del agua y luego colocarlos en el horno, durante 48hrs a 60 °C
- Una vez retirados del horno, dejarlos enfriar por 01hr para continuar con el siguiente paso.

Después del primer y quinto paso, se pesarán los especímenes con una aproximación de 1cN (gr)

### **Expresión de los resultados**

El desgaste por humedecido y secado, se calcula a partir de la siguiente relación:

$$D = \frac{(W1 - W5)}{W1} \times 100$$

Donde:

**D:** Desgaste (%)

**W1:** Peso del espécimen después del primer ciclo, en cN (gr)

**W5:** Peso del espécimen del quinto paso, en cN (gr)

### **Informe de datos:**

El promedio de los valores obtenidos de acuerdo al apartado 5.5.1 de la N.T.P 331 201, representa el desgaste promedio de los adobes que conforman el lote de prueba. Por lo tanto, a la hora de presentar nuestro informe final, debemos de proporcionar los siguientes datos:

- Clave e identificación de los especímenes ensayados
- Dimensiones de cada uno de los especímenes (cm)
- Peso del espécimen después del primer y quinto paso
- Desgaste en porcentaje
- Observaciones.

### **Contenido de humedad del adobe**

### **Equipos**

- Horno de desecación de temperatura de regulable.
- Una balanza con capacidad de 1000cN (gr) y una precisión de lectura de 0.5cN (gr)
- Una campana de humedad

### **Preparación de los especímenes**

Los especímenes para este ensayo, están constituidos por lo menos de dos porciones (una interna y otra superficial) tomados de cada uno de los especímenes ensayados, según los apartados 3.2 y 3.3 de la N.T.P 331 201

Cada porción de adobe, deberá pesar aproximadamente 300 cN (gr)

### **Procedimiento**

- Se pesa cada una de las porciones de adobe con aproximación de 05cN (gr)
- Se seca en el horno a una temperatura de 60 °C durante 48hrs
- Se retiran las porciones de adobe del horno y dejar enfriar en la campana de humedad durante 01hr.
- Se pesa cada porción de adobe ya seco, con aproximación de 05cN (gr)

### **Expresión de los resultados**

Para realizar el cálculo de contenido de humedad se utiliza la siguiente relación:

$$W = \frac{(W_h - W_s)}{W_s} \times 100$$

Donde:

**W:** Contenido de humedad

**Wh:** Peso del espécimen en estado natural, en Cn (gr)

**Ws:** Peso del espécimen secado al horno, en Cn (gr)

### **Informe de datos:**

El contenido de humedad de cada espécimen, será el promedio de los valores obtenidos según la fórmula de cada una de las porciones de adobe.

## Ensayo de resistencia a la compresión de la unidad

### Equipos

- Una máquina de compresión con una precisión de 10daN (10 Kg) en la lectura de las cargas.

### Preparación de los especímenes a ensayar

El presente ensayo para la obtención de los esfuerzos admisibles, cumple con los requisitos, estipulado en el Artículo 08.- **esfuerzos admisibles** de la Norma Técnica E – 080

- La resistencia se medirá mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.10 m de arista.
- Los cubos de adobes o muestras de tapial deberán cumplir con el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
- En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidos en moldes de 0.10 x 0.10 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.

### Procedimiento

Se centra el espécimen en la máquina de compresión y se aplica la carga uniforme a una velocidad de desplazamiento del cabezal de aproximadamente 1.27 mm/min.

### Expresión de resultados

La resistencia a la compresión se calcula de la forma siguiente

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

**Rc:** Resistencia a la compresión expresada en daN/Cm<sup>2</sup> (Kg/Cm<sup>2</sup>)

**P:** Carga de rotura expresada en daN (Kg-f)

**A:** Área de la sección transversal promedio, expresado en centímetros cuadrados

**Informe de datos:**

El promedio de los valores obtenidos se cumple con el apartado 5.3.1 de la N.T.P 331 201 representa la resistencia promedio a la compresión de los adobes que conforman el lote de prueba.

En el informe se debe proporcionar:

- Clave de identificación de los especímenes ensayados
- Dimensión de cada espécimen, en centímetros
- Máxima carga aplicada en cada espécimen en decanewton (Kg)
- Resistencia a la compresión de cada espécimen en daN/Cm<sup>2</sup> (Kg/ Cm<sup>2</sup>)
- Resistencia promedio a la compresión, calculada con aproximación al 0.1 daN/Cm<sup>2</sup> (0.1 Kg/Cm<sup>2</sup>)
- Contenido de humedad de cada espécimen determinado, de acuerdo al método de ensayo del apartado 3.5 de la presente Norma Técnica Peruana
- Observaciones.

**Ensayo empírico prueba de la botella (realizado en campo)**

Este ensayo empírico nos permite verificar el tipo de contenido de los materiales, mediante la decantación y, los procedimientos se indican a continuación:

- De la cantera seleccionada, se recolecta la materia prima de las 3 canteras
- Llenamos una botella con la materia prima recolectada anteriormente y agregamos agua potable. Y se deja reposar por 12 horas
- Luego de haber pasado las doce horas de reposo, Medimos los tipos de componentes que contiene la materia prima, como son: la arena, limo y arcilla
- Y como último paso anotamos los datos recolectados para luego trabajarlo en gabinete (archivo Excel).



**Foto. 02.** Canteras seleccionadas (cantera n° 01, 02 y 03 - localidad los olivos)



**Foto. 03.** Material seleccionado en reposo por un lapso de 12 horas



**Foto. 04.** Medición de los componentes del material seleccionado

## **Fabricación del adobe simple y adobe estabilizado**

### **Tipos de unidades de adobe**

En la ciudad de Huaraz y sus alrededores, los pobladores que utilizan el adobe como materia prima para la construcción de sus viviendas. Tienen por costumbre, fabricar el adobe común de ciertas dimensiones (30x20x15). Para el presente proyecto de investigación elaboraremos de forma artesanal adobes estabilizado con cal y cemento, utilizando una GAVERA de madera con las siguientes dimensiones (30x15x8).

#### **A. Proceso de fabricación artesanal del adobe patrón**

Para la presente fabricación artesanal del adobe patrón, se ha utilizado como referencia el Manual de construcción basado en la Norma Técnica E-080. Edificaciones antisísmicas del Adobe, Publicado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el año 2010.

#### **Pasos para la elaboración del adobe:**

- Preparar y mezclar homogéneamente los materiales como son la tierra y el agua hasta obtener una masa (barro) y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas.

- Preparar la adobera o gavera con medidas de 30cm x 15cm x 8cm. Las paredes internas de la adobera deben estar húmeda y rociada de arena fina para que no se peguen los adobes
- Llenar la adobera lanzando con fuerza las porciones de barro ya hidratado.
- El barro debe estar al ras de la adobera, luego ir emparejando la superficie usando una regla, ya sea metálica o de madera.
- Por último, desmoldar el adobe con suaves sacudidas verticales.

### **Proceso de secado de los adobes**

- Para el secado de las unidades de adobe es necesaria una superficie horizontal que este fuera de toda impureza orgánica o de sales, por ser estas perjudiciales para los adobes.
- Es importante tener en cuenta que esta zona debe ser protegida con un tendal y así evitar que los adobes sean expuestos al sol, el viento y la lluvia, además es necesario espolvorear arena fina sobre la superficie con el propósito de evitar que los adobes se peguen durante el encogimiento de secado.
- Pasado los 5 días los adobes podrán ser colocados de canto y al cabo de 18 días podrán ser apilados. Los adobes estarán aptos para su empleo en 28 días como mínimo, sin embargo, este tiempo dependerá de las condiciones climáticas del lugar de fabricación.



**Foto. 05.** Mezclado y reposo del barro





**Foto. 06.** Medidas de la Gavera para la elaboración de adobes



**Foto. 07.** Muestra y secado bajo tendal del adobe

### **B. Proceso de fabricación artesanal del adobe estabilizado**

Para la presente fabricación artesanal del adobe estabilizado, se ha utilizado como referencia el Manual de construcción basado en la Norma Técnica E-080. Edificaciones antisísmicas del Adobe, Publicado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el año 2010.

**Pasos para la elaboración del adobe:**

- Preparar y mezclar homogéneamente los materiales necesarios como son la tierra, el agua y los sustituyentes (cal y cemento portland tipo I en %) de acuerdo a la cantidad requerida de unidades de adobe según corresponda su porcentaje de sustitución.
- Preparar la adobera o gavera con medidas de 30cm x 15cm x 8cm. Las paredes internas de la adobera deben estar húmeda y rociada de arena fina para que no se peguen los adobes
- Llenar la adobera lanzando con fuerza las porciones de barro estabilizado.
- El barro debe estar al ras de la adobera, luego ir emparejando la superficie usando una regla, ya sea metálica o de madera.
- Por último, desmoldar el adobe con suaves sacudidas verticales.

### **Proceso de secado de los adobes**

- Para el secado de las unidades de adobe es necesaria una superficie horizontal que este fuera de toda impureza orgánica o de sales, por ser estas perjudiciales para las unidades.
- Es importante tener en cuenta que esta zona debe ser protegida con un tendal y así evitar que los adobes sean expuestos al sol, el viento y la lluvia, además es necesario espolvorear arena fina sobre la superficie con el propósito de evitar que los adobes se peguen durante el secado.
- Pasado los 2 días los adobes podrán ser colocados de canto y al cabo de 15 días podrán ser apilados. Los adobes estarán aptos para su empleo en 28 días como mínimo, sin embargo, este tiempo dependerá de las condiciones climáticas del lugar de fabricación.

### **Proceso de elaboración de los adobes estabilizados**



**Foto. 08.** Dosificación y mezclado de materiales (tierra, cal y cemento)

**Fuente:** Elaboración Propia



**Foto. 09.** Proceso de moldeo del adobe estabilizado

**Fuente:** Elaboración Propia



**FIG. 15.** Proceso de elaboración del adobe estabilizado

**Fuente:** Elaboración Propia

## Resultados

### Resultado de los ensayos de granulometría y límite de consistencia de la materia prima

En la tabla N° 11 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría y límite de consistencia (límite líquido y límite plástico), así como su correspondiente clasificación en el sistema SUCS y AASHTO de las 03 canteras estudiadas en la localidad los Olivos.

**TABLA N° 11 ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS DE LA MATERIA PRIMA**

ENSAYOS	CANTERA 01 – LOS OLIVOS	CANTERA 02 – LOS OLIVOS	CANTERA 03 – LOS OLIVOS
LIMITE LIQUIDO	38.73	31.57	39.58
LIMITE PLASTICO	26.11	23.78	30.55
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	12.62	7.79	9.23
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200	61.1	72.4	83.1
MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ N°200	38.9	27.6	16.9
CLASIFICACION S.U.C.S	SM	SM	SM
CLASIFICACION AASHTO	A – 6 (1)	A – 2 – 4 (0)	A – 2 – 4 (0)

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

### Resultado de los ensayos de equivalente de arena de la materia prima

En la tabla N° 12 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de equivalente de arena, que se realizaron a las 03 canteras estudiadas en la localidad los Olivos.

**TABLA N° 12 RESULTADO DE EQUIVALENTE DE ARENA**

CALICATA	HORA INICIAL	HORA FINAL	NIVEL DE ARENA (cm) (A)	NIVEL DE ARCILLA (cm) (B)	RESULTADO (A/B) *100 (%)	RESULTADO PROMEDIO (%)
LO -01 –M01	16:17	16:49	1.8	12.7	14.2	14.7
LO -01 –M02	17:32	18:04	1.9	12.5	15.2	
LO -02 –M01	17:10	17:42	2.1	10.9	19.3	19.5
LO -02 –M02	17:12	17:44	2.5	12.7	19.7	
LO -03 –M01	16:15	16:47	1.8	8.7	20.7	20.5
LO -03 –M02	16:25	16:57	2.1	10.3	20.4	

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

## Resultado de los ensayos de contenido de humedad de la materia prima

En la tabla N° 13 se muestra los resultados obtenidos de los ensayos del contenido de humedad, que se realizaron a las 03 canteras estudiadas en la localidad los Olivos.

**TABLA N° 13 RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

<b>CALICATA</b>	<b>HUMEDAD PROMEDIO (%)</b>
LO -01- M01	4.5
LO -02- M02	5.8
LO -03- M03	6.5

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

## Calculo de las dosificaciones de cada insumo a emplear en la elaboración de los bloques de tierra estabilizada con cal y cemento

El diseño se constituye de pasos sencillos que se siguieron para la determinación de la cantidad de agua a usar en cada sustitución según la variación, mostrándose a continuación:

- De la cantera N 02, se tomaron 6 muestras de 12 a 15 kg. De material para la fabricación del adobe estabilizado con cal y cemento, a cada 2 m. en toda la longitud de la cantera y una profundidad de 1.00 m. Razón por la cual, esta cantera cuenta con los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, aptos para la elaboración de adobes estabilizados.
- Se realizaron ensayos preliminares al material de la cantera N° 02, como es la prueba de la botella, el cual nos permite determinar la cantidad de agua que se agregara.
- Se verifico que cada punto recogido de la muestra N° 02, contaba con una adecuada trabajabilidad con las cantidades de agua, cal y cemento, como se muestra en la tabla N°14

**TABLA N° 14 PESOS DE LAS 06 MUESTRAS TOMADAS DE LA CANTERA N° 02 – LOS OLIVOS – HUARAZ**

<b>PUNTOS</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIAL SECO (gr)</b>
M01	12 328.10
M02	12 500.00
M03	12 231.30

M04	12 193.00
M05	12 500.00
M06	12 402.15
<b>PESO PROM.</b>	<b>12 359.09</b>

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

**TABLA N° 15 COMPONENTES A EMPLEAR PARA ESTABILIZAR BLOQUES DE TIERRA – CAL Y CEMENTO EN PORCENTAJES**

CAL (%)	CEMENTO (%)	AGUA (%)	TIERRA (%)
0	0	15.00	85.00
1	2	16.00	81.00
2	4	16.50	77.50
3	6	17.00	74.00
4	8	17.50	70.50

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

**TABLA N° 16 COMPONENTES A EMPLEAR PARA ESTABILIZAR BLOQUES DE TIERRA – CAL Y CEMENTO EN PESO**

CAL (%)	CAL (gr)	CEMENTO (%)	CEMENTO (gr)	AGUA (gr)	TIERRA (gr)
0	0.00	0	0.00	1 853.37	10 505.24
1	123.59	2	247.18	1 977.46	10 010.87
2	274.18	4	494.36	2 093.25	9 578.31
3	370.77	6	741.55	2 101.05	9 145.73
4	494.36	8	988.73	2 162.84	8 713.17

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP

**TABLA N° 17 DOSIFICACIONES A USARSE CON CADA COMPONENTE**

VARIACION DE CAL	CAL	VARIACION DE CEMENTO	CEMENTO	AGUA	TIERRA
1%	50.00	2%	100.00	640.00	4 850.00
2%	100.00	4%	200.00	680.00	4 700.00
3%	150.00	6%	300.00	720.00	4 550.00
4%	200.00	8%	400.00	760.00	4 400.00

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

### **Ensayo de variación o variabilidad dimensional de los bloques de tierra estabilizados**

Promedio de porcentaje de variabilidad dimensional de los bloques de tierra estabilizados en diferentes porcentajes de los agentes estabilizantes (cal y cemento portland tipo I), realizado a los 28 días de secado.

**TABLA N° 18 VARIABILIDAD DIMENSIONAL DE LOS BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADOS**

CONTENIDO DE CAL Y CEMENTO	VARIACION DIMENSIONAL (%)		
	Largo	Ancho	Altura
0%	-0.33	0.23	0.56
3%	-0.15	-0.10	-0.50
6%	-0.15	-0.20	-0.25
9%	-0.10	-0.13	-0.25
12%	0.03	-0.07	0.06

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

### Ensayo de resistencia a la compresión de los bloques de tierra estabilizados

En la tabla N°19 se muestran, los resultados obtenidos a través de los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques de tierra estabilizados con cal y cemento en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12%. Estos ensayos de resistencia a la compresión de cada espécimen, se realizaron a los 28 días de secado.

**TABLA N° 19 RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LOS BLOQUES ESTABILIZADOS A LOS 28 DIAS DE SECADO**

CONTENIDO DE CAL Y CEMENTO (%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm <sup>2</sup> )
0%	33.63
3%	46.93
6%	56.01
9%	63.00
12%	73.47

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

### Ensayo de contenido de humedad de los bloques de tierra estabilizados

En la tabla N°20 se muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad que se realizaron bloques estabilizados con porcentajes de cal y cemento, a los 28 días de secado. Estos resultados indican la cantidad de porcentaje de agua que llega a retener cada bloque de tierra estabilizado, por lo tanto, estos porcentajes pueden incrementarse si se incrementan los porcentajes de los elementos estabilizantes.



**TABLA N° 20 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADOS**

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C
	0%	3%	6%	9%	12%
	3,34	3.75	4.13	4.40	5.07

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

**Ensayo de humedecido y secado de los bloques de tierra estabilizados**

En la tabla N° 21 se muestra los resultados del desgaste promedio de los bloques de tierra estabilizados a través del ensayo de humedecido y secado.

**TABLA N° 21 HUMEDECIDO Y SECADO DE LOS BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADOS**

HUMEDECIDO Y SECADO (%)	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C	B.E.T.C.C
	0%	3%	6%	9%	12%
	100	42.49	36.98	31.03	23.03

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

**Comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos****Tabla comparativa de resultados de la materia prima ensayada y los requisitos necesarios según N.T.P**

Realizando un análisis comparativo de los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría, límite de consistencia (límite líquido, plástico e índice de plasticidad), se pudo determinar que la cantera N° 02 ubicado en la zona norte de la localidad los olivos, cumple con los requisitos necesarios para la adecuada elaboración de adobes según la N.T.P.

**TABLA N° 22 RESULTADOS DE LA MATERIA PRIMA Y COMPARADO CON LA NTP**

ENSAYO	CANTERA 01 LOS OLIVOS	CANTERA 02 LOS OLIVOS	CANTERA 03 LOS OLIVOS	NTP
Límite Líquido	38.73	31.57	39.58	20 < > 50
Límite Plástico	26.11	23.78	30.55	–
Índice de Plasticidad %	12.62	7.79	9.23	< 20
Clasificación S.U.C. S	SM	SM	SM	–
Clasificación AASHTO	A – 6 (1)	A – 2 – 4 (0)	A – 2 – 4 (0)	–
Material retenido en el Tamiz N° 200	61.1	72.4	83.1	25% < >55%
Material que pasa en el Tamiz N° 200	38.9	27.6	16.9	45% < >75%

<b>Contenido de Humedad</b>	4.5	5.8	6.5	–
<b>Equivalente de Arena</b>	14.7	19.5	20.5	55% < >70%

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

### Requisitos indispensables: variabilidad dimensional y resistencia a la compresión

La variabilidad dimensional de los bloques de tierra estabilizada, según la N.T.P establecen que estas deberán ser menor o igual al 2%, mientras que la resistencia a la compresión según la Norma E 080 será con un valor igual a 12 kg/cm<sup>2</sup> y según la Norma INDECOPI será un valor igual a 17 kg/cm<sup>2</sup>, para adobes estabilizados.

**TABLA N° 23 REQUISITOS INDISPENSABLES SEGÚN LA NORMA TECNICA PERUANA**

VARIACION DIMENSIONAL			RESISTENCIA A LA COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA A LA COMPRESION kg/cm <sup>2</sup>
LARGO 30 cm ± 2	ANCHO 15 cm ± 2	ALTO 8 cm ± 2	NORMA E 080 12	NORMA INDECOPI 17

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

### Comparación de los resultados de los bloques de tierra estabilizados con cal y cemento, utilizando materia prima de la cantera N° 02

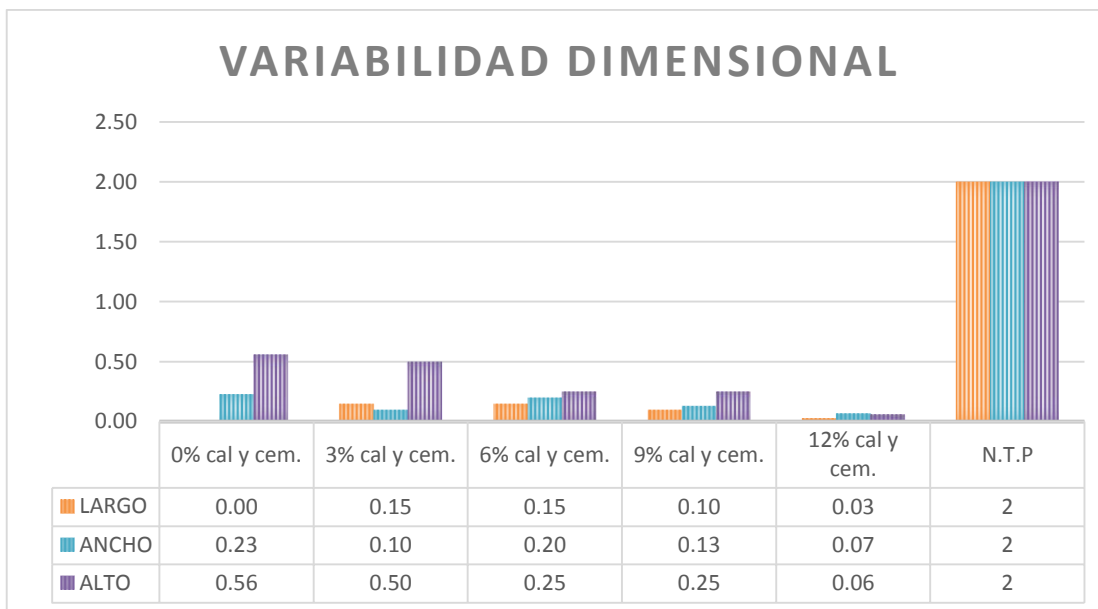
**TABLA N° 24 COMPARACION DE LOS REQUISITOS INDISPENSABLES SEGÚN LA NORMA TECNICA PERUANA**

CONTENIDO CAL Y CEMENTO	VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)			RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	33.63
	-0.33 %	-0.23 %	-0.56 %	
3%	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	46.93
	-0.15 %	-0.10 %	-0.50 %	
6%	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	56.01
	-0.15 %	-0.20 %	-0.25 %	
9%	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	63.00
	-0.10 %	-0.13 %	-0.25 %	
12%	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	73.47
	-0.03 %	-0.07 %	-0.06 %	

N.T. P	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>h</b>	17.00
	± 2.00 %	± 2.00 %	± 2.00 %	

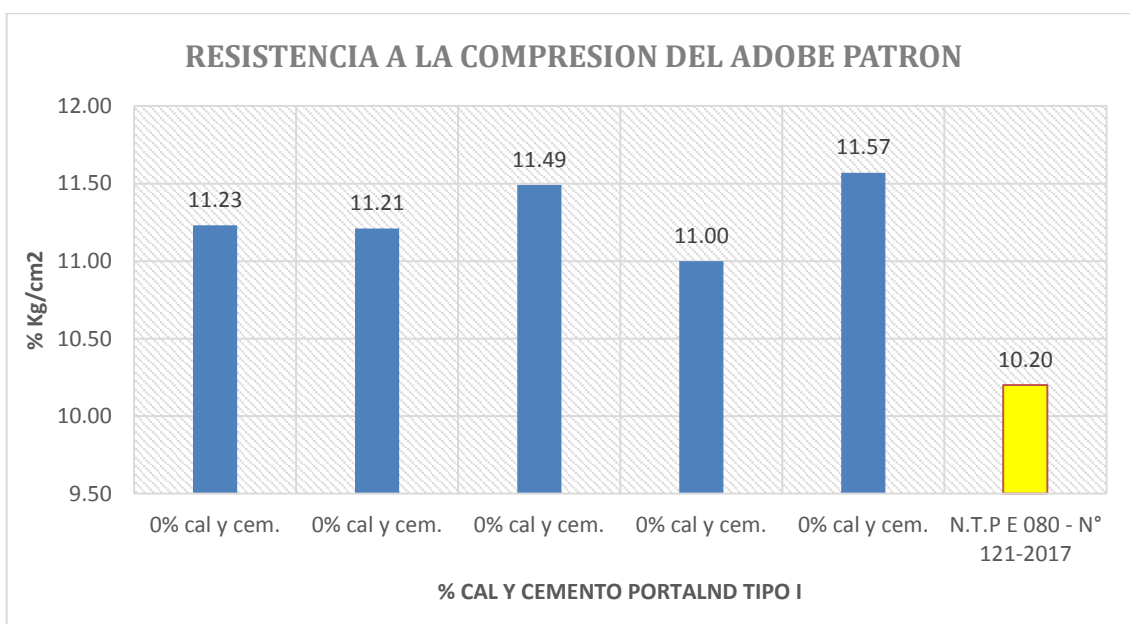
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

**GRAFICOS DE LOS ENSAYOS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**



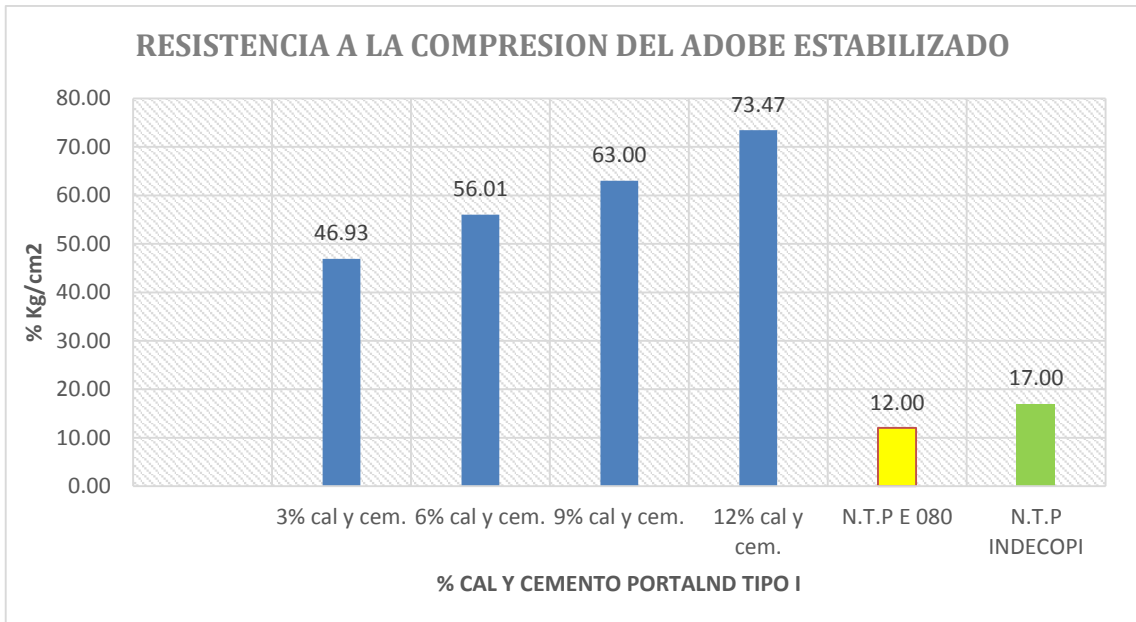
**GRAFICO N° 1:** Variabilidad Dimensional Promedio Experimental a los 28 días

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



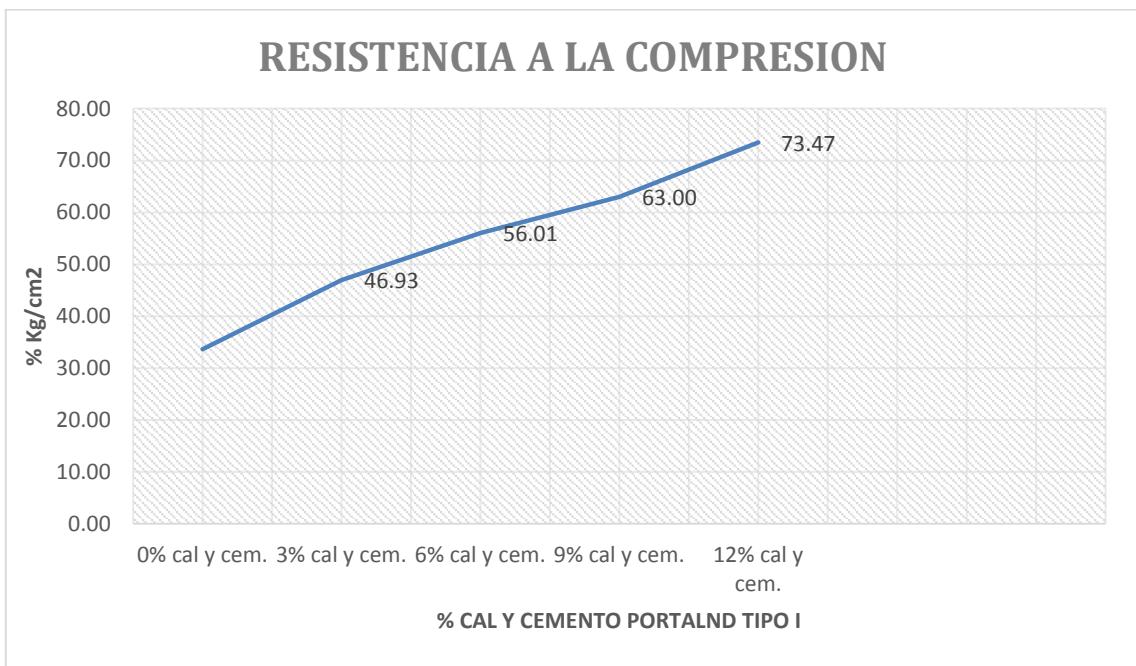
**GRAFICO N° 2:** Resistencia a la compresión Patrón y experimental de según las N.T.P E 080 Y INDECOPI

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



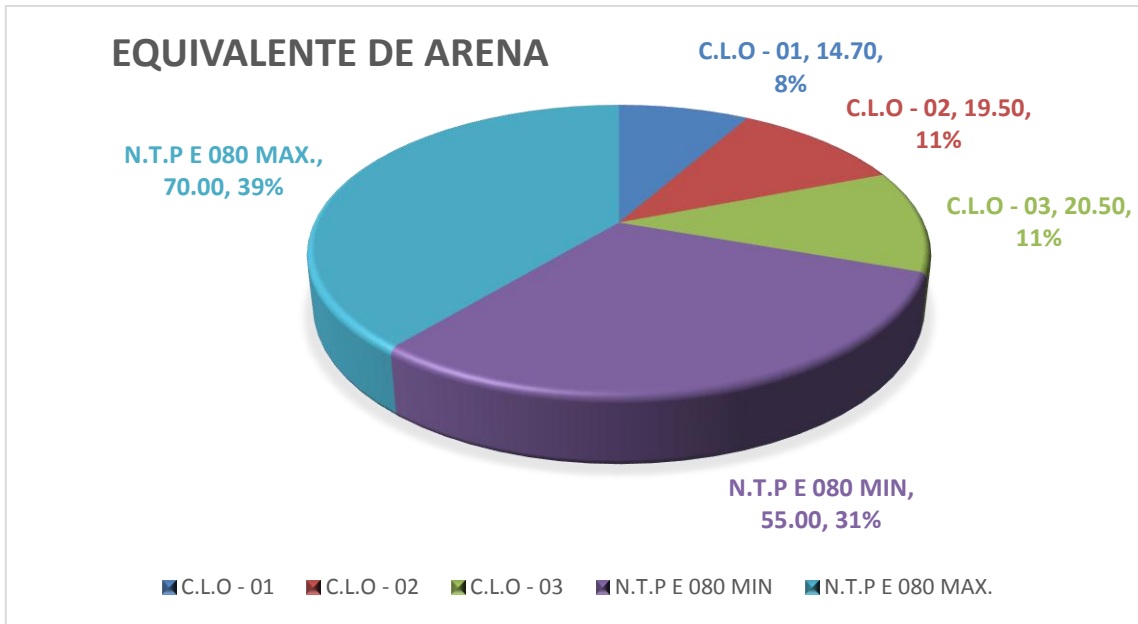
**GRAFICO N° 3:** Resistencia a la compresión Patrón y experimental de según las N.T.P E 080 Y INDECOPI

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



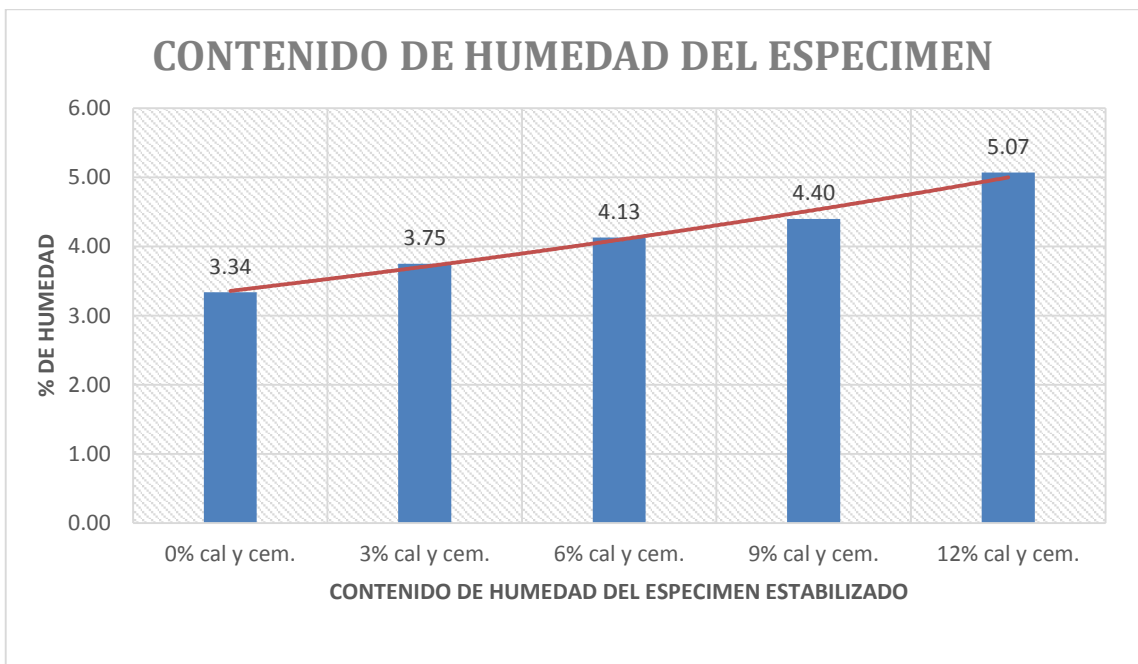
**GRAFICO N° 4:** Resistencia a la compresión Patrón y experimental de según las N.T.P E 080 Y INDECOPI

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



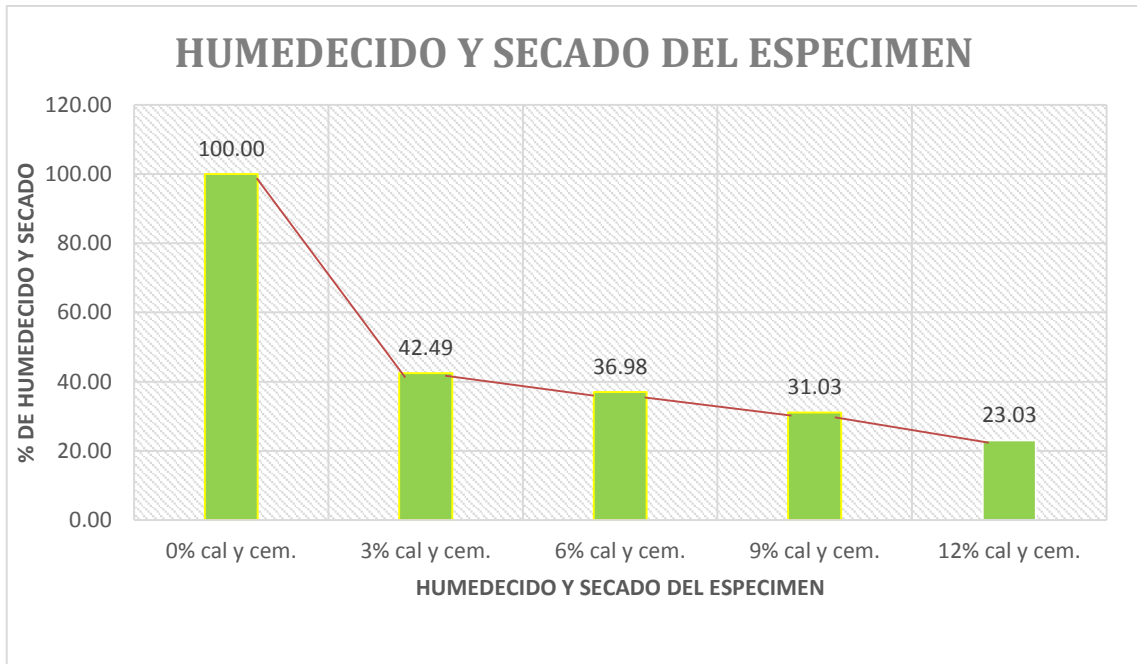
**GRAFICO N° 5:** Equivalente de arena Promedio Experimental

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



**GRAFICO N° 6:** Contenido de Humedad del Espécimen Promedio Experimental

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP



**GRAFICO N° 7:** Humedecido y Secado del Espécimen Promedio Experimental

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos – USP

## **Análisis Y Discusión**

- 1) Para la determinación de un buen material a utilizar se necesita una buena cantera y para saber si el material a utilizar es adecuado o no; Se necesita realizar, previos ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y/o ensayos empíricos.
- 2) La finalidad a realizar la selección de la muestra de suelo fue para obtener un tipo de suelo adecuado para la elaboración de los adobes ya sea el adobe patrón y el adobe estabilizado. Es así que se buscó un suelo con poco contenido de arena y con cantidades suficientes de arcilla y limo. Estos resultados fueron obtenidos a través del ensayo de Análisis Granulométrico, realizado en el Laboratorio de mecánica de Suelos en la Universidad San Pedro.
- 3) De acuerdo a los ensayos que se realizaron en el laboratorio se comprobó que la cantera en estudio perteneciente a la localidad de Los Olivos, se compone de un suelo (arena, limo arcillosa), cumpliendo así con los requisitos establecido en la N.T.P 331.201
- 4) En base al peso de cada espécimen sin estabilizar, se calculó la cantidad de cal y cemento portland tipo I, agua y tierra. En función a estos resultados se procedió a determinar las dosificaciones adecuadas para cada variación de porcentaje de cal y cemento portland tipo I
- 5) De acuerdo a los ensayos de variación dimensional que se realizaron a los especímenes estabilizados con cal y cemento, se observó que cuanto más es el porcentaje de cal y cemento, el secado es más rápido y además se obtiene un bloque compacto y resistente. De esa manera se logra cumplir con los requisitos de resistencia establecido en la NTP 331-202, sin exceder el 2% de la variación dimensional en bloques de albañilería.
- 6) En los ensayos de humedecido y secado que se realizaron a los bloques estabilizados, se observó que los especímenes sin estabilizar se desgastaban y se destruían al ser sumergidos en el agua. Mientras que los especímenes estabilizados con cal y cemento al 3%, 6%, 9% y 12% no sufrían dicho desgaste antes mencionado. Por lo tanto, se

comprobó que los especímenes estabilizados, decrecían un promedio de 6 y 7%, determinándose así q mientras más sea el uso de la cal y el cemento menor será el desgaste.

- 7) En el ensayo de resistencia a la compresión, realizados a los adobes patrones o adobes sin estabilizar con medidas de 0.10m x 0.10m, se logró corroborar que dichos especímenes superan la resistencia promedio de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> indicado por la Norma Técnica Peruana E-080 N° 121-2017
- 8) En los ensayos de resistencia a la compresión realizados a cada espécimen estabilizado con diferentes porcentajes de cal y cemento portland tipo I y con medidas de 0.30m x 0.15m, demostraron ser superior en resistencia a la compresión, a los resultados obtenidos por otros investigadores o tesis que habían utilizados otros tipos de estabilizantes y superando la resistencia a la compresión mínima de 12 kg/Cm<sup>2</sup> para adobes reforzados por la N.T.P E-080 N° 121-2017
- 9) Es importante mencionar que los especímenes estabilizados con cal y cemento al 9% y 12% mostraron una resistencia a la compresión de 63 kg/Cm<sup>2</sup> y 73.47 kg/Cm<sup>2</sup>. El cual supera la resistencia a la compresión de ladrillo tipo I con una resistencia de 60 kg/Cm<sup>2</sup> y el ladrillo tipo II con una resistencia de 70 kg/Cm<sup>2</sup>.



## Conclusiones

Habiendo realizado los diferentes aspectos relacionados con el uso del adobe y habiéndose obtenido resultados experimentales y el análisis presentado en el presente trabajo de investigación, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- 1) Los antiguos pobladores desde tiempos remotos se valieron de recursos naturales próximos a ellos, como es la tierra, que le permitieron una mejora en la calidad de vida y como muestra de ello, en nuestro país se encuentra las ciudades hechas a base de barro como son (Caral, Pachacamac, Chan – Chan, etc.) en la cual se experimentó el empleo de elementos orgánicos naturales en la elaboración de bloques de adobe para la construcción de grandes bloques de tierra y muros. Así pues, se presenta un interés por el estudio del comportamiento del material estabilizante como son (el cemento y la cal) aplicado en la elaboración de adobe estabilizado, el cual demostró que no sólo brinda a las edificaciones cualidades térmicas, ya conocidas, sino también permite mayor seguridad y durabilidad.
- 2) El material principal que se extrajo de la cantera N°02, se encuentra ubicado en la localidad Los Olivos, en el Distrito de Huaraz. Con coordenadas 9° 31'27.5" S - 77° 31'15.2" W. Este material se empleó para la elaboración de los bloques de adobe estabilizado con cal y cemento portland tipo I con ciertos porcentajes respectivamente. Además, el material extraído cumple con los parámetros exigidos y establecidos por la Norma Técnica Peruana (N.T.P 301 – 201) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E E-080)
- 3) Para elaborar los bloques de tierra estabilizado con cal y cemento portland tipo I se utilizó una adobera (molde) con dimensiones correspondientes a (30 x 15 x 8 cm), Además se utilizó porcentajes de cal y cemento portland tipo I al 1% cal y 2% cemento, 2% cal y 4% cemento, 3% cal y 6% y, 4% cal y 8% cemento; calculados en pesos de 370.77gr. - 768.54gr. - 1112.32gr. y 1483.09gr.

- 4) Durante la elaboración de los adobes estabilizados con cal y cemento portland tipo I, se observó una adecuada trabajabilidad de los materiales. Razón por la cual, NO se necesita dejar el barro en reposo durante 48 horas.
- 5) Debido al proceso de secado los adobes sufren variaciones en sus dimensiones, pero son variaciones mínimas, ya que se pudo comprobar a través del ensayo de variación o variabilidad dimensional. Llegándose a concluir que a mayor porcentaje de estabilizantes menor es la variabilidad dimensional.
- 6) Como se mencionó con anterioridad, la Norma E- 080 N° 121-2017 en nuestro país establece un mínimo de 10 kg/Cm<sup>2</sup> para la resistencia a compresión de un bloque de adobe simple y de 12 kg/Cm<sup>2</sup> para la resistencia a compresión de un bloque de adobe reforzados o estabilizados. La Norma ININTEC para adobes estabilizados, establece un 17 kg/Cm<sup>2</sup> para la resistencia a la compresión. Por lo tanto, los ensayos realizados con adobes simples y adobes estabilizados con ciertos porcentajes de cal y cemento portland tipo I, cumplieron con ambas Normas Técnicas.
- 7) Es importante mencionar que los especímenes estabilizados con cal y cemento al 9% y 12% mostraron una resistencia a la compresión de 63 kg/Cm<sup>2</sup> y 73.47 kg/Cm<sup>2</sup>. El cual supera la resistencia a la compresión de ladrillo tipo I con una resistencia de 60 kg/Cm<sup>2</sup> y el ladrillo tipo II con una resistencia de 70 kg/Cm<sup>2</sup>.

## **Recomendaciones**

- 1) Se debe seguir realizando investigaciones científicas de las cualidades que brindan los materiales estabilizantes que ayudan a mejorar la calidad de los adobes, específicamente en su resistencia a la compresión. Que como se ha demostrado supera la resistencia de un adobe convencional de tierra y algún elemento orgánico.
  
- 2) Es importante indicar que el uso de la cal y el cemento portland tipo I, en proporciones equitativas nos permite tener un material trabajable y también nos facilita el secado (fraguado) de los adobes en menor tiempo, a diferencia de otros adobes elaborados con otros elementos orgánicos o estabilizantes.
  
- 3) Investigar alguna posibilidad de adicionar otro material que se complemente con la tierra cal y cemento y nos permita mejorar la calidad (tecnología) de los adobes estabilizados.
  
- 4) Sería importante para muchos tesistas, tener el apoyo económico de empresas, instituciones, etc. Ya sean públicas o privadas. Para poder seguir realizando investigaciones que nos permitan obtener y elaborar materiales constructivos eco-lógicos o eco-ambientales y así evitar el excesivo CO2 producido por materiales industriales.
  
- 5) Finalmente se deberían difundir las diversas investigaciones realizadas en los últimos años, en relación a la mejora de la técnica de elaboración y construcción con adobes estabilizados. Dados en nuestra universidad y en otras instituciones con el fin de mejorar las condiciones de las viviendas actuales.

## Referencias Bibliográficas

- AIS (1990) Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobes y Tapia Pisada
- Arjunan, P., Silsbee, M. R., Roy, D. M. A. Woods (2007) “Sulfoaluminate-belite cement from low-calcium fly ash and sulfur-rich and other industrial by-products”, Cement and Concrete Research, Vol. 29: pp. 1305-1311.
- Avila Villarino Otero (2011) Ciencia y Tecnología de los Materiales. Pág. 11 – 12.
- California state university fresno/california (1978) Fabricación de bloques de suelo estabilizado con asfalto y emulsión
- Centro de Estabilización Interamericana (1978) de la Organización de los Estados Americanos en Bogotá - Colombia
- Ininvi. (1989). Norma Técnica de Edificación E- 070: Albañilería Perú; Departamento de ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ininvi (1973). Diseño sismo resistente de una unidad médica familiar con adobe.
- Juan D. Bauza (2003) Mecánica de los Medios Continuos, Teoría de Estructuras e Ingeniería del Terreno. Cap. 15 pág. 51 – 52
- Julio Escobar (1982) Publicación Nueva Metodología de Construcción con Adobe sismo-resistente.
- Julio Vargas Neumann, Ernesto Heredia Z., Juan Bariola B. y Ernesto Heredia Z. (2006) Preservación de las Construcciones de Adobe en Áreas Lluviosas.
- Marcial Blondet, Gladys villa García m. y Svetlana Brzev (2003) Construcción de Adobes Resistentes a los Terremotos.
- Normas Técnicas Peruanas (311.201). (2012). Elementos de suelo sin Cocer. Adobe Estabilizado con Asfalto para Muros. Requisitos. Perú.
- Normas Técnicas Peruanas (311.201). (2012). Elementos de suelo sin Cocer. Adobe Estabilizado con Asfalto para Muros. Métodos de Ensayo, p1 – p12.
- Normas Técnicas Peruanas (311.201). (2012). Elementos de suelo sin Cocer. Adobe Estabilizado con Asfalto para Muros. Muestreo y Recepción. p1 – p12.
- Norma Técnica Peruana E-080 (N° 121 - 2017). Cap.4. Requisitos Generales para la Construcción con Tierra (Art. 17 y Art. 18).
- Katsioti, M., Tsakiridis P.E., Agatzini-Leonardou, S., Oustadakis, P. Hamlin. D. Jeff. (2008), "Examination of the jarosite–alunite precipitate addition in the raw meal for

- the production of Portland and sulfoaluminate-based cement s", International Journal of Mineral Processing, Vol. 76: pp. 217 – 224
- R.N.E (2006) Reglamento Nacional de Edificaciones. Habilitaciones Urbanas y Edificaciones. Título III-2 Estructuras - Norma E 080
- Rivera L. (2010) Tecnología, Concreto y Mortero. Cap.1.5.3 Pág. 25
- Taylor (2014) Comportamiento Mecánico y Químico de los Cementos de sulfoaluminato de calcio obtenido. Pág. 19
- [http://www.ancade.com/files/publicaciones/documentos/indicemanualestabilizacinsuelo\\_scal.pdf](http://www.ancade.com/files/publicaciones/documentos/indicemanualestabilizacinsuelo_scal.pdf)
- <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/617/2010/06/Tapial-ININVI.pdf>
- <https://www.cca.qc.ca/fr/search/details/library/publication/245747>
- [http://www.aepro.com/files/congresos/2006valencia/ciip06\\_0318\\_0329.1023.pdf](http://www.aepro.com/files/congresos/2006valencia/ciip06_0318_0329.1023.pdf)
- <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc14038/doc14038.htm>
- <http://www.world-housing.net/Tutorials/AdobeTutorial/spanish/blondet.pdf>
- <https://archive.org/details/mradobetapia>

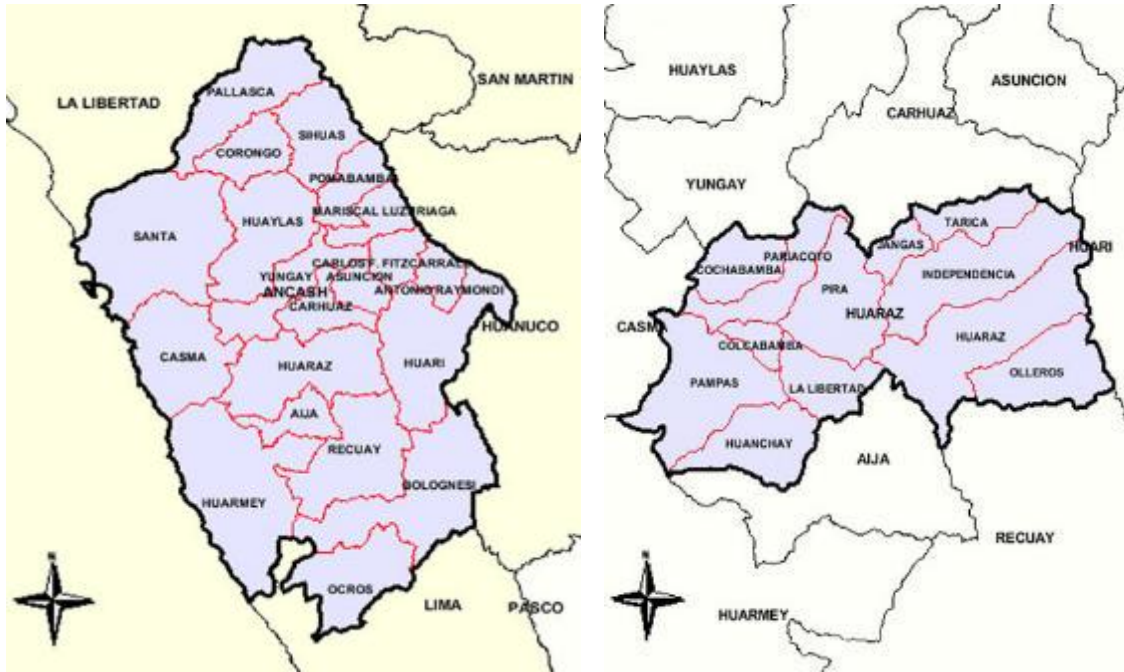
# **ANEXOS**

## Relación de anexos

Anexo 01 Ubicacion y Localizacion de las Canteras	71
Anexo 02 Panel Fotografico (Recoleccion de muestras – canteras)	72
Anexo 03 Prueba Empirica de la botella	75
Anexo 04 Elaboracion de los bloques de tierras estabilizados	76
Anexo 05 Ensayos del material (suelo) realizados en el laboratorio de Mec.de suelos – USP	79
Anexo 06 Resultados de los calculos realizados a los especimenes a los 28 dias de secado, en el laboratorio de Mec. De suelos - USP	87
Anexo 07 Resultado de los ensayos del material (suelo) realizado en el laboratorio de Mec. De suelos – USP	97

## Anexo 01

### Ubicación y localización de las canteras





## Anexo 02

### Panel fotográfico de las canteras

Cantera 01 – Los olivos



Cantera 02 – Los Olivos



Cantera 03 – Los olivos



Cantera 01, 02 y 03 – Localidad los olivos



**Anexo 03**

**Panel fotográfico prueba empírica de la botella de las muestras 1, 2 y 3**





## Anexo 04

**Panel fotográfico de la elaboración de los bloques de tierra estabilizada con cal y cemento**

**Medición de la adobera (molde)**



**Dosificación de los materiales a utilizar (tierra, cal, cemento portland tipo I y agua)**



**Mezclado de los materiales tierra, cal y cemento portland tipo I**



**Mezclado de los materiales tierra, cal y cemento portland tipo I**



**Mezclado homogéneo de los materiales tierra, cal y cemento portland tipo I**

## Elaboración de los bloques de tierra estabilizados con cal y cemento portland tipo I

### Moldeo de los adobes estabilizados



### Elaboración final del adobe estabilizado





## Anexo 05

### Panel fotográfico de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos

#### Ensayo Análisis Granulométrico

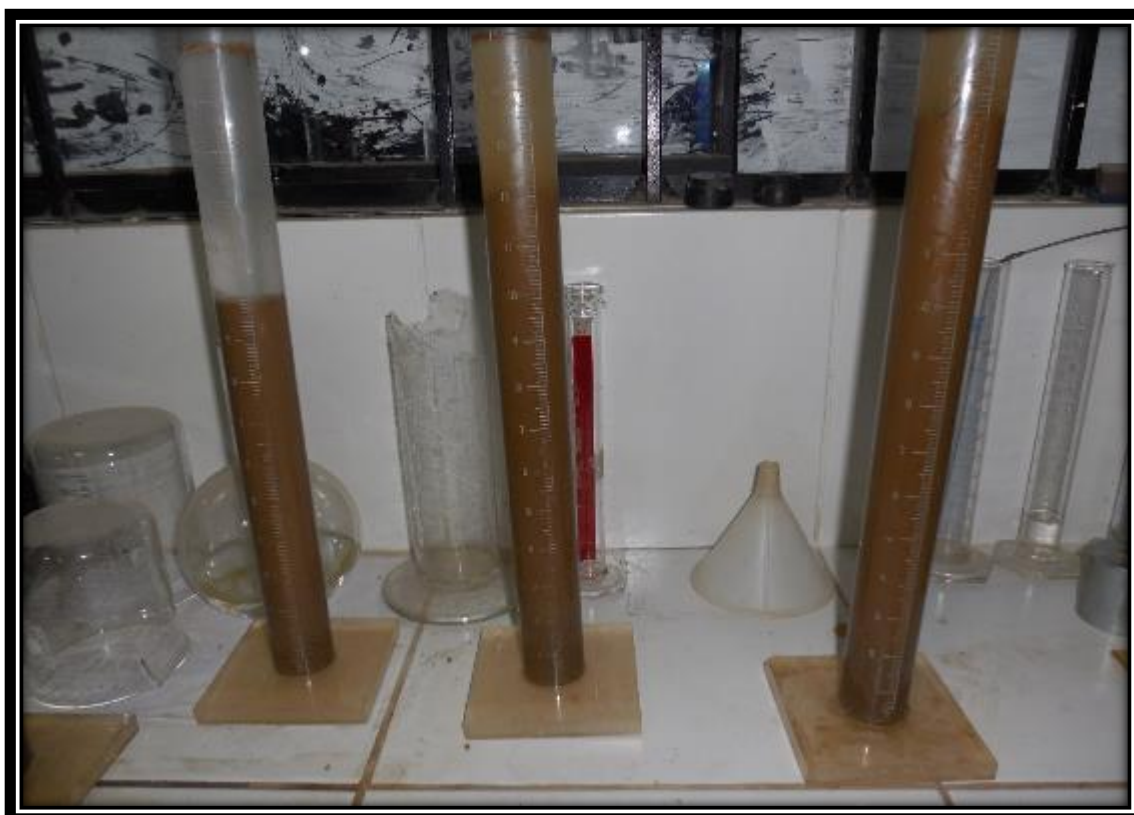
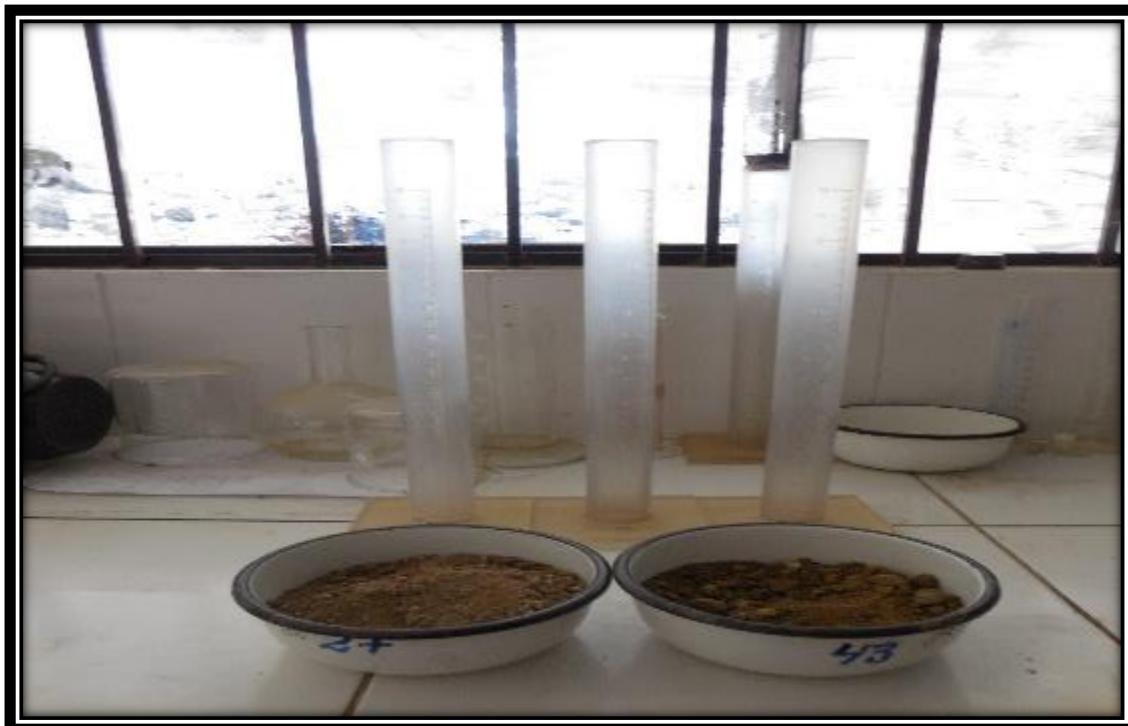


**Ensayo Contenido de humedad del material**





## Ensayo Equivalente de Aren



## Ensayo Límites de Atterberg (Limite líquido y Limite plástico)



## Ensayo de Variación Dimensional de los especímenes



## Ensayo de Resistencia a la Compresión

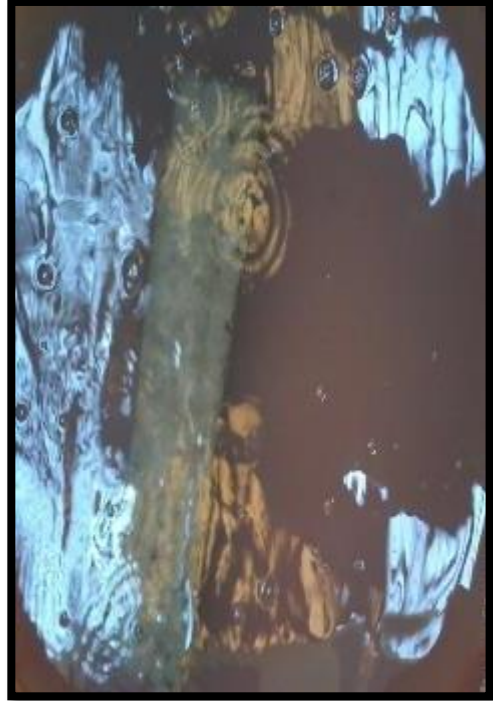




## Ensayo de Contenido de Humedad del espécimen



## Ensayo de Contenido de Humedecido y Secado



## Anexo 06

### Resultado de los cálculos de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos

#### Ensayo de variabilidad dimensional

##### Bloques de adobe de estabilizados al 0% con cal y cemento

ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L prom.	
<b>C.L.O 1</b>	301	300	300	301	300.50	
<b>C.L.O 2</b>	300	300	300	300	300.00	
<b>C.L.O 3</b>	302	300	300	301	300.75	
<b>C.L.O 4</b>	300	300	301	300	300.25	
<b>C.L.O 5</b>	300	302	300	302	301.00	
					<b>Mp</b>	300.50
					<b>Df</b>	300.00
					<b>V (largo)</b>	-0.33%

ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)					
	A1	A2	A3	A4	A prom.	
<b>C.L.O 1</b>	151	151	150	150	150.50	
<b>C.L.O 2</b>	150	151	150	150	150.25	
<b>C.L.O 3</b>	150	152	150	151	150.75	
<b>C.L.O 4</b>	150	150	150	150	150.00	
<b>C.L.O 5</b>	150	150	150	151	150.25	
					<b>Mp</b>	150.35
					<b>Df</b>	150.00
					<b>V (ancho)</b>	-0.23%

ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)					
	H1	H2	H3	H4	H prom.	
C.L.O 1	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 2	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 3	80	82	82	80	81.00	
C.L.O 4	81	82	80	80	80.75	
C.L.O 5	80	80	81	81	80.50	
					<b>Mp</b>	80.45
					<b>Df</b>	80.00
					<b>V (altura)</b>	-0.56%

**Bloques de adobe de estabilizados al 3% con cal y cemento**

ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L prom.	
C.L.O 1	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 2	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 3	302	300	300	302	301.00	
C.L.O 4	301	300	301	300	300.50	
C.L.O 5	300	302	300	301	300.75	
					<b>Mp</b>	300.45
					<b>Df</b>	300.00
					<b>V (largo)</b>	-0.15%

ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)					
	A1	A2	A3	A4	A prom.	
C.L.O 1	150	151	150	150	150.25	
C.L.O 2	150	151	150	150	150.25	
C.L.O 3	151	150	150	151	150.50	
C.L.O 4	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 5	150	150	150	151	150.25	
					<b>Mp</b>	150.15
					<b>Df</b>	150.00
					<b>V (ancho)</b>	-0.10%



ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)					
	H1	H2	H3	H4	H prom.	
C.L.O 1	80	82	80	82	81.00	
C.L.O 2	80	80	80	81	80.25	
C.L.O 3	80	81	81	80	80.50	
C.L.O 4	81	80	80	80	80.25	
C.L.O 5	80	80	80	80	80.00	
					<b>Mp</b>	80.40
					<b>Df</b>	80.00
					<b>V (altura)</b>	-0.50%

**Bloques de adobe de estabilizados al 6% con cal y cemento**

ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L prom.	
C.L.O 1	300	300	300	302	300.50	
C.L.O 2	301	300	300	301	300.50	
C.L.O 3	302	300	300	301	300.75	
C.L.O 4	300	300	302	300	300.50	
C.L.O 5	300	300	300	300	300.00	
					<b>Mp</b>	300.45
					<b>Df</b>	300.00
					<b>V (largo)</b>	-0.15%

ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)					
	A1	A2	A3	A4	A prom.	
C.L.O 1	151	151	151	150	150.75	
C.L.O 2	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 3	150	151	151	151	150.75	
C.L.O 4	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 5	150	150	150	150	150.00	
					<b>Mp</b>	150.30
					<b>Df</b>	150.00
					<b>V (ancho)</b>	-0.20%

ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)					
	H1	H2	H3	H4	H prom.	
C.L.O 1	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 2	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 3	80	80	81	80	80.25	
C.L.O 4	81	80	80	80	80.25	
C.L.O 5	80	80	81	81	80.50	
					<b>Mp</b>	80.20
					<b>Df</b>	80.00
					<b>V (altura)</b>	-0.25%

**Bloques de adobe de estabilizados al 9% con cal y cemento**

ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L prom.	
C.L.O 1	301	300	300	300	300.25	
C.L.O 2	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 3	301	300	300	301	300.50	
C.L.O 4	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 5	300	302	300	301	300.75	
					<b>Mp</b>	300.30
					<b>Df</b>	300.00
					<b>V (largo)</b>	-0.10%

ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)					
	A1	A2	A3	A4	A prom.	
C.L.O 1	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 2	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 3	150	152	150	150	150.50	
C.L.O 4	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 5	150	150	150	152	150.50	
					<b>Mp</b>	150.20
					<b>Df</b>	150.00
					<b>V (ancho)</b>	-0.13%

ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)					
	H1	H2	H3	H4	H prom.	
C.L.O 1	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 2	80	80	80	80	80.00	
C.L.O 3	80	81	81	80	80.50	
C.L.O 4	81	80	80	80	80.25	
C.L.O 5	80	80	80	81	80.25	
					<b>Mp</b>	80.20
					<b>Df</b>	80.00
					<b>V (altura)</b>	-0.25%

### BLOQUES DE ADOBE DE ESTABILIZADOS AL 12% CON CAL Y CEMENTO

ESPECIMEN N°	LARGO (mm)					
	L1	L2	L3	L4	L prom.	
C.L.O 1	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 2	300	300	300	300	300.00	
C.L.O 3	302	300	300	300	300.00	
C.L.O 4	300	300	301	300	300.25	
C.L.O 5	300	300	300	301	300.25	
					<b>Mp</b>	300.10
					<b>Df</b>	300.00
					<b>V (largo)</b>	-0.03%

ESPECIMEN N°	ANCHO (mm)					
	A1	A2	A3	A4	A prom.	
C.L.O 1	151	150	150	150	150.25	
C.L.O 2	150	151	150	150	150.25	
C.L.O 3	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 4	150	150	150	150	150.00	
C.L.O 5	150	150	150	150	150.00	
					<b>Mp</b>	150.10
					<b>Df</b>	150.00
					<b>V (ancho)</b>	-0.07%

ESPECIMEN N°	ALTURA (mm)				
	H1	H2	H3	H4	H prom.
<b>C.L.O 1</b>	80	80	80	80	80.00
<b>C.L.O 2</b>	80	80	80	80	80.00
<b>C.L.O 3</b>	80	80	81	80	80.00
<b>C.L.O 4</b>	81	82	80	80	80.25
<b>C.L.O 5</b>	80	80	80	80	80.00
				<b>Mp</b>	80.05
				<b>Df</b>	80.00
				<b>V (altura)</b>	-0.06%

**Ensayo de contenido de humedad de los especímenes estabilizados - cantera 02 de la localidad los olivos**

**Contenido de humedad del espécimen al 0% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO EN ESTADO NATURAL (Wh)	PESO SECO HORNO (Ws)	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	302.30	297.16	1.73
C.L.O 2	2	307.00	296.90	3.40
C.L.O 3	2	311.4	294.30	5.81
C.L.O 4	2	301.50	295.00	2.20
C.L.O 5	2	302.32	291.86	3.58
<b>PROMEDIO</b>				<b>3.34</b>

**Contenido de humedad del espécimen al 3% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO EN ESTADO NATURAL (Wh)	PESO SECO HORNO (Ws)	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	300.89	291.98	3.05
C.L.O 2	2	301.45	290.84	3.65
C.L.O 3	2	303.1	290.55	4.32
C.L.O 4	2	302.67	291.46	3.85
C.L.O 5	2	301.72	290.37	3.91
<b>PROMEDIO</b>				<b>3.75</b>

**Contenido de humedad del espécimen al 6% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO EN ESTADO NATURAL (Wh)	PESO SECO HORNO (Ws)	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	303.23	291.15	4.15
C.L.O 2	2	301.8	293.12	2.96
C.L.O 3	2	304.11	293.06	3.77
C.L.O 4	2	310.35	292.76	6.01
C.L.O 5	2	304.57	293.54	3.76
<b>PROMEDIO</b>				<b>4.13</b>

**Contenido de humedad del espécimen al 9% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO EN ESTADO NATURAL (Wh)	PESO SECO HORNO (Ws)	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	302.24	289.11	4.54
C.L.O 2	2	301.56	290.78	3.71
C.L.O 3	2	304.13	289.7	4.98
C.L.O 4	2	302.21	289	4.57
C.L.O 5	2	300.62	288.52	4.19
<b>PROMEDIO</b>				<b>4.40</b>

**Contenido de humedad del espécimen al 12% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO EN ESTADO NATURAL (Wh)	PESO SECO HORNO (Ws)	CONTENIDO DE HUMEDAD (w)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	304.16	288.84	5.30
C.L.O 2	2	301.23	287.15	4.90
C.L.O 3	2	302.13	287.56	5.07
C.L.O 4	2	302.71	288.52	4.92
C.L.O 5	2	301.81	286.95	5.18
<b>PROMEDIO</b>				<b>5.07</b>

**Ensayo de contenido de humedecido y secado de los especímenes estabilizados - cantera 02 de la localidad los olivos**

**Contenido de humedecido y secado del espécimen al 0% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO DESPUES DEL 1° CICLO (W1)	PESO DESPUES DEL 5° CICLO (W5)	DESGASTE (D)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	0	0	100
C.L.O 2	2	0	0	100
C.L.O 3	2	0	0	100
C.L.O 4	2	0	0	100
C.L.O 5	2	0	0	100
<b>PROMEDIO</b>				100

**Contenido de humedecido y secado del espécimen al 3% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO DESPUES DEL 1° CICLO (W1)	PESO DESPUES DEL 5° CICLO (W5)	DESGASTE (D)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	9867.00	5670.30	42.53
C.L.O 2	2	9858.19	5675.28	42.43
C.L.O 3	2	9860.00	5671.40	42.48
C.L.O 4	2	9862.50	5669.95	42.51
C.L.O 5	2	9865.22	5674.98	42.47
<b>PROMEDIO</b>				<b>42.49</b>

**Contenido de humedecido y secado del espécimen al 6% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO DESPUES DEL 1° CICLO (W1)	PESO DESPUES DEL 5° CICLO (W5)	DESGASTE (D)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	10287.84	6470.93	37.10
C.L.O 2	2	10341.00	6470.12	37.43
C.L.O 3	2	10124.45	6473.66	36.06
C.L.O 4	2	10298.00	6471.34	37.16
C.L.O 5	2	10300.50	6472.85	37.16
<b>PROMEDIO</b>				<b>36.98</b>

**Contenido de humedecido y secado del espécimen al 9% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO DESPUES DEL 1° CICLO (W1)	PESO DESPUES DEL 5° CICLO (W5)	DESGASTE (D)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	10395.11	7181.68	30.91
C.L.O 2	2	10399.00	7132.00	31.42
C.L.O 3	2	10425.76	7252.41	30.44
C.L.O 4	2	10450.35	7135.32	31.72
C.L.O 5	2	10427.88	7232.83	30.64
<b>PROMEDIO</b>				<b>31.03</b>

**Contenido de humedecido y secado del espécimen al 9% cal y cemento**

ESPECIMEN N°	EDAD	PESO DESPUES DEL 1° CICLO (W1)	PESO DESPUES DEL 5° CICLO (W5)	DESGASTE (D)
	DIAS	gr	gr	%
C.L.O 1	2	10718.47	8285.43	22.70
C.L.O 2	2	10700.22	8266.60	22.74
C.L.O 3	2	10710.84	8235.96	23.11
C.L.O 4	2	10721.13	8244.71	23.10
C.L.O 5	2	10719.60	8200.77	23.50
<b>PROMEDIO</b>				<b>23.03</b>



## **Anexo 07**

**Resultado de los ensayos realizados, a las canteras 01, 02 y 03 en el laboratorio de mecánica de suelos de la USP - Huaraz**

- **Análisis Granulométrico por Tamizado**
- **Contenido de Humedad**
- **Equivalente de Arena**
- **Límites de Consistencia**
- **Resistencia a la Compresión de los Especímenes**



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

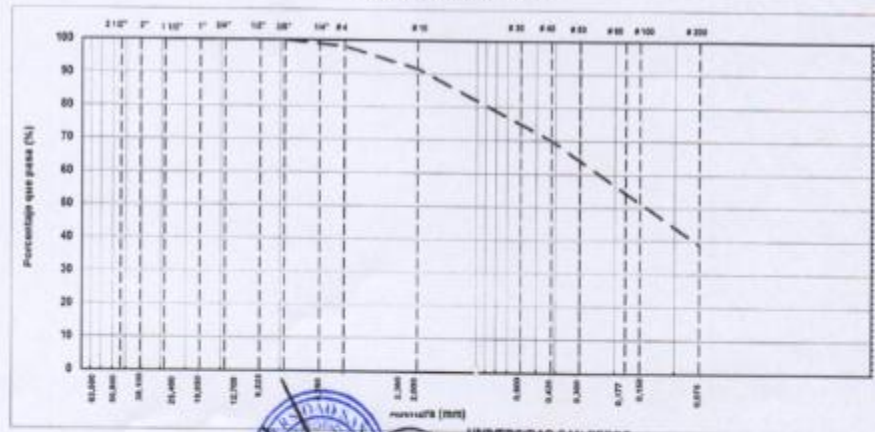
TEMS :	1	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz - 2017"
SOLICITA :		Bach. Garcia Huaynacachi, Alex Williams
ELEMENTO :		Suelos
CANTERA :		
PROG (KM) :		
		HECHO POR : LAB USP
		ING. RESP. : ING E.M.A
		FECHA : 09-jun-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA :	01		TAMANO MAXIMO :	1/4"
MUESTRA :	01	SUELOS	PESO INICIAL :	982.0 g
KM :			FRACCION LAVADA SECA :	364.0
PROFUND. :		1.80 MTS		

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	% QUE PASA	Nº 20	TRABAJO	
3 1/2"	89.0							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			%Peso Piedra: 1.9%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0			% Peso arena: 98.2%
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0			Límite Líquido (LL): 38.73
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0			Límite Plástico (LP): 26.11
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0			Índice Plástico (IP): 12.62
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasificación(SUCS): SM
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasifco (AASHTO): A-4 (1)
1/4"	6.325	0.0	0.0	0.0	100.0			% Humedad: 4.8%
# 4	4.750	18.0	1.8	1.8	98.2			
# 10	2.000	65.5	6.7	8.5	91.5			
# 15	1.180	81.0	8.2	14.7	85.3			
# 20	0.840	41.8	4.2	18.9	81.1			
# 30	0.600	31.0	3.2	24.1	75.9			
# 40	0.420	27.9	2.8	29.9	70.1			OBSERVACIONES :
# 50	0.300	20.5	2.1	36.0	64.0			
# 60	0.250	17.5	1.8	43.9	56.1			
# 75	0.200	12.0	1.2	55.9	44.1			
# 100	0.150	9.4	0.9	65.3	34.7			
# 200	0.075	3.8	0.4	79.1	20.9			
# N° 200	FONDO	364.0	38.9	100				
FRACCION		984.0						
TOTAL		982.0						

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
PAVIMENTOS  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio

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



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS	: "Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"				
SOLICITA	: Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams				
DISTRITO	: HUARAZ		HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA	: HUARAZ		FECHA 06/06/2017		
PROG (KM.)	:				
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	:	1			
MUESTRA	:	1			
PROF. (m)	:				
RESULTADOS					
N° TARRO		9	21	27	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	703.5	661.5	724.5	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	677.0	639.5	704.5	
PESO DE AGUA	(g)	26.5	22.0	20.0	
PESO DEL TARRO	(g)	167.6	167.7	166.6	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	509.4	471.8	537.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	5.2	4.7	3.7	
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	4.5			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
FUNDACIONES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA :	Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams		
ELEMENTO	Suelos	HECHO POR :	LAB_USP
CANTERA	:C-1	ING. RESP. :	E.M.A
PROG (KM.)		FECHA :	07/06/2017
EQUIVALENTE DE ARENA			
MUESTRA Nº	1	2	
HORA DE ENTRADA	16:17	17:32	
HORA DE SALIDA	16:27	17:44	
HORA DE ENTRADA	16:29	17:44	
HORA DE SALIDA	16:49	18:04	
ALTURA MAX. DEL MAT. FINO (CM. O Pulg.)	12.7	12.5	
ALTURA MAX. DE LA ARENA (CM O Pulg.)	1.8	1.9	
EQUIVALENTE DE ARENA	14.2	15.2	
<b>EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO</b>	<b>14.7</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>MUESTREADO :</b>			
<b>ANALIZADO :</b>			
<b>REVISADO :</b>			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
UNIFORMES SAN PEDRO  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116644  
JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

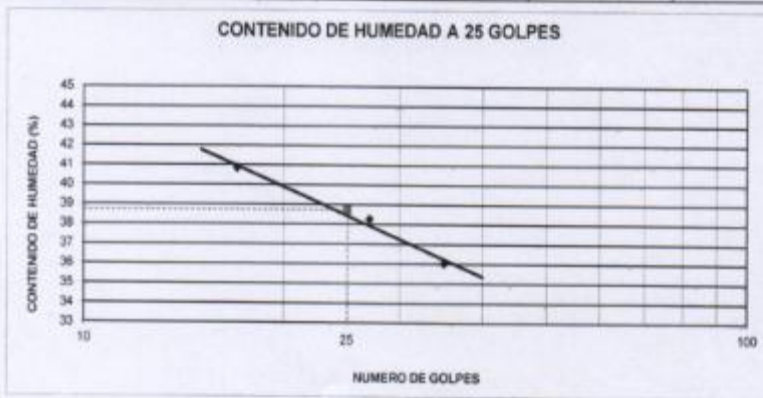
**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA:	Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO	USP
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA	08/05/2017
		FORMATO	-

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: N° 01		
MUESTRA	: N° 01	SUELOS	
PROF. (m)	: 1.60		

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		15	23	32
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		59.67	61.02	66.40
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		49.99	51.42	56.10
PESO DE AGUA (g)		9.69	9.60	10.30
PESO DEL TARRO (g)		26.25	26.33	27.34
PESO DEL SUELO SECO (g)		23.73	25.09	28.76
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		40.83	38.26	36.02
NUMERO DE GOLPES		17	27	35

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		4	25	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		30.23	24.56	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.49	23.79	
PESO DE AGUA (g)		0.74	0.77	
PESO DEL TARRO (g)		26.72	20.77	
PESO DEL SUELO SECO (g)		2.77	3.02	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		26.71	25.50	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	38.73
LIMITE PLASTICO	26.11
INDICE DE PLASTICIDAD	12.62



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



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

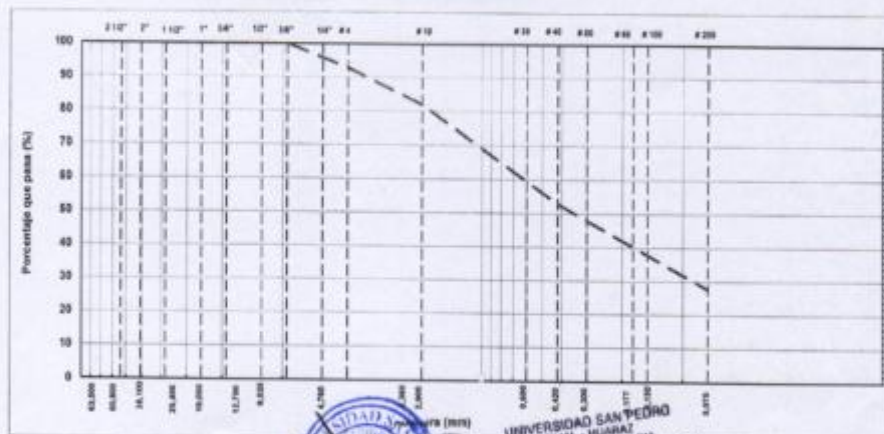
TESIS : "Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañilería de Adobe Sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"  
SOLICITA : Bach. García Huaynacachi, Alex Williams  
CANTERA : Sustus  
HECHO POR : LAB USP  
ING. RESP. : ING° E.M.A  
FECHA : 08-jun-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA : 02  
MUESTRA : 01 SUELOS  
PROPUND. : 1.00 MTS  
TAMANO MAXIMO : 1/4"  
PESO BRUTAL : 1,002.5 g  
FRACCION LAVADA SECA : 977.5

TAMIZ	AMBITO T.ET	PESO	FORCENTAL	RETENIDO	FORCENTAL	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	MM	RETENIDO	RETENIDO	AJUSTADO	% QUE PASA	USO B	TRABAJO	
3 1/2"	89.89							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			%Peso Piedra: 7.11%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0			% Peso arena: 92.9%
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0			Límite Líquido (LL): 31.87
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0			Límite Plástico (LP): 23.78
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0			Índice Plástico (IP): 7.9
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasificación(SUICS): SM
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0			Clasifc (AASHTO): A-2-4 (0)
1/4"	6.325	0.0	0.0	0.0	100.0			% Humedad: 3.8%
# 4	4.750	78.0	7.1	7.1	92.9			
# 10	2.000	115.0	10.9	18.1	81.9			
# 16	1.180	99.0	9.4	27.5	72.5			
# 20	0.840	66.8	6.2	33.7	66.3			
# 30	0.600	73.5	7.0	40.7	59.3			
# 40	0.420	88.5	8.5	47.2	52.8			OBSERVACIONES:
# 50	0.300	84.0	8.1	53.3	46.7			
# 60	0.177	43.5	4.1	57.4	42.6			
# 100	0.150	85.5	8.1	65.5	34.5			
# 200	0.075	73.0	6.9	72.4	27.6			
# Nº 200 FONDO		290.0	27.6	100				
FRACCION		977.5						
TOTAL		1,002.5						

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
IEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
<b>TESIS</b> : "Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"					
<b>SOLICITA</b> : Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams					
<b>DISTRITO</b> : HUARAZ			<b>HECHO EN</b> : USP -HUARAZ		
<b>PROVINCIA</b> : HUARAZ			<b>FECHA</b> : 08/06/2017		
<b>PROG. (KM.)</b> :					
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>CALICATA</b>	:	2			
<b>MUESTRA</b>	:	1			
<b>PROF. (m)</b>	:				
<b>Nº TARRO</b>		23	39	43	
<b>PESO TARRO + SUELO HUMEDO</b>	(g)	710.0	742.0	707.5	
<b>PESO TARRO + SUELO SECO</b>	(g)	678.5	710.0	679.5	
<b>PESO DE AGUA</b>	(g)	31.5	32.0	28.0	
<b>PESO DEL TARRO</b>	(g)	166.7	170.1	166.2	
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	(g)	511.8	539.9	513.3	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	6.2	5.9	5.5	
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	(%)	5.8			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENGENIERIA CIVIL  
*[Signature]*  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA :	Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams		
ELEMENTO :	Suelos	HECHO POR :	LAB_USP
CANTERA :	C-2	ING. RESP. :	E.M.A
PROG (KM.) :		FECHA :	07/06/2017
EQUIVALENTE DE ARENA			
MUESTRA N°	1	2	
HORA DE ENTRADA	17:10	17:12	
HORA DE SALIDA	17:20	17:22	
HORA DE ENTRADA	17:22	17:24	
HORA DE SALIDA	17:42	17:44	
ALTURA MAX. DEL MAT. FINO (CM. O Pulg.)	10.9	12.7	
ALTURA MAX. DE LA ARENA (CM O Pulg.)	2.1	2.5	
EQUIVALENTE DE ARENA	19.3	19.7	
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO	19.5		
OBSERVACIONES:			
MUESTREADO :			
ANALIZADO :			
REVISADO :			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PELÚ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
PROYECTOS DE MAQUINARIAS  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA:	Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO	USP
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA	08/06/2017
		FORMATO	-

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: N° 02		
MUESTRA	: N° 01 SUELOS		
PROF. (m)	: 1.00		

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		31	17	24
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		67.03	66.90	71.14
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		57.09	57.40	60.84
PESO DE AGUA (g)		9.94	9.50	10.30
PESO DEL TARRO (g)		26.63	26.95	26.52
PESO DEL SUELO SECO (g)		30.46	30.45	34.02
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		32.63	31.20	30.28
NUMERO DE GOLPES		18	27	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		7	18	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		25.12	30.05	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		25.37	29.92	
PESO DE AGUA (g)		0.75	0.73	
PESO DEL TARRO (g)		22.14	26.92	
PESO DEL SUELO SECO (g)		3.23	3.00	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		23.22	24.33	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	31.57
LIMITE PLASTICO	23.78
INDICE DE PLASTICIDAD	7.79



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



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

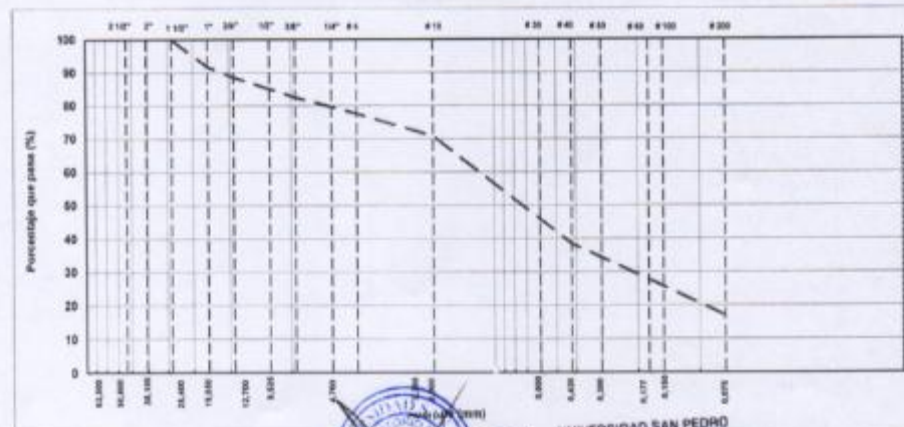
TESIS :	Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA :	Bach. Garcia Huaynacachi, Alex Williams		
ELEMENTO :	Suelos	HECHO POR :	LAB USP
CANTERA :		ING. RESP. :	ING° E.M.A
PROG.(KM.) :		FECHA :	06-jun-17

**DATOS DE LA MUESTRA**

CALICATA :	03	TAMANO MAXIMO :	1 1/2"
MUESTRA :	01 SUELOS	PESO INICIAL :	3.610.0 g
KM. :		FRACCION LAVADA SECA :	2.801.8
PROFUND. :	1.00 MTS		

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	(MM)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	N.QUE PASA	N.QUE PASA	TRABAJO	
3 1/2"	90.89							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			%Peso Piedra: 22.4%
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0			% Peso arena: 77.6%
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0			Límite Líquido (LL): 39.56
1"	25.400	399.9	8.3	8.3	91.7			Límite Plástico (LP): 30.35
3/4"	19.000	111.5	3.1	11.4	88.6			Índice Plástico (IP): 9.23
1/2"	12.700	180.8	4.2	15.6	84.4			Clasificación(SUCS): SM
3/8"	9.525	70.0	1.9	17.5	82.5			Clasif.(AASHTO): A-3-4 (9)
1/4"	6.325	106.6	2.9	20.4	79.6			% Humedad: 6.9%
# 4	4.750	71.2	2.0	22.4	77.6			
# 10	2.000	245.0	6.8	29.2	70.8			
# 15	1.190	176.0	4.9	34.0	66.0			
# 20	0.840	386.7	10.7	44.7	55.3			
# 30	0.600	325.0	9.0	53.7	46.3			OBSERVACIONES :
# 40	0.420	280.0	7.8	61.5	38.5			
# 50	0.300	147.0	4.1	65.6	34.4			
# 60	0.177	334.4	9.3	74.9	25.2			
# 100	0.150	216.0	6.0	80.9	19.1			
# 200	0.075	82.0	2.3	83.1	16.9			
< N° 200	FONDO	806.7	16.9	100				
FRACCION		2.801.8						
TOTAL		3.610.0						

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FISCAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
MATERIALES NATURALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
C.I.P. 11.654.4



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

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

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS				
TESIS	: "Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3%, 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"			
SOLICITA	: Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams			
DISTRITO	: HUARAZ	HECHO EN	: USP -HUARAZ	
PROVINCIA	: HUARAZ	FECHA	: 06/06/2017	
PROG (KM.)	:			
DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	:	3		
MUESTRA	:	1		
PROF. (m)	:			
N° TARRO		10	13	26
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	715.8	730.6	703.0
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	584.6	694.5	605.2
PESO DE AGUA	(g)	31.2	36.1	33.8
PESO DEL TARRO	(g)	109.6	165.8	165.6
PESO DEL SUELO SECO	(g)	514.8	528.7	503.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	6.1	6.8	6.7
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	6.5		



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





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**OBRA :** "Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"  
**SOLICITA :** Bach. García Huaynacaqui, Alex Williams  
**ELEMENTO :** Suelos **HECHO POR :** LAB. USP  
**CANTERA :** C-3 **ING. RESP. :** E.M.A  
**PROG (KM.) :** **FECHA :** 07/06/2017

**EQUIVALENTE DE ARENA**

MUESTRA Nº	1	2	
HORA DE ENTRADA	16:15	16:25	
HORA DE SALIDA	16:25	16:35	
HORA DE ENTRADA	16:27	16:37	
HORA DE SALIDA	16:47	16:57	
ALTURA MAX. DEL MAT. FINO (CM. O Pulg.)	8.7	10.3	
ALTURA MAX. DE LA ARENA (CM O Pulg.)	1.8	2.1	
EQUIVALENTE DE ARENA	20.7	20.4	
<b>EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO</b>	<b>20.5</b>		

**OBNSERVACIONES:**

**MUESTREADO :**  
**ANALIZADO :**  
**REVISADO :**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 PAVIMENTOS  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116044  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

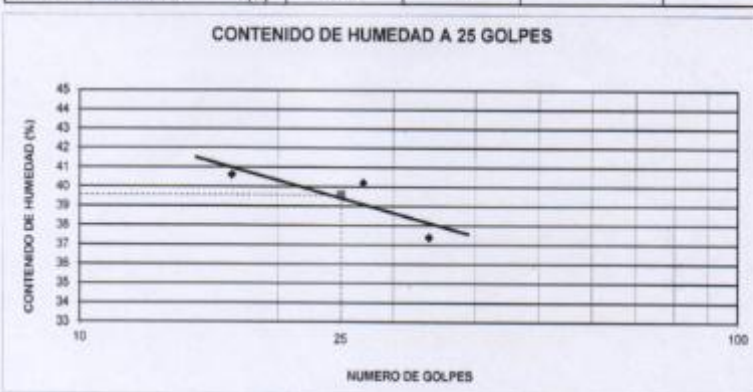
**LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA: AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"Resistencia a la Compresion de una Unidad de Albañileria de Adobe Sustituyendo el 3% 6%, 9% y 12% de Tierra por Cal y Cemento Tipo I, Localidad los Olivos - Dist. Huaraz -2017"		
SOLICITA:	Bach. Garcia Huaynacaqui, Alex Williams		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO:	USP
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA:	08/05/2017
		FORMATO:	-

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA :	N° 03		
MUESTRA :	N° 01	SUELOS	
PROF. (m) :	1.00		

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		4	17	23
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		62.16	60.74	66.42
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		51.81	51.05	55.62
PESO DE AGUA (g)		10.35	9.69	10.80
PESO DEL TARRO (g)		26.33	26.95	26.72
PESO DEL SUELO SECO (g)		25.48	24.10	28.90
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		40.62	40.21	37.37
NUMERO DE GOLPES		17	27	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		18	19	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		29.84	30.63	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.03	29.74	
PESO DE AGUA (g)		0.81	0.89	
PESO DEL TARRO (g)		26.25	26.92	
PESO DEL SUELO SECO (g)		2.78	2.82	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		29.14	31.56	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	29.56
LIMITE PLASTICO	33.35
INDICE DE PLASTICIDAD	3.23


  
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - PERU  
 INSTITUTO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 110544  
 JEFE

## RESISTENCIA A LA COMPRESION

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

<b>TESS</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNA UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE ADOBE SUSTITUYENDO EL 3%, 6%, 9% Y 12% DE TIERRA POR CAL Y CEMENTO PORTLAND TIPO I. DISTRITO DE HUARAZ - HUARAZ 2017
<b>UBICACIÓN</b>	LOCALIDAD DE LOS OLIVOS - HUARAZ
<b>VARIACION % CONCRETO</b>	0%
<b>ENSAYO PATRON</b>	28 DIAS
<b>TESTEA</b>	ALEX WILLIAM S GARCIA HUAYNAOALI

ESPECIMEN	FECHA		AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (Kg)	FUERZA (Kg-f)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	BOLEO				
C.O-01	26/03/2018	23/04/2018	102.44	1275.15	1150.00	11.23
C.O-02	26/03/2018	23/04/2018	101.99	1275.10	1143.00	11.21
C.O-03	26/03/2018	23/04/2018	102.36	1275.18	1176.00	11.45
C.O-04	26/03/2018	23/04/2018	103.02	1275.00	1133.00	11.00
C.O-05	26/03/2018	23/04/2018	101.67	1275.13	1179.00	11.57
<b>TOTAL</b>						56.45
<b>PROMEDIO%</b>						11.30



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





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
<b>TEMA</b>	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UNA UNIDAD DE ALSAFRERIA DE ADOBE, SUSTITUYENDO EL 3%, 6%, 9% Y 12% DE TIERRA POR CAL Y CEMENTO PORTLAND TIPO I DISTRITO DE HUARAZ - HUARAZ 2017	<b>TESISTA</b>	ALEX GARCIA HUAYNACAQUI
<b>UBICACION</b>	LOCALIDAD DE LOS OLIVOS - HUARAZ	<b>ING. RESP.</b>	
<b>VARIACION % CEMENTO</b>	0 %	<b>TEC. LAB.</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	4.30 %	<b>FECHA</b>	

ESPECIMEN	FECHA		EDAD DIAS	PESO (kg)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	FC (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA						
C.I.O - 01	07/08/2017	09/08/2017	28	10,450	15.18	30.14	457.53	33.61
C.I.O - 02	07/08/2017	09/08/2017	28	10,700	15.18	30.13	457.37	33.61
C.I.O - 03	07/08/2017	09/08/2017	28	10,590	15.17	30.14	457.22	33.60
C.I.O - 04	07/08/2017	09/08/2017	28	10,600	15.18	30.16	457.83	33.65
C.I.O - 05	07/08/2017	09/08/2017	28	10,520	15.20	30.13	457.88	33.66
<b>TOTAL</b>								168.14
<b>PROMEDIO</b>								33.63

**VARIACION % CEMENTO** 3 %  
**CONTENIDO DE HUMEDAD** 5.32 %

ESPECIMEN	FECHA		EDAD DIAS	PESO (kg)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	FC (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA						
C.I.O - 01	07/08/2017	09/08/2017	28	10,380	15.15	30.12	456.32	46.93
C.I.O - 02	07/08/2017	09/08/2017	28	10,590	15.15	30.12	456.32	46.90
C.I.O - 03	07/08/2017	09/08/2017	28	10,355	15.16	30.12	456.62	46.99
C.I.O - 04	07/08/2017	09/08/2017	28	10,390	15.15	30.11	456.17	46.85
C.I.O - 05	07/08/2017	09/08/2017	28	10,400	15.16	30.11	456.47	46.96
<b>TOTAL</b>								234.63
<b>PROMEDIO</b>								46.93

**VARIACION % CEMENTO** 6 %  
**CONTENIDO DE HUMEDAD** 6.06 %

ESPECIMEN	FECHA		EDAD DIAS	PESO (kg)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	FC (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA						
C.I.O - 01	07/08/2017	09/08/2017	28	10,300	15.13	30.10	455.41	56.09
C.I.O - 02	07/08/2017	09/08/2017	28	10,310	15.13	30.10	455.41	56.06
C.I.O - 03	07/08/2017	09/08/2017	28	10,307	15.12	30.09	454.96	55.78
C.I.O - 04	07/08/2017	09/08/2017	28	10,305	15.13	30.09	455.26	56.01
C.I.O - 05	07/08/2017	09/08/2017	28	10,309	15.13	30.10	455.41	56.09
<b>TOTAL</b>								280.03
<b>PROMEDIO</b>								56.01

**VARIACION % CEMENTO** 9 %  
**CONTENIDO DE HUMEDAD** 6.45 %

ESPECIMEN	FECHA		EDAD DIAS	PESO (kg)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	FC (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA						
C.I.O - 01	07/08/2017	09/08/2017	28	10,300	15.12	30.10	455.11	63.05
C.I.O - 02	07/08/2017	09/08/2017	28	10,298	15.11	30.10	454.81	62.95
C.I.O - 03	07/08/2017	09/08/2017	28	10,298	15.11	30.09	454.66	62.92
C.I.O - 04	07/08/2017	09/08/2017	28	10,304	15.12	30.10	455.11	63.01
C.I.O - 05	07/08/2017	09/08/2017	28	10,301	15.12	30.10	455.11	63.07
<b>TOTAL</b>								315.00
<b>PROMEDIO</b>								63.00

**VARIACION % CEMENTO** 12 %  
**CONTENIDO DE HUMEDAD** 7.03 %

ESPECIMEN	FECHA		EDAD DIAS	PESO (kg)	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	FC (kg/cm <sup>2</sup> )
	MOLDEO	ROTURA						
C.I.O - 01	07/08/2017	09/08/2017	28	10,290	15.11	30.10	454.81	73.43
C.I.O - 02	07/08/2017	09/08/2017	28	10,295	15.11	30.10	454.81	73.51
C.I.O - 03	07/08/2017	09/08/2017	28	10,290	15.12	30.09	454.90	73.40
C.I.O - 04	07/08/2017	09/08/2017	28	10,295	15.11	30.09	454.66	73.36
C.I.O - 05	07/08/2017	09/08/2017	28	10,297	15.12	30.10	455.11	73.60
<b>TOTAL</b>								367.35
<b>PROMEDIO</b>								73.47



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
HUARAZ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAJES DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 1165-44  
I.F.F.F.