



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA CENIZA Y CEMENTO EN EL  
ADOBE PARA MURO DE MAMPOSTERÍA SOBRE LA  
COMPRESIÓN Y DURABILIDAD, TRUJILLO 2018

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autora:**

Yeniffer Madaley Reyna Noriega

**Asesor:**

Ing. Iván Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2019

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a mi madre quien es mi guía, mi soporte e inspiración en cada objetivo, ella siempre me brindó su apoyo incondicional en este proceso de formación académica, pese a las situaciones adversas que se presentaron, su ayuda económica y sobretodo emocional hizo que se pudiera concretar una meta más.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos al Dios Jehová por brindarme salud y las fuerzas necesarias durante el proceso de elaboración de la tesis, a mi asesor Iván Vásquez por su apoyo constante, interés y gran paciencia; al grupo de investigación Acimat, por abrirme las puertas no solo a un grupo sino también a una familia, involucrándome continuamente en sus reuniones y eventos, agradezco al laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Trujillo y a los encargados del laboratorio por facilitarnos el acceso y disponibilidad de los equipos y herramientas empleadas durante todo este proceso.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN.....	3
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1 Realidad problemática.....	12
1.1.1 Antecedentes .....	19
1.1.2 Justificación.....	22
1.1.3 Tipos de muros.....	23
1.1.4 El adobe.....	25
1.1.5 Ceniza de hoja de caña de azúcar.....	35
1.1.6 Cemento portland.....	40
1.1.7 Agua .....	42
1.1.8 Reacción cemento y agua .....	42
1.1.9 Resistencia a la compresión de la unidad de adobe.....	43
1.2 Formulación del problema .....	43
1.3 Objetivos.....	43
1.4 Hipótesis.....	44
II. METODOLOGÍA .....	45
2.1 Tipo de investigación.....	45
2.2 Materiales, instrumentos y métodos .....	46
2.3. Procedimiento .....	47
III. RESULTADOS.....	73
3.1 Caracterización de materiales de construcción .....	73
3.2 Dosificación de materiales de construcción .....	79
3.3 Ensayos realizados .....	81
3.4 Análisis de costo de los materiales de construcción.....	84
3.5 Métodos estadísticos y procedimientos de análisis de datos.....	87
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	89
4.1 Discusión .....	89
4.2 Conclusiones .....	104
4.3 Recomendaciones .....	106
REFERENCIAS .....	107
ANEXOS.....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación según el color del suelo.....	30
Tabla 2. Clasificación según el valor del pH .....	31
Tabla 3. Conductividad eléctrica según tipo de suelo.....	32
Tabla 4. Rendimiento de caña de azúcar en países de América Latina.....	35
Tabla 5: Compuestos principales del cemento Portland.....	40
Tabla 6. Límites permisibles para agua mezcla .....	42
Tabla 7. Operacionalización de variables de la investigación.....	45
Tabla 8: Recolección y análisis de datos de los instrumentos .....	46
Tabla 9. Procedimiento experimental de la investigación.....	47
Tabla 10: Esquema del análisis granulométrico del suelo. ....	49
Tabla 11. Plantilla para el porcentaje de humedad .....	50
Tabla 12: Esquema de peso específico y absorción. ....	52
Tabla 13. Plantilla de toma de datos del límite plástico.....	52
Tabla 14. Plantilla de toma de datos del límite líquido.....	54
Tabla 15. Clasificación del rango de plasticidad del suelo.....	55
Tabla 16: Esquema de composición química de materiales. ....	57
Tabla 17. Plantilla de toma de datos de materia orgánica .....	58
Tabla 18. Dosificación al 9% de cemento en la mezcla suelo y ceniza.....	59
Tabla 19. Dosificación al 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza.....	59
Tabla 20. Tiempo de secado al 9% de cemento en la mezcla suelo y ceniza.....	61
Tabla 21. Tiempo de secado al 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza.....	61
Tabla 22. Toma de datos para resistencia a compresión en estado endurecido.....	62
Tabla 23. Toma de datos para resistencia a compresión en estado saturado.....	63
Tabla 24. Toma de datos para la durabilidad. ....	64
Tabla 25. Plantilla de Análisis de costos.....	72
Tabla 26. Análisis granulométrico del tipo de suelo .....	73
Tabla 27. Caracterización del suelo.....	73
Tabla 28. Análisis químico del agua y ceniza .....	74
Tabla 29. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado Natural .....	75
Tabla 30. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza .....	75
Tabla 31. Muestra ceniza malla N°200 .....	76
Tabla 32. Muestra suelo de chacra Malla N°200.....	76
Tabla 33. Dosificación suelo con porcentajes de ceniza .....	79
Tabla 34. Tiempo de secado del adobe al 9% de cemento .....	80
Tabla 35. Tiempo de secado del adobe al 12% de cemento .....	80
Tabla 36. Ensayo de resistencia en estado endurecido al 9% y 12% de adición de cemento ...	81

Tabla 37. Ensayo a la resistencia en estado saturado al 9% y 12% de adición de cemento .....	82
Tabla 38. Ensayo de durabilidad Suelo, ceniza y cemento 9% .....	83
Tabla 39. Ensayo de durabilidad Suelo, ceniza y cemento 12%.....	83
Tabla 40. Análisis de costos unitarios para recolección de ceniza. ....	84
Tabla 41. Análisis de costos unitarios para tamizado de ceniza. ....	84
Tabla 42. Costo total de la producción de ceniza.....	85
Tabla 43. Costo unitario de la producción de un adobe.....	86
Tabla 44. Precios de los adobes por zona. ....	86
Tabla 45. Precio del adobe estabilizado con ceniza y cemento.....	86
Tabla 46: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado endurecido.....	87
Tabla 47. Resumen del análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado saturado. ....	87
Tabla 48. Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad. ....	87
Tabla 49. Resultados de la prueba de normalidad. ....	88
Tabla 50. Diseño de mezcla de las materia primas. ....	95
Tabla 51. Ensayo de peso unitario a los materiales de construcción.....	95
Tabla 52. dosificación en proporciones de los materiales de construcción. ....	96
Tabla 53. Dosificación kilogramos convertidos a volúmenes. ....	96
Tabla 54. Contenido de Humedad – Tierra.....	110
Tabla 55 .Análisis granulométrico de la tierra muestra 1 .....	110
Tabla 56. Análisis granulométrico de la tierra muestra 2.....	111
Tabla 57. Composición de las muestras de la tierra.....	112
Tabla 58. Peso Especifico y Porcentaje de Absorción de la tierra.....	113
Tabla 59. Índice de Plasticidad de la tierra .....	114
Tabla 60. Ph y conductividad de las materias primas.....	115
Tabla 61. Muestra orgánica del suelo.....	116
Tabla 62. Muestra orgánica de la ceniza .....	116
Tabla 63. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado natural - muestra 1 .....	117
Tabla 64. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado natural - muestra 2 .....	118
Tabla 65. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza - muestra 1.....	119
Tabla 66. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza - muestra 2.....	119
Tabla 67. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 5 %.....	121
Tabla 68. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 10 %.....	121
Tabla 69. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 15 %.....	122
Tabla 70. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 20 %.....	122
Tabla 71. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 25 %.....	123
Tabla 72. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 30 %.....	123
Tabla 73. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 35 %.....	124
Tabla 74. Compresión de los adobes en estado endurecido al 9% de cemento .....	125

Tabla 75. Compresión de los adobes en estado endurecido al 12% de cemento .....	126
Tabla 76. Compresión de los adobes en estado saturado al 9% de cemento.....	127
Tabla 77. Compresión de los adobes en estado saturado al 12% de cemento.....	128
Tabla 78. Tiempo de secado de los adobes al 9% de cemento.....	129
Tabla 79. Tiempo de secado de los adobes al 12% de cemento.....	132
Tabla 80. Datos del F teórico según las variables.....	137
Tabla 81. La Normalidad de la hipótesis, resistencia en estado endurecido (SPSS) .....	137
Tabla 82. F experimental para la resistencia a compresión en estado endurecido .....	138
Tabla 83. Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para resistencia a compresión.....	138
Tabla 84: Análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado endurecido.....	141
Tabla 85. La Normalidad de la hipótesis, resistencia en estado saturado (SPSS).....	142
Tabla 86. F experimental para la resistencia a compresión en estado saturado .....	142
Tabla 87. Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para resistencia a compresión.....	143
Tabla 88: Análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado saturado. ....	145
Tabla 89. F experimental para la prueba de durabilidad.....	146
Tabla 90. Estimación de $Y_j$ y $Y_i$ para resistencia a compresión.....	147
Tabla 91: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad. ....	149
Tabla 92. Resumen del Cuadro de Normalidad de la hipótesis .....	150
Tabla 93. Tabla de salarios y beneficios sociales (Del 01/06/2018 al 31/05/2019).....	156
Tabla 94. Tabla de costo hora hombre (Del 01/06/2018 al 31/05/2019) .....	156

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bloque de tierra estabilizado.....	12
Figura 2. Las cenizas y sus enfermedades.....	14
Figura 3. Ceniza de la hoja de caña de azúcar.....	15
Figura 4. Participación Departamental en la Superficie Cosechada.....	16
Figura 5. Consecuencias del fenómeno Niño costero, Roma / Ascope.....	17
Figura 6. Consecuencias de la quema de caña de azúcar.....	18
Figura 7. Asentamiento Humano 17 de Marzo, Casa Grande.....	18
Figura 8. Triangulo de textura del suelo.....	28
Figura 9. Composición química del suelo.....	31
Figura 10 Comportamiento de la demanda a interna aparente de caña de azúcar.....	36
Figura 11. Fases del ciclo de cultivo.....	37
Figura 12. Quema artesanal de la caña de azúcar.....	38
Figura 13. Composición química de la ceniza de hoja de caña.....	39
Figura 14. Mapa satelital Suelo de chacra.....	48
Figura 15. Modelo de copa de Casagrande.....	53
Figura 16. Curva de fluidez, numero de golpes vs contenido de humedad.....	54
Figura 17. Simbología de los tipos de suelos.....	56
Figura 18. Ingreso de datos en programa SPSS.....	65
Figura 19. Ingreso de valores para porcentaje de ceniza.....	65
Figura 20. Ingreso de valores en vista de datos.....	66
Figura 21. Pasos a seguir para realizar una prueba de normalidad.....	66
Figura 22. Selección de la Normalidad según variables.....	67
Figura 23. Proceso para analizar una variable dependiente.....	67
Figura 24. Resultado de la significancia de Shapiro Wilk.....	67
Figura 25. Difractograma de la Muestra ceniza M200.....	77
Figura 26. Difractograma de la Muestra suelo- chacra M200.....	78
Figura 27. Curvas granulométricas del suelo.....	90
Figura 28. Curvas granulométricas de la ceniza en su estado natural.....	91
Figura 29. Curvas granulométricas por lavado de la ceniza.....	92
Figura 30. Tiempo de secado del adobe.....	97
Figura 31. Ensayo de compresión al adobe en estado endurecido.....	98
Figura 32. Ensayo de compresión al adobe en estado saturado.....	100
Figura 33. Ensayo de durabilidad al adobe a 7 días.....	102
Figura 34. Curvas granulométricas de la tierra.....	111
Figura 35. Limite Líquido de la tierra.....	115



Figura 36. Curvas granulométricas de la ceniza en su estado natural. ....	118
Figura 37. Curvas granulométricas por lavado de la ceniza. ....	120
Figura 38. Curvas granulométricas por lavado Suelo con porcentajes de ceniza .....	124
Figura 39. Secado y pérdida de peso al 9% de cemento .....	135
Figura 40. Secado y pérdida de peso al 12% de cemento .....	135
Figura 41. Contaminación de la empresa azucarera Casa Grande. ....	157
Figura 42. Recolección de la ceniza de la quema de caña de azúcar, Ascope. ....	157
Figura 43. Recolección de suelo de chacra del Trópico, Trujillo. ....	157
Figura 44. Tesista sacando los vacíos de la fiola con la muestra. ....	157
Figura 45. Ensayo de conductividad de la ceniza .....	157
Figura 46. Peso de los adobes para determinar el tiempo de secado. ....	157
Figura 47. Adobes al 9 y 12% de Cemento Taller de Ingeniera materiales.....	157
Figura 48. Desmolde del adobe de la investigación .....	157
Figura 49. Máquina para resistencia a compresión.....	157

## RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la ciudad de Trujillo, los ensayos se desarrollaron en el laboratorio de Ingeniería de materiales de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se determinó la influencia del suelo, ceniza y cemento en un adobe para muro de mampostería sobre la compresión y durabilidad; con el objetivo de poder brindar un adobe estabilizado como material constructivo. En Trujillo principalmente en las zonas rurales el adobe es el segundo material para la construcción de viviendas; con los últimos fenómenos naturales se ha demostrado que no tienen buena respuesta, ocasionando fallas, desprendimientos, colapsos y hasta pérdidas humanas, por no tener la suficiente resistencia a compresión y por no contar con una buena durabilidad ante agentes externos, con el adobe estabilizado en base a sustitución de porcentaje de material con ceniza, el costo de viviendas se plantea disminuir además de dar uso productivo a residuos contaminantes elaborando nuevos productos.

Se utilizó un diseño experimental, de muestreo probabilístico, la recolección de datos se realizó con la técnica de observación, para analizar los datos se empleó la inferencia estadística, elaborándose en total 198 especímenes.

Se obtuvo como mejor resultados la dosificación de suelo con sustitución de 20% de ceniza del peso total y la adición de 9% de cemento, obteniendo una resistencia a compresión de 11 kg/cm<sup>2</sup>, un valor aprobado por la norma E.080 donde menciona que la resistencia a compresión del adobe debe superar los 10kg/cm<sup>2</sup>.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the city of Trujillo, the tests were developed in the materials engineering laboratory of the National University of Trujillo, where the influence of soil, ash and cement on the adobe was determined for the wall of masonry about compression and durability; with the aim of being able to provide a stabilized adobe as a constructive material. In Trujillo, mainly in rural areas, adobe is the second material for housing construction; with the last natural phenomena that have shown that they do not have a good response, causing failures, landslides, collapses and until people do not have a good resistance and good resistance to external agents, with the stabilized adobe replacing a percentage of material with ash, the cost of the houses are reduced, in addition, of a productive use to polluting residues elaborating new products.

It is an experimental design, a probabilistic sampling, a data collection, an observation technique has been carried out, statistical information has been analyzed and a total of 198 specimens have been made.

The best results were the soil dosage with 20% ash replacement of the total weight and the addition of 9% cement, obtaining a compressive strength of 11 kg / cm<sup>2</sup>, a value approved by the E.080 standard where relates that the compressive strength of adobe must exceed 10kg / cm<sup>2</sup>.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En el siglo XXI donde se investiga alternativas sustentables de construcción, la mampostería de adobe vuelve a la cúspide como material que presenta propiedades excepcionales y ventajas únicas. La tercera parte de la población mundial vive en casas de tierra y ello no es casual. La tierra, como material, se encuentra distribuida, más o menos homogéneamente, en casi toda la corteza terrestre, es de muy fácil extracción, no requiere de un proceso tecnológico complejo para su conformación y su uso en la construcción emplea herramientas de mano sencillas. (Construcción con Adobe, 2016)



Figura 1. Bloque de tierra estabilizado (Estructuras Bioclimáticas Avanzadas, 2018)

La construcción en base a adobe hace que las estructuras de una vivienda sean flexibles en el momento de un sismo, y puedan adaptarse al movimiento brusco. Cuando hay una estructura rígida todo se viene abajo. (Martínez, 2016)

Según Blanco y Morales (2018) indica que existen dos tipos de adobes: los adobes que son bloques de barro producido a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre y los adobones que son adobes de mayores dimensiones y se les suelen añadir agregados o practicar cavidades para aligerar su peso.

En el noroeste argentino y en la zona cordillerana hasta Mendoza, son muchos los pueblitos con casas, haciendas, iglesias y conventos de más de trescientos años erigidos en adobe, y que se conservan luego de haber resistido terremotos y las inclemencias del tiempo. (Construcción con Adobe, 2016)

En México la mayoría de las viviendas humildes fueron construidas con adobe, es por ello, que su uso se ha asociado con la construcción de baja calidad y así, en la precipitada carrera por aprovechar los materiales y métodos de construcción modernos, aunado a las agresivas campañas publicitarias de las compañías cementeras a mediados del siglo pasado, su uso fue perdiéndose, sin embargo hoy en día esa percepción ha cambiado y en estos tiempos en que buscamos alternativas sustentables vuelve a tomar auge como un material cuyas propiedades son únicas y sus ventajas inigualables (Lewis, 2011)

En Sudamérica, los incas difundieron la técnica del adobe y la quincha (construcciones antisísmicas) a lo largo de toda la costa este, siendo la ciudad peruana de Chan Chan el mayor ejemplo realizado en barro “la ciudad de barro más grande de América”. (Gamarra y Galdós, 2014). Así como antiguamente elaboraban sus adobes con paja o quincha, el adobe con suelo estabilizado con cal, cemento, asfalto y eventualmente agua, son más resistentes y aptos, como material de construcción

El adobe es un material de construcción muy común en el Perú y en muchos países del mundo. Lamentablemente la mayoría de estos materiales no están preparados para resistir un terremoto. Los terremotos destruyen miles de casas de adobes y causan muerte y muchas lesiones a las personas que las habitan. En este sentido estas tragedias pueden ser evitadas construyendo viviendas con un diseño sismoresistente, para la construcción de este tipo de viviendas con estas cualidades, se debe tener criterio y respetar las normas constructivas con este tipo de material; en nuestro caso la norma E-080 del Reglamento Nacional de Edificaciones; utilizar algunos tipos de refuerzos como las mallas electrosoldadas o geomallas también ayudan a la edificación a tener un comportamiento sismoresistente. Sin embargo, actualmente en muchos casos no se respeta un adecuado proceso constructivo, o se ha prescindido de la asistencia técnica calificada, generando riesgos y accidentes en la seguridad y salud de las personas. (Gamarra Cotohuanca & Galdos Bautista, 2014) Desde la antigüedad, el hombre busca la forma de protegerse del ambiente, como arreglar su morada. Surgen así nuevos materiales para la construcción que son revolucionarios e innovadores (Hernández, 2011), tal es el caso de la ceniza de caña de azúcar como sustitución de tierra, reemplazando su peso en un determinado porcentaje.

Un gran volumen de residuos sólidos de tipo vegetal y agroindustrial se generan y acumulan en la naturaleza cada año, lo que acarrea consigo una serie de implicaciones negativas tanto en la salud humana como en el medio ambiente, desperdiciando, además, una fuente potencial de productos de alto valor agregado. La industria de la caña de Azúcar genera una parte importante de estos residuos. (Vidal V, Torres A, Mejía de G, y Gonzales S, 2013).



Figura 2. Las cenizas y sus enfermedades. (Botanical, 2018)

La producción nacional se ve reflejada dentro de dos departamentos los cuales son Lambayeque (33%) y La Libertad (44%). Aquí destaca el territorio del departamento de La Libertad donde se encuentran dos zonas de producción las cuales son Ascope y sus distritos de Casa Grande y Santiago de Cao con el 72% de la producción departamental y Trujillo con el 28%. En Casa Grande se encuentra la empresa Agroindustrial Casa Grande, en Cartavio la empresa azucarera Cartavio S.A.A. y Laredo la empresa Agroindustrial Laredo S. A. A las cuales son la mayores productora de azúcar en la libertad, y por ende la ceniza de la quema de la hoja de caña de azúcar (RPP, 2017)

Los estudios más recientes, indican que los materiales cementantes suplementarios crean cementos más resistentes ambientes agresivos, aunque se cambian sus propiedades mecánicas. El uso de la ceniza de caña de azúcar en cemento ha sido un material orgánico con potencial para algunas aplicaciones, comprobando por investigaciones de los diferentes países, como Brasil, Cuba, Alemania. (Hernández Jaén, 2011)

El aprovechamiento de todos los desechos de las industrias, se traducen en fomentar en reciclado todos sus residuos. Esto motiva investigaciones en materiales alternativos para sus posibles aplicaciones, como en este caso, para la construcción. (Hernández Jaén, 2011)

Según el Decreto legislativo de residuos sólidos N° 1278, en el país se tiene como primera finalidad la prevención o minimización de la generación de residuos sólidos en origen, frente a cualquier otra alternativa. En segundo lugar, respecto de los residuos generados, se prefiere la recuperación y la valorización material y energética de los residuos, entre las cuales se cuenta la reutilización, reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otras alternativas siempre que se garantice la protección de la salud y del medio ambiente.



Figura 3. Ceniza de la hoja de caña de azúcar, 2018

El uso de cenizas de bagazo de caña de azúcar como sustitución parcial del cemento en diversas aplicaciones en el campo de la ingeniería civil, con la ventaja adicional de producir dos efectos secundarios importantes y beneficiosos: (a) reducir el impacto medio ambiental que este residuo agroindustrial provoca en la naturaleza cuando es despejado y (b) disminuir el consumo de cemento y en consecuencia reducir significativamente las emisiones de CO<sup>2</sup> por tonelada de cemento producido. (Berenguer, Nogueira, Marden, Barreto, y Helene, 2018)

El uso de materiales puzolánicos como sustitución parcial del cemento en morteros y concretos trae consigo varias ventajas y la más importante está relacionada con la reducción de la emisión de CO<sup>2</sup> ya que para obtener estos materiales la demanda de energía es menor en comparación a la energía que envuelve el proceso de producción del clinker. (Berenguer, Nogueira Silva, Marden Torres, Barreto Monteiro, y Helene, 2018)

Investigaciones sobre la producción de morteros y concretos usando cenizas de bagazo de caña de azúcar como un material suplementario con propiedades cementosas (MCS) ya han demostrado ser un procedimiento eficiente sin pérdida de resistencia a compresión de las muestras probadas. (Berenguer, Nogueira Silva, Marden Torres, Barreto Monteiro, y Helene, 2018)



En la Localidad de Trujillo la calidad de los adobes es muy baja, por ende la albañilería de la misma también. Frente a desastres naturales no ofrecen la suficiencia resistencia y su estructura termina fallando de manera frágil esto debido a su deficiente fabricación y al mal uso de las técnicas de construcción. (Nureña, 2017)

En el Perú, la región costa es la principal zona productora con porcentajes que se distribuyen por departamentos para el año 2012, según se aprecia en la Figura N° 3. (MINAG, 2013).

En el distrito de casa grande, la empresa azucarera Casa grande SAC es la principal productora de caña de azúcar en la Libertad, la región costa es la principal zona productora con porcentajes que se distribuyen por departamentos para el año 2012, (MINAG, 2013)

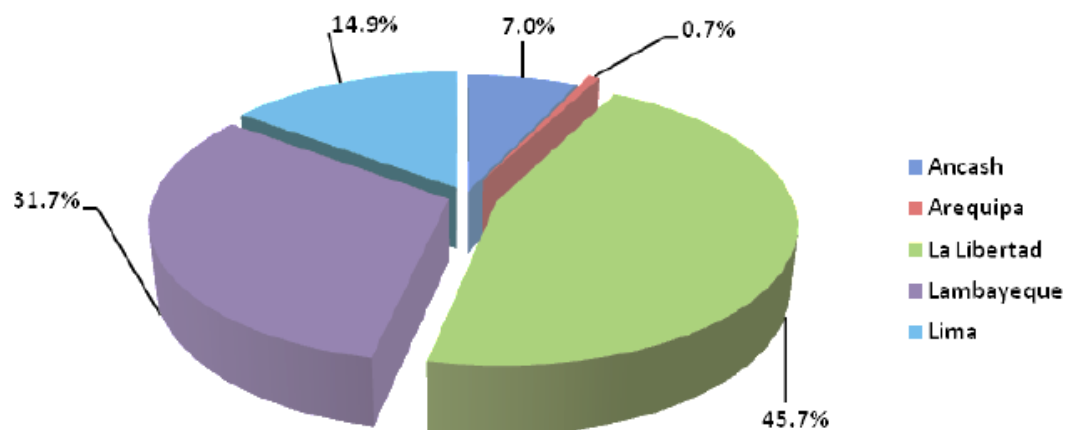


Figura 4. Participación Departamental en la Superficie Cosechada (%), Año 2012 (MINAG, 2013)

Esta producción de caña de azúcar conlleva a tener mucho cumulo de ceniza volátil debido a la gran cantidad de quema de caña de azúcar, para la consecuente producción de la azúcar, cabe resaltar que en los terrenos de las propiedades de la empresa en mención, se dejan a la intemperie los cúmulos de cenizas esparcida en los campos de cultivo, en la espera de recogerlos cuando la empresa lo disponga o consecuente al ser un material volátil se esparza por las localidades urbanas libremente y sin control.

Otra problemática que presenta el distrito de Ascope y todo el norte es el trágico fenómeno del niño costero, esto trajo consigo muchas pérdidas materiales, y según reportes de emergencia COEN (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional) las regiones norte del Perú son las más afectadas por las lluvias intensas. De acuerdo a su



informe se han visto afectadas 72800 personas y 17444 viviendas. Además hay 20 hectáreas de cultivo dañadas (RPP, 2017)

Debido a ello muchas personas de escasos recursos se han quedado desamparadas y expuestas a los cambios climáticos, puesto que no cuentan con medios económicos para poder levantar sus moradas con material noble o rustico.

Esta alternativa de elaboración de adobe con incorporación de ceniza y cemento principalmente puede brindar a la población de Casa Grande un material resistente a lluvias y humedad, a un bajo costo ya que el problema de contaminación de las cenizas de la quema de caña de azúcar se le puede dar un fin productivo que genere una solución para ahí mismo, aprovechando la disposición



Figura 5. Consecuencias del fenómeno Niño costero, Roma / Ascope, 2017



Figura 6. Consecuencia de la quema de caña de azúcar, ceniza volantes en la población, 2018



Figura 7. Asentamiento Humano 17 de Marzo, Casa Grande, 2018

### 1.1.1 Antecedentes

Jara Rodríguez y Palacios Ambrosio, (2015) con el fin de obtener el título de ingeniero civil realizaron la investigación "Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto" publicada por la Universidad Nacional de Santa, Perú; teniendo como objetivo determinar el porcentaje de ceniza utilizada en la elaboración de ladrillos para así lograr mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente. Indican en su investigación que la sustitución del cemento Portland por los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) utilizados (10%, 20% y 30%), no son los ideales para mejorar las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, pero que se obtuvo resultados similares a las unidades patrón con el uso del 10% de CBCA. Además mencionan que las unidades de albañilería con un 10% de CBCA ( $50.54 \text{ kg/cm}^2$ ) desarrolló una resistencia similar a las unidades patrón ( $54.55 \text{ kg/cm}^2$ ) y que la absorción de las unidades de albañilería aumenta proporcionalmente al aumento del porcentaje de CBCA, concluyendo en la investigación mencionada que las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería están determinadas en su mayoría por el proceso de su fabricación.

En el artículo de la revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil denominado "Experiencias sobre la utilización de materiales locales en la construcción de sistemas constructivos no convencionales (SCNC), Perú", el autor Arboccó (2012), tuvo como objetivo mejorar las construcciones con tierra, elaborando bloques de concretierra, empleando tierra impermeabilizada con aceite quemado de desecho, y estabilizada con un porcentaje de cemento menor al que emplearía el suelo cemento, para obtener mayor resistencia mecánica que este, construyó bloques de menores dimensiones mejorando así mismo su comportamiento sísmico.

La muestra sin adición a 7 días tiene una resistencia de  $15 \text{ kg/cm}^2$  sin duración en el agua por más de 10 min, el adobe con suelo y cemento una resistencia de  $17 \text{ kg/cm}^2$ , con una absorción de 14% a 24 horas de inmersión, el concretierra resiste  $24 \text{ kg/cm}^2$  y tiene una absorción de 4.6% a 24 horas bajo agua.

Esta investigación es relevante puesto que permitió establecer un nuevo ensayo, durabilidad, el cual no está estipulado en la norma E.080 (2006 y 2017) para el adobe sin embargo no deja de ser de vital importancia para la buena calidad que tiene que presentar como material de construcción.

Libreros y Henao Caicedo, (2015) realizaron la investigación “Evaluación de la Ceniza proveniente del Bagazo de Caña de Azúcar como material Cementante alternativo para la Elaboración de Morteros” publicada por la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia; esta investigación tuvo como objetivo evaluar la utilización de la ceniza del bagazo de caña de azúcar como reemplazo parcial del cemento portland en la elaboración de morteros con consistencia plástica ; hallando como resultado 21 MPa de resistencia a la compresión, la investigación en mención concluye que la ceniza de caña de azúcar son influyentes como material cementante alternativo. Esto ocasiona la disminución de costos en los materiales de construcción y la reducción de las emisiones de CO<sup>2</sup>. Las muestras fueron designadas con caracteres alfanuméricos dependiendo de su elaboración y el porcentaje de ceniza que les fue agregado al 10%, 20% y 30% dando bueno resultados de compresión 20.3 MPa, 21 MPa y 19.5 MPa respectivamente. Así pues, haciendo un análisis económico se determinó que con un 20% de ceniza en un proyecto típico, se puede reducir 2 sacos de cemento por metro cubico de mortero, ayudando económicamente y mejorando ambientalmente ya que se elimina grandes volúmenes de residuo que genera de por si la ceniza de caña de azúcar.

Rivera Torres, (2012) en su investigación “El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales” publicada por la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá; menciona que los sistemas estructurales presentes en edificaciones patrimoniales, equivalen a los sistemas constructivos tradicionales de mampostería en diversos materiales y que los materiales estructurales usados en la arquitectura religiosa, militar y civil del patrimonio construido suelen ser piedra natural y artificial (categoría en la que se cuenta la tierra cruda –adobe y tapia pisada–), mortero y madera. Además destaca que la tierra ‘cruda’ como material estructural, es la materia prima de la obra de fábrica o mampostería de centenares de templos, claustros, edificios civiles y militares, así como de cientos de ejemplares de arquitectura doméstica. Con ello se entiende que procedencia del material, en cada caso, está directamente relacionada con su emplazamiento (territorio) y la implantación del edificio en cuestión. Rivera concluye en que un adobe fabricado con proporciones adecuadas de sus componentes granulométricos y construidos con buena calidad en la mano de obra, donde se hayan cuidado las trabas, los aparejados, espesores de pega y un calafateo homogéneo va a presentar buena calidad.



Nureña Zavaleta, (2017 con el fin de obtener el grado académico de ingeniero realizó la investigación de tesis denominada "Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo", su objetivo fue evaluar la influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos en adobes constructivos sobre su resistencia a compresión en condiciones de equilibrio, saturadas con agua, y su durabilidad.

Sus porcentaje de cemento fueron de 0%, 3%, 6%, 9% y 12% del peso total del suelo, el tipo de suelo se consiguió al variar la arena y arcilla en 3 proporciones distintas: la primera entre 55 - 70% de arena y 45 - 30% de limos - arcilla, la segunda proporción de 50% de arena y 50% de limos – arcilla; y la tercera proporción de 75% de arena y 25% de limos – arcilla.

Las dimensiones del adobe referenciándose en la norma fueron de ancho alto 8.5 cm, 12.5 cm, y largo 21.5 cm. Los resultados más favorable de su investigación fue de la estabilización de 12% de cemento con una proporción de 75% de arena y 25% de limos – arcilla, con 48.2 kg/cm<sup>2</sup> por compresión en condiciones de equilibrio y 26 kg/cm<sup>2</sup> por compresión con saturación de agua por 24 horas. El tiempo de secado de los adobes fue de 27 días y sus pesos finales de los adobes fueron según su porcentaje de cemento, al 0% 4.035g, 3% 3.950g, 6% 4.100g, 9% 4080g y al 12% 4130g.

Además detalla su informe que la mejor combinación de tierra para un adobe sin la necesidad de usar el cemento como estabilizante es 50% de arena y 50% de limos - arcilla dando un valor de 26 kg/cm<sup>2</sup> en condiciones de equilibrio ya que en estado saturado se deshizo. Concluye que la adición de cemento como estabilizante mejora las resistencias mecánicas del adobe y su durabilidad a partir de un 6%.

Llaza Cruzado, (2018) en su investigación "Influencia de tipos de suelos y porcentajes de CaO en adobe prensado, sobre compresión, durabilidad y resistencia al agua en zonas rurales, Trujillo 2018 " con el propósito de obtener el grado de ingeniero, publicada por la Universidad Privada del Norte en Perú; concluye que el valor máximo de la resistencia a compresión en un adobe prensado es de 52.5 kg/cm<sup>2</sup> para el suelo "A" (100% limos – arcillas) con la adición al 4% de CaO, y para el suelo "B" (75% arena y 25% limos – arcillas) un máximo de 69.9 kg/cm<sup>2</sup> con el mismo porcentaje de CaO. Y que al ser sometidos al ensayo de durabilidad, fueron llevados al horno para después de 24 horas, consistiendo en aplicar una fuerza a compresión, pero después de ser sumergidos en agua. La óptima reacción que se tuvo en este ensayo fue del adobe con el suelo "B" con la adición del 4% de CaO, una resistencia de 40.1 kg/cm<sup>2</sup>, y con el tipo "A" con el mismo porcentaje de CaO resiste 36.3 kg/cm<sup>2</sup>, pasando los límites que indica la norma E.080\_2006 y 2017 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la Norma Técnica de Edificación E.080\_2006, del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el artículo 4 menciona que la unidad de adobe que la gradación del suelo debe estar aproximada a los porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. El adobe debe ser sólido y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor. En el artículo 8.1, describe que la resistencia mínima aceptable a compresión de la unidad debe ser de 12 kg/cm<sup>2</sup>. y en la norma actualizada E.080\_2017, hace hincapié al diseño y construcción con tierra reforzada, deben contar con cimientos sobre suelo firme. Especifica requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, el agua debe ser potable y limpia. Concreta a la vez que se debe ensayar el esfuerzo de rotura mínimo para medir la resistencia del material, donde la resistencia mínima que estipula la norma es de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.1.2 Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de conocer la problemática de Casa Grande en cuanto al tema de las cenizas a causa de la quema de la caña de azúcar, y en la búsqueda de posibles soluciones y prevenciones para que de esta manera los habitantes puedan dar uso a este abundante material utilizándolo en sus diseños de adobes para la edificación de sus propias viviendas.

Se plantea brindar una posible alternativa de solución a la problemática de las viviendas en beneficio social y ambiental, retomando la elaboración de adobes no estructurales para mampostería que consiste en utilizar tierra como materia prima, cemento y mezclarla con un aditivo en este caso las cenizas de cañas de azúcar permitiendo así lograr una alta resistencia a un bajo precio para utilizar como un material constructivo; llevando esto a permitir una respuesta a la población de más bajos recursos de la comunidad y reduciendo el retiro de suelo de sitio de la construcción hacia los depósitos, mejorando en gran medida la accesibilidad de más construcciones de viviendas de adobe resistentes a sismos.

Este proyecto pretende concienciar que el desarrollo de una ingeniería más sostenible es posible. La bioconstrucción es un campo amplio en el que se debe trabajar de forma constante para obtener nuevos logros. Esta tecnología es muy ambiciosa por su eficiencia energética y económica.

Se desarrolla una nueva pieza constructiva que elimina la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y utiliza niveles de compactación mínimos que incluso se pueden obtener por medio de estrujadoras manuales de ladrillos mediante un simple mecanismo. (Cabo, 2011)

La ceniza del bagazo de caña de azúcar se encuentra a disposición de la población de Casa grande, su acceso a obtener este material es libre, ello conlleva a ser factible la construcción de viviendas con adobes mejorados con ceniza y cemento.

Estos adobes aumentan la resistencia de un típico adobe artesanal, siendo el mayor porcentaje al 35% de ceniza sustituyendo al suelo y una adición de cemento de un 9% y 12% del peso total del adobe.

Los ensayos que se realizaron fueron de compresión y durabilidad, esto para ver el nivel de resistencia de cada adobe en sus distintos porcentajes. El ensayo de compresión se hace con la finalidad de determinar si las dosificaciones determinadas cumplirán con los requerimientos estipulados por la norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones donde menciona que debe superar los  $10\text{kg/cm}^2$ , para que se puedan considerarse aptos como material de construcción. El ensayo de durabilidad se plantea con el propósito de ver que tan durable o duradero será el nuevo material de construcción y si puede soportar el intemperismo, degradación y lluvias que se presenta en la localidad.

Las proporciones del cemento fueron en base a los porcentajes del trabajo de investigación "Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo." elaborada por el ingeniero Nureña Zavaleta, Juan Francisco, donde destaca que un adobe con adición de cemento al 9% y 12% son los que adquieren las más altas resistencias.

Con lo mencionado anteriormente se pretende dar una posible alternativa a la problemática de viviendas de interés social, retomando la elaboración de adobe que consiste en utilizar la tierra del sitio como materia prima y mezclarla con un aditivo que permita una alta resistencia a un bajo costo para aplicar como un material constructivo en comparación con un ladrillo macizo; entonces esto permite una respuesta a las poblaciones más marginadas de la comunidad y reduce el retiro de suelo de sitio de la construcción hacia los depósitos, posibilitando en gran medida su accesibilidad a la vivienda. (Esguerra, 2013)

### **1.1.3 Mampostería**

La mampostería es un sistema de construcción tradicional. Consiste en superponer rocas, ladrillos o bloques de material prefabricados, para la edificación de muros o paramentos. Los materiales uniformes o no, también llamados mampuestos, se disponen de forma manual y aparejada. Para su unión entre sí se emplea una mezcla de cemento o cal, con arena y agua.

## Tipos de muros

Según Martínez (2011), los muros se clasifican en 3 tipos:

1. **Muro de carga.** Su principal función es soportar las cargas grandes y sus probables consecuencias, puede manifestarse que es un elemento sometido a la compresión. Para este tipo de muro deben estudiarse las propiedades del material conscientemente para su análisis en trabajos mecánicos.
2. **Muro divisorio.** Este tipo de muro tiene como función básica aislar o separar, una estructura de otra, presentando características tales como acústicas, térmicas, impermeable, y resistencia a la fricción o impactos sobre naturales.
3. **Muro de contención.** Los muros de contención están sujetos a fricción constante puesto que deben de soportar empujes horizontales. Este tipo de muro es capaz de poder contener tanto tierra, agua o aire.

Por las formas de colocación de los muros pueden ser:

4. **Muro capuchino.** Suele ser utilizados como muro divisorios y son aquellos los cuales los tabiques se acomodan con su parte angosta.
5. **Muro al hilo.** Llamado así por ser un muro cuya disposición de elementos se hace en sentido longitudinal. Ya que presenta caras interiores y exteriores.
6. **Muro atizon.** Este tipo de muro es inverso al interior, puesto que los tabiques se colocan en forma transversal presentando también caras interiores y exteriores.
7. **Muro combinado.** Es la combinación de los tres anteriores.
8. **Muros huecos.** Este muro es utilizado como aislante porque la colocación de los tabiques forma huecos interiores. Este tipo de muro puede construirse al hilo, capuchino, atizon o combinado.
9. **Muro de adobe.** Para este tipo de muro es recomendable impermeabilizar previamente la superficie del cimiento con la finalidad de evitar que la humedad suba por el muro. Puede desplazarse a hilo o atizon siendo más conveniente el primer sistema puesto que se ahorra material y peso en el muro. Para ambos casos el alineamiento de los paños se logra con reventones y crucetas que indican espesores y direcciones del muro.
10. **Muro de piedra.** Para este tipo de muro se debe asegurar que la piedra empleada sea mayor de 30 cm libre de grietas o de deficiencia que disminuye su resistencia, teniendo que rechazarse, piedras redondas.



#### 1.1.4 El adobe.

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (Norma Técnica de Edificación, 2017)

El adobe, bloques construidos con suelo in situ, conformados por material dosificado con arcilla y arena, además, se le integra algún aditivo ya sea natural que mejore su comportamiento mecánico y de absorción de agua, a diferencia de un ladrillo macizo el proceso de elaboración es similar pero presenta variables que este mejora las propiedades mecánicas por la cocción en hornos y el suelo sea más clasificado para su elaboración, en cambio el adobe es producido por el suelo que se presenta en la zona donde se va a construir o a intervenir y su secado es a la intemperie (al aire libre). La construcción del adobe tiene que ser más apta para la construcción de viviendas y tiende a ser un material constructivo no estructural, esto corresponde a un material que funciona para construir muros divisorios entre las viviendas, pero es considerable porque puede disminuir costos en cada edificación. (Rubio, 2013).

En el texto Arquitectura en Barro, Vélez (2008) refiere que el adobe es un ladrillo hecho con barro que tiene tradicionalmente unos 25 x 35 x 10 cm, con un peso promedio de unos 5 kilos como muestra la figura 10. La mezcla ideal contiene un 20% de arcilla y un 80% de arena y varía de acuerdo al criterio constructivo. Estos materiales mezclados con agua, adquieren una forma fluida que permite moldearse en formas de madera con dimensiones citadas anteriormente. Cuando parte del agua se evapora, el adobe puede llegar a sostenerse o estabilizarse por sí mismo. Entonces se define la forma de este, completándose su secado al sol en áreas libres disponibles para tal fin conocido como "patios de secado". Después de varios días, para acelerar el secado, los adobes son movidos, apoyándose en una de sus caras laterales, hasta su completo secado.

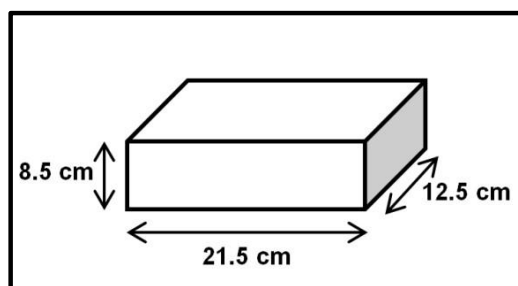


Figura 7. Dimensiones del adobe diseñado (Nureña, 2017)

#### 1.1.4.1 Proceso de elaboración del adobe

El proceso sigue manteniéndose a través del tiempo. El primer paso es la extracción del suelo, limpiando el material, retirando el material orgánico y todo tipo de impurezas. Luego se hace la clasificación de los suelos para ver si es un material adecuado por contener arcilla y que sea un suelo plástico, se determina con ensayos de laboratorio.

Acto seguido se hace una mezcla de tierra, agua, y aditivo a probar (para el caso ceniza y cemento). La masa resultante se vacía sobre un sector plano cubierta de arena donde previamente han sido instalados unos moldes de madera húmeda que se denominan "gaveras" o se compacta con una maquina específica para la elaboración de adobes o adoquines.

Una vez apisonado la masa en los moldes, se deja secar hasta que tome forma y se consolide. Si están suficientemente secos los adobes se reposa por las paredes laterales, se define: el canto, y para que tenga un secado por los dos lados más grandes que se define la tabla.

#### 1.1.4.2 Tamaños y tipos de adobes

Los moldes suelen tener unas dimensiones de 29 x 14 x 8 cm. los más grandes, y 20 x 14 x 8 cm. los más pequeños, según el molde y mejor comportamiento en las propiedades mecánicas en la construcción de la vivienda. Para el caso se tomaron las medidas de Nureña (2017), las cuales fueron de 25 x 35 x 10 cm.

Según Blanco y Morales (2018) indica que existen los siguientes tipos de adobes:

- a. **Adobes.** Bloque de barro producido a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre. Dimensiones comunes del adobe entero: 30 x 30 x 10 cm, 40 x 40 x 10 cm. Dimensiones del adobe la mitad: 14 x 30 x 10 cm, 19 x 40 x 10 cm.
- b. **Adobones.** Son adobes de mayores dimensiones, que siempre deben permitir la manipulación con una o dos manos. Se le suelen añadir agregados o practicar cavidades para aligerar su peso. La ventaja que se disminuye el tiempo de construcción al utilizar menor número de adobes. Dimensiones utilizadas en adobones: 15 x 24 x 34 cm, 50 x 60 x 10 cm.

Cuanto mayor sean las dimensiones, más importante será el que sean aligerados con paja.

#### 1.1.4.3 Adobe estabilizado

Es aquel adobe en el que se ha incorporado otros materiales como asfalto, cemento, cal, etc., con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.

Según Doat, Hays, Houben, Matuk y Vitoux (1990), las recomendaciones para el adobe estabilizado en Perú son:

- La resistencia a la compresión debe estar entre 17.6 a 14 kg/cm<sup>2</sup>.
- El módulo de rotura debe ser 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- La absorción de 2% o menos es excelente, entre 2 y 3% es bueno, entre 3 a 4% es aceptable y mayor a 4% ya es insuficiente.

#### 1.1.4.4 Componentes del adobe

##### A. Suelo

El suelo es la materia prima para la elaboración del bloque de adobe y mortero de barro, está compuesto por tres fases: mineral, gaseosa y líquida. La fase mineral la conforman partículas de diferentes tamaños como grava, arena, limo y arcilla. Las fases restantes, conformadas por gases y líquidos, ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Sánchez, 2010).

La tierra o suelo debe de ser limpia o libre de impurezas, y estar compuesta por una adecuada cantidad de arcilla y arena, la cual puede variar según la región en donde se elabore el adobe.

Según Aguilar (1988), los suelos constan de cuatro grandes componentes volumétricos: 45% materia mineral, 5% materia orgánica, 25% agua y 25% aire. Las cuatro clases más importantes de partículas inorgánicas son: grava, arena, limo y arcilla.

##### A.1. Clasificación del suelo

Se clasificación según en función de su granulometría. (Gonzales, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002, p.20, 22)

**Gravas**, con tamaño de grano entre unos 8-10cm y 2 mm, se caracteriza porque los granos son observables directamente, no retienen agua.

**Arenas**, con partículas entre 2 y 0.060mm, aún se pueden observar a simple vista. Al mezclarse con agua no se logra formar agregados continuos, separándose fácilmente.



Tabla 1. Clases textuales del suelo (FAO, 2009)

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Textura gruesa	86 - 100	0 - 14	0 - 10	Arenoso	Suelos
	70 - 86	0 - 30	0 - 15	Arenoso franco	arenosos
Textura moderadamente gruesa	50 - 70	0 - 50	0 - 20	Franco arenoso	
Textura media	23 - 52	28 - 50	07-27	Franco arenoso	
	20 - 50	74 - 88	0 - 27	Franco limoso	Suelos
	0 - 20	88 - 100	0 - 12	Limoso	francos
Textura moderadamente fina	20 - 45	15 - 52	27 - 40	Franco arcilloso	
	45 - 80	0 - 28	20 - 35	Franco arenoso arcilloso	
	0 - 20	40 - 73	27 - 40	Franco limoso arcilloso	
Textura fina	46 - 65	0 - 20	35 - 55	Arcilloso arenoso	Suelos
	0 - 20	40 - 60	40 - 60	Arcilloso limoso	arcillosos
	0 - 45	0 - 40	40 - 100	Arcilloso	

**b.1 Textura Arenosa.** Es un suelo con las características del suelo arenoso.

**b.2 Textura Franco-Arenosa.** Es un suelo que presenta bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas. (Carrascal, 2016)

**b.3 Textura Franco.** Es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cuantitativos, de los tres separados textuales. Es blando o friable, que se desmenuza fácilmente, además de bastante suave y ligeramente plástico.

**b.4 Textura Franco-Arcillosa.** Es un suelo que presenta bastante arcilla pero que cuenta también con limo y arena. Presenta mayor cohesión.

**b.5 Textura Arcillosa.** Constituye un suelo de textura fina que usualmente forma terrones duros quebradizos en estado seco y es muy plástico y pegajoso al mojarse.

Se utilizan numerosos tipos de diagramas (circulares, de barras) para hallar el tipo de suelo según su textura, pero el más empleado es el triángulo de texturas o Diagrama textural.

### c. La estructura del suelo

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen los siguientes suelos: suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques) y granular (en granos).

**d. La consistencia del suelo**

Se refiere a la resistencia para la deformación o ruptura. Según la resistencia el suelo puede ser suelto, suave, duro y muy duro.

**e. El color del suelo**

Se refiere al peso por volumen del suelo, y está en relación a la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y menos denso será el suelo. Depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad.

Tabla 1. Clasificación según el color del suelo (Peruecologico, 2018)

<b>Color del suelo</b>	<b>El contenido indica</b>
Rojo	Óxidos de fierro y manganeso
Amarillo	Fierro hidratado
Blanco o gris	Presencia de cuarzo, yeso y caolín
Negro o marrón	Materia orgánica.

➤ **Propiedades químicas**

Suelo	P.15		P.16		P.17	
Horizontes	Ah	Ah	Ah	Ah	Ah	Ah
Muestras	29	30	31	32	33	34
SiO <sub>2</sub>	35.23	36.90	37.55	35.94	36.96	40.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34.70	32.36	31.92	29.91	30.85	28.62
MgO	5.49	7.64	5.58	9.19	6.83	5.60
K <sub>2</sub> O	2.88	3.50	4.32	3.04	2.69	6.12
FeO+Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.68	15.05	14.98	18.49	16.36	15.45
TiO <sub>2</sub>	1.85	-	1.84	2.94	2.66	1.66
CaO	-	0.81	-	-	1.48	-
Cl	0.27	-	0.34	0.32	0.41	0.29
P	2.61	2.36	1.86	-	1.33	1.08
S	0.92	1.16	-	-	-	0.46
MnO	0.29	-	0.23	-	0.24	-
Na <sub>2</sub> O	-	-	1.38	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	0.38

Figura 9. Composición química del suelo (Massanet, Costa, Barba y Barba, 2011)

**a. pH**

El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementan, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 6.5 son ácidos, valores superiores a 6.5 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales. (Ibáñez, 2018)

Los pH altos en el suelo son indicadores de la presencia de sales solubles. En la mayoría de suelos el valor de pH está comprendido entre 4.5 y 10.

Podemos clasificar los suelos según su grado de acidez en los siguientes tipos:

Tabla 2. Clasificación según su pH

<b>Extremadamente ácido</b>	<b>pH &lt; 4.5</b>
<b>Fuertemente ácido</b>	4.5 < pH < 5.5
<b>Medianamente ácido</b>	5.6 < pH < 6.0
<b>Ligeramente ácido</b>	6.1 < pH < 6.5
<b>Neutro</b>	6.6 > pH < 7.3
<b>Medianamente básico</b>	7.4 < pH < 7.8
<b>Básico</b>	7.9 > pH > 8.4
<b>Ligeramente alcalino</b>	8.5 < pH < 9.0
<b>Alcalino</b>	9.1 < pH < 10.0
<b>Fuertemente alcalino</b>	pH > 10.0

### b. Conductividad eléctrica de un suelo

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia.

Es la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo. La conductividad eléctrica de una solución es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en esa solución. (Infoagro, 2018)

En la tabla 5 se clasifica el tipo de suelo según su salinidad al relacionarlo con la conductividad eléctrica.

El contenido salino de una solución se conoce midiendo la conductividad eléctrica de la solución, mediante la fórmula:

$$ST = 0.64.CE, \text{ y se expresa en gramos/litro de solución (g/l)}$$

La conductividad eléctrica comúnmente su unidad de medición es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm).

Tabla 3. Conductividad eléctrica según tipo de suelo

Tipo de suelo (dS/m)	Conductividad eléctrica
Suelo normal	< 2
Suelo salino	> 2
Salinidad ligera	2 - 4
Salinidad mediana	4 - 8
Salinidad fuerte	8 - 16
Salinidad extrema	> 16

### c. Sólidos totales suspendidos

Es la cantidad de sólidos que el agua conserva en suspensión después de 10 minutos de asentamiento. Se mide en ppm. El Decreto 475 del Ministerio de Salud establece que para agua potable los sólidos totales deberán ser inferiores a 5000 ppm, sin especificar si son solamente los sólidos totales suspendidos o si incluyen los sólidos disueltos totales. (Calderón, 2018)



#### **1.1.4.5 La degradación del adobe**

Morales (2018), refiere que el principal daño del adobe es la degradación, la desintegración y el deterioro del propio material, las principales causas de degradación del adobe son el agua y humedad (llevando a la desorganización de los componentes de la arcilla y a la creación de sales), los factores biológicos y las tensiones mecánicas.

##### **a. Agua y humedad**

El agua y la humedad (humedad ascendente desde el suelo, agua de lluvia, un trabajo incorrecto del artesano y otros problemas en la estructura, constituyen las principales causas de deterioro del material y de los aditivos orgánicos. La desintegración del material de adobe es el proceso en el que la tierra que lo forma pierde cohesión por la existencia de agua y humedad. La humedad y el agua llenan sus poros y las partículas de tierra pierden cohesión/conexión entre ellas y el material se pulveriza. Además debido a la presencia de agua, la paja utilizada en los adobes se pudre, se hincha, se seca y se pulveriza. (Morales, 2018)

El proceso que origina el daño es la penetración del agua en el material. La humedad que entra en la pared causa evaporación o creación de cristales de sal. La creación de estos cristales causa la pérdida de las fuerzas de cohesión, desintegra el material y aumenta el tamaño de los poros, llevando a la pulverización del adobe

Cuando la humedad se seca, se forman sales residuales. La creación de estas sales aumenta el tamaño de los poros (hinchándose) creando una presión adicional en el poro que causa la pérdida de las fuerzas de cohesión/conexión y se desarrolla una fisuración interna.

Los daños causados por el agua y la humedad pueden observarse más frecuentemente en la base de la pared, cuando la piedra base está baja. El procedimiento de deterioro del adobe continúa mientras la humedad continúe saliendo.

En el área donde el basamento de piedra es significativamente alto, el agua puede penetrar dentro de la pared por las grietas, causadas por fallos estructurales o por carga externa. En algunos casos las grietas se desarrollan en los puntos de pudrición de componentes de la madera. En estos casos el proceso de daño opera sólo a corto plazo (período de lluvias), al contrario que el continuo proceso de daño de la parte más baja de la pared, especialmente en las piedras base. (Morales, 2018)

El deterioro debido al agua puede también ser observado en la parte superior de la pared, donde la estructura termina y se encuentran varios materiales (piedra, adobe, madera y yeso). Las grietas empiezan a desarrollarse en el área debido al diferente coeficiente de

expansión de varios materiales así como también a prácticas incorrectas, y también a la variación de temperatura y a la humedad. La parte superior de la pared está normalmente protegida con una protección del techo. Cuando esta protección falla, el agua penetra la estructura por las grietas y los materiales se degradan, siguiendo el mismo proceso descrito antes.

#### **b. Factores biológicos**

A veces los pájaros escarban en la pared para crear sus nidos, exponiendo el interior de la pared a las condiciones de erosión.

Cuando el yeso se cae, los agujeros de los pequeñas clavos de madera (utilizadas para una mejor cohesión entre el yeso y el adobe) proporcionan espacios para insectos y pájaros para construir sus nidos y también para el crecimiento de vegetación, causando grietas internas. (Morales, 2018)

#### **c. Problemas mecánicos**

Las grietas aparecen cuando la tensión supera la máxima resistencia. Las causas de las grietas son movimientos horizontales de la pared, la inclinación de la pared, y los desplazamientos de apoyo. Los movimientos horizontales suceden cuando hay un terremoto, vibraciones del suelo, o un fuerte viento, debido a las presiones de la tierra o al agua por las excesivas deformaciones del suelo o la estructura del techo. La separación de las grietas se agrava por la pobre conexión en las esquinas. Las grietas también son originadas por desplomes. Algunas de las causas son los movimientos horizontales por fuerzas aplicadas o desplazamientos o deformaciones de las plantas. Otros problemas estructurales de las paredes de adobe son los abombamientos, hundimientos o desplomes de la pared. (Morales, 2018).

### 1.1.5 Ceniza de hoja de caña de azúcar

#### 1.1.5.1 Producción de la caña de azúcar

Los países de Latinoamérica en su mayoría siembran la caña de azúcar para la producción de azúcar. Los principales productores de la lista son Brasil, Guatemala, Colombia y encabezando la lista Perú. (Chávez, 2017)

Los rendimientos promedio de producción para los principales productores de la región se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 4. Rendimiento de caña de azúcar en países de américa latina (FAO, 2014)

País	Ton/h
Perú	126.05
Guatemala	103.68
Colombia	94.33
México	74.39
Ecuador	72.89
Brasil	70.63
Argentina	63.63
Venezuela	62.65
R. Dominicana	47.47
Cuba	43.92

La caña de azúcar es originaria de la India y fue introducido al Perú por los españoles. Fue uno de los principales productos exportados antes de 1990, y abarcó aproximadamente 117 mil has. Actualmente sólo representa el 3.6 % de VBP, el 2.4% del empleo y las exportaciones. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015)

La caña de azúcar en el Perú se cultiva en la costa, selva y valles interandinos. Sin embargo, es en la costa donde se localiza la mayor área sembrada, debido a que presenta condiciones climáticas y edáficas únicas, que permite sembrar y cosechar durante todo el año, y obtener rendimientos excepcionales (Jara y Palacios, 2015)

### 1.1.5.2 Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A.

La Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A. está abocada a la siembra y procesamiento de caña de azúcar y comercialización de productos derivados de la caña, como el azúcar, alcohol, melaza y bagazo. Casa Grande está ubicada a 50 km al norte de Trujillo y a 600 km al norte de Lima, en la provincia de Ascope, departamento de La Libertad. Casa Grande posee una propiedad de 29 383 hectáreas, de las cuales 20 000 pueden ser destinadas para el cultivo de caña de azúcar y el área restante para otros fines. El río Chicama es la principal fuente de riego de Casa Grande, el cual descarga en el terreno 400 millones de metros cúbicos al año. (Gloria, 2018)

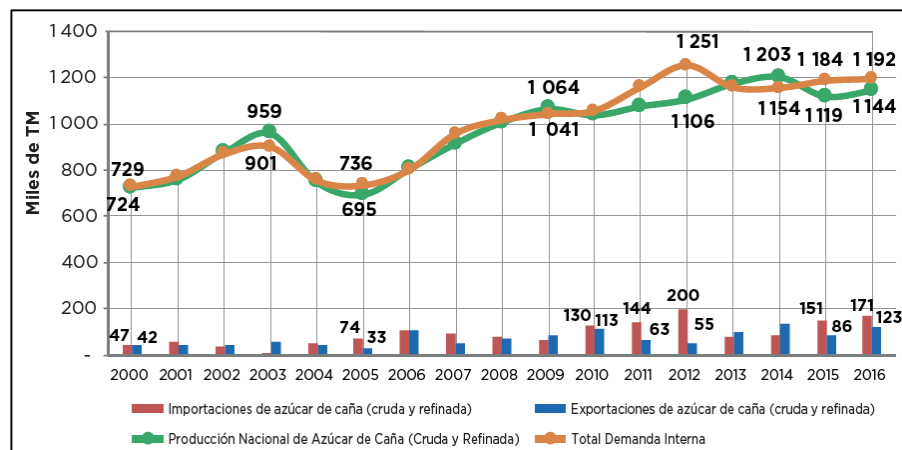


Figura 10. Perú, Comportamiento de la demanda a interna aparente de caña de azúcar (SUNAT, 2017)

La caña de azúcar se requiere de un aproximado de 320 días, desde la instalación del cultivo. (CONADESUCA, 2015)

Según la última actualización al año 2018, Sugarcane indica que la caña de azúcar tiene cuatro fases de crecimiento las que se señalan a continuación:

➤ **Fase de establecimiento, germinación.** (30 días aproximadamente).

Incluye la germinación y la emergencia, ya sea en plantación (plantillas) o en rebrote (soca y resoca), de los cuales, crecerán nuevos tallos.

➤ **Fase de ahijamiento.** (50 días aproximadamente).

Aquí se da la formativa o reposo fisiológico; el buen ahijamiento es importante para lograr una población adecuada de cañas, esta fase le brinda al cultivo un buen número de tallos lo cual permite obtener un buen rendimiento.

➤ **Fase de crecimiento rápido.**(180 días aproximadamente)

Esta es la fase primordial del cultivo, ya que ahí se determina la formación, el tamaño verdadero de la caña y su rendimiento.

➤ **Fase de maduración y cosecha.** (60 días aproximadamente)

Durante esta fase ocurre la síntesis de azúcar, con una rápida acumulación de azúcar y el crecimiento vegetativo disminuye.

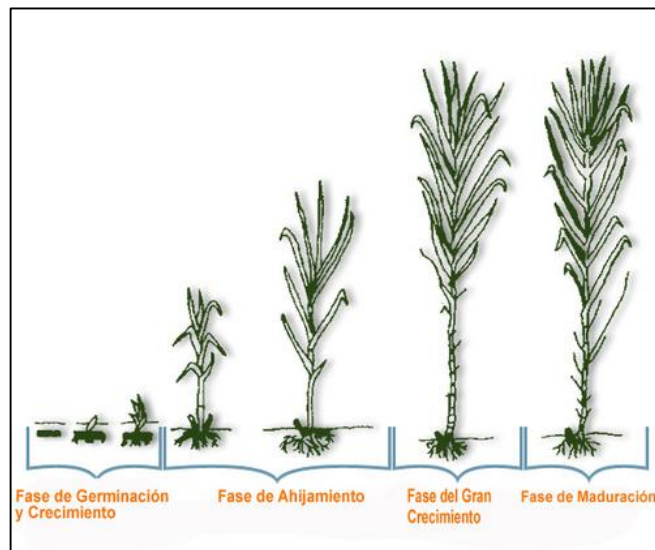


Figura 11. Fases del ciclo de cultivo. (SUGARCANE, 2018)

### 1.1.5.3 Obtención de Ceniza de la hoja de caña de azúcar

#### La cosecha tradicional de la caña de azúcar

La cosecha de la caña de azúcar en la mayoría de países se realiza con una previa quema de las plantaciones, con lo cual se trata de facilitar la cosecha manual pues se eliminan residuos vegetales, malezas y ciertos animales riesgosos para los cortadores de la caña. (Caballero y Sáenz, 2017)

La finalidad inmediata de la quema de la caña de azúcar previa al corte, consiste en eliminar hojas secas o paja y a su vez disminuir el costo de mano de obra en la recolección.



Figura 12. Quema artesanal de la caña de azúcar

En todo el mundo se realiza la quema de la planta a fin de facilitar su cosecha manual, con excepción de algunas regiones cañeras como Cuba, Australia, Sudáfrica y algunos lugares de Brasil.

Según Caballero y Sáenz (2017), La quema de la caña de azúcar es una práctica generalizada y considerada necesaria, y su investigación menciona que la quema de la caña de azúcar genera contaminación en la atmósfera, el no quemar por completo la caña de azúcar produce monóxido de carbono (CO), gas altamente tóxico que va deteriorando la capa de ozono y permitiendo la entrada directa de los rayos ultravioletas, por ende dicha práctica atenta con la calidad del aire.

La quema de caña de azúcar genera la emisión de partículas en el ambiente lo cual es un factor que ocasiona el aumento de enfermedades respiratorias tales como de tipo asmática y bronquial.

Al quemar la caña de azúcar en el suelo ocasiona que este mismo pierda nitrógeno lo cual empobrece los terrenos y acaba con la materia orgánica que necesitan las plantas. Destruye la superficie donde se encuentra la lombriz de tierra, cuya importancia radica en que esta facilita la penetración del agua evitando inundaciones.

#### 1.1.5.4 Características de la ceniza de hoja de caña de azúcar

##### a. Composición química

Por medio del ensayo químico por difracción de Rayos X .Se determinó el contenido de sílice amorfa el cual se presenta en la Figura. (Guzmán, 2011)

Composición química de la ceniza de hoja de caña.  
*Chemical composition of sugar cane straw ash.*

Componente / Component	%
K <sub>2</sub> O	3.00
Na <sub>2</sub> O	0.11
CaO	6.00
MgO	2.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60
SiO <sub>2</sub>	81.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.70
TiO <sub>2</sub>	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.10
SO <sub>3</sub>	1.40
MnO	0.08
ZnO	0.03

Figura 13.Composición química de la ceniza de hoja de caña (Guzmán, 2011)

### 1.1.6 Cemento Portland

El cemento es el elemento principal del concreto y es el cemento Portland el más usado en la fabricación del concreto. El cemento es un compuesto de alúmina, cal y sílice, pulverizado finalmente y con adición posterior de yeso sin calcinar y agua. Los componentes fundamentales del cemento son: aluminato tricálcico, silicato dicálcico, ferroaluminato tricálcico y el silicato tricálcico. De los cementos naturales y artificiales, son estos últimos los que más se han generalizado, por su mejor control y su mayor uniformidad (Pérez, 2010).

#### 1.1.6.1 Composición química del cemento

Mamlouk y Zaniewki (2009) afirman: “Los materiales en bruto utilizados para fabricar el cemento portland son la cal, la sílice, el aluminio y el óxido de hierro. Estos materiales en bruto interactúan en el horno principal formando compuestos químicos complejos” (p.212).

La calcinación en el horno reestructura la composición molecular, produciendo cuatro componentes principales que se muestran en la tabla.

Tabla 5: Compuestos principales del cemento Portland

Nombre del compuesto	Formula química	Formula común	Rango usual en peso (%)
Silicato tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$	40-50
Silicato dicalcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$	24-40
Aluminio tricalcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$	4-11
Ferroaluminato tetracalcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$	8-9

Fuente: Mamlouk y Zaniewski, 2009

$\text{aC}_3\text{S}$  y  $\text{C}_2\text{S}$  al hidratarse, proporcionan las características deseadas del hormigón. El óxido de aluminio y el hierro, que producen el  $\text{C}_3\text{A}$  y  $\text{C}_4\text{AF}$ , se incluyen con los otros materiales en bruto para reducir la temperatura requerida para generar  $\text{C}_3\text{S}$ ; esta temperatura se reduce de  $2000^\circ\text{C}$  a  $1350^\circ\text{C}$  ( $3500^\circ\text{F}$  a  $2500^\circ\text{F}$ ). Esto permite ahorrar energía y reduce el coste de producción del cemento portland. (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.212)



### 1.1.6.2 Tipos de Cemento Portland

A continuación se describe los cinco tipos estándar de cemento portland (Tipos I a V).

**Tipo I - Normal:** “Trabajo general con hormigón cuando no sean necesarias las propiedades de los otros tipos. Adecuado para suelos, estructuras de hormigón reforzado, pavimentos, etc” (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.225).

**Tipo II – Resistencia moderada a los sulfatos:** protección frente a una exposición moderada a los sulfatos, de 0.1 – 0.2% de peso de sulfatos solubles en agua en suelos o 150-1.500ppm de sulfatos en agua (agua amarina). Puede especificarse con un calor moderado de hidratación, lo que le hace adecuado para grande muelles, grandes contrafuertes y muros de contención. El moderado calor de hidratación también es ventajoso a la hora de colocar hormigón en regiones cálidas. (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.225)

**Tipo III – Alta resistencia inicial:** utilizado para la construcción rápida cuando es necesario eliminar encofrados lo más deprisa posible, o cuando haya de poner en servicio la estructura lo antes posible. En ambientes fríos reduce el tiempo requerido para una curación controlada. (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.225)

**Tipo IV – Bajo calor de hidratación,** se utiliza cuando la masa de la estructura, como en el caso de las presas de gran tamaño, requiera un control cuidadoso del calor de hidratación. (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.225)

**Tipo V – Alta resistencia a los sulfatos:** protección frente a una exposición severa sulfatos, de entre 0.2-2.0% de peso de sulfatos solubles en agua para suelos, o de 1500-10,800 ppm de sulfatos en agua. (Mamlouk y Zaniewski, 2009, p.225)

### 1.1.7 Agua

Carcedo (2012), menciona: “Que el agua es fundamental en el proceso de las reacciones químicas que en unión con los estabilizantes logran que la tierra gane plasticidad, básicamente mediante su absorción por parte de la arcilla”. (p.25).

La humedad óptima del bloque de tierra es la que consiga una mayor densidad del bloque. En el tiempo de secado de la pieza a la sombra, el agua poco a poco desaparecerá haciendo que las reacciones químicas se produzcan en el interior de la pieza. (Carcedo, 2012, p.25)

Tabla 6. Límites permisibles para agua mezcla (Carcedo, 2012)

Parámetro	Límite máximo permisible
Ph	6,5 – 8,5
Conductividad (dS/cm)	1.5

### 1.1.8 Reacción cemento y agua

LafargeHolcim (2018), menciona que el cemento tiene compuestos que son inestables y ello genera que al agregar el agua cambie su forma. El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir una sustancia que mezclada con agua, forma una pasta. el agua que se utiliza en la mezcla reacciona químicamente con el resto de los óxidos metálicos que sirven de base al cemento. El resultado tras unas horas de reacción es otro compuesto (calciosilicatos hidratados C-S-H) que no puede reblandecerse añadiendo más agua, pues ya ha reaccionado químicamente. Esta pasta al tener contacto con el aire se endurece y una vez endurecido completamente, mantiene su condición incluso bajo el agua. No pudiendo volver nunca a su condición de polvo.

Químicamente, el proceso de hidratación del cemento portland consiste en una serie de reacciones que ocurren entre los minerales individuales del Clinker, el sulfato de calcio y el agua, las cuales suceden de manera simultánea a diferentes velocidades. El proceso de proceso depende de: la velocidad de disolución de las fases involucradas. La velocidad de nucleación y el crecimiento de los cristales de los hidratados a formarse y la velocidad de difusión del agua y la disolución de los iones a través del material hidratado ya formado. (Castillo, 2015, p.17)

### **1.1.9 Resistencia a la compresión de la unidad de adobe**

Se define como su capacidad de soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas adquiriendo deformaciones sin llegar a romperse. Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, se presentan fuerzas resistentes en las fibras del cuerpo que se denominan fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior de un cuerpo a una fuerza externa. Así que cuando se usa el término esfuerzo, se refiere a la magnitud de la fuerza por unidad de área. De tal forma, que la resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas. (Ríos, 2010, p.37)

El esfuerzo de compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen.

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe. (Ríos, 2010, p.37)

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 3 adobes, definiéndose la resistencia última ( $f_o$ ) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas. Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de fo mínimo aceptable de 12 kg/cm<sup>2</sup>. (Rios,2010,p.38)

### **1.1.10 Durabilidad en adobes**

Según Cid (2012), afirma: “La durabilidad de los materiales se puede subdividir en tres tipos: durabilidad física, química y biológica. La primera se debe a un deterioro causado procesos físicos como agua, agua de lluvia, abrasión; la segunda se debe a un deterioro producido por reacciones químicas. Mientras que la durabilidad biológica se debe a un deterioro causado por una descomposición orgánica” (p.43).

La causa predominante de pérdida de funcionalidad en paredes de tierra es debido a la pérdida de material en la superficie debido a la erosión por agua de lluvia (ataque físico) (Kerali, 2005).

## **1.2 Formulación del problema**

¿En qué medida influye la ceniza y cemento en un adobe para muro de mampostería sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2018?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar la influencia de la ceniza y cemento en un adobe para muro de mampostería sobre la compresión y durabilidad.

### 1.3.2 Objetivo Específicos

- Determinar la máxima resistencia a compresión en estado endurecido y en estado saturado de un adobe con variaciones de porcentaje de cemento ,tipo de suelo y ceniza
- Realizar un estudio del comportamiento físico del adobe de acuerdo a los porcentajes de ceniza incluidos.
- Evaluar la estabilidad del adobe en condiciones de saturación en agua de manera estática.
- Determinar el tiempo de secado de cada adobe elaborado con distintos porcentajes de ceniza, suelo y cemento.
- Elaborar un análisis estadístico para verificar si las variables independientes influyen en las variables dependientes.
- Analizar económicamente la elaboración de adobes estabilizados y adobes artesanales.

## 1.4 Hipótesis

### 1.4.1 Hipótesis general

La ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora la compresión y durabilidad, Trujillo 2018.

### 1.4.2 Hipótesis Específicas

- El incremento de mayor porcentaje de cemento hará que el adobe tenga mayor resistencia en estado endurecido y en estado saturado.
- El comportamiento físico – mecánico promedio de los adobes con adición de cemento y sustitución de ceniza al suelo cumplirán con la resistencia mínima permisible dada por el RNE E.080\_2006.
- En condiciones de saturación en agua de manera estática, el adobe con porcentajes de cemento 9% y 12%, con adición de porcentajes de sustitución de ceniza darán una mejor respuesta de durabilidad frente a un adobe normal.
- El adobe más rentable económicamente será el resultante de una mejor composición granulométrica del suelo.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

El presente estudio de investigación es experimental, porque se basa en la elaboración de adobes con distintos porcentajes de cemento y la sustitución parcial del suelo con diferente porcentajes de cenizas lo cual permitirá incrementar la resistencia a compresión en estado endurecido, resistencia a compresión en saturado y durabilidad.

Tipo experimental puro, ya que se controla y limita la cantidad de porcentaje de cemento, ceniza y suelo que se empleará para elaborar los adobes.

El diseño de la investigación es experimental bifactorial, en el diseño se manipulan deliberadamente una o más variables independientes, las cuales serán evaluadas en varias condiciones y determinar con la estimulación de la variable dependiente una mejora, se muestran las variables en la tabla.

Tabla 7. Operacionalización de variables

		Variables independientes					
C: Dosificación Cemento : Suelo - cenizas	C1	B: Dosificación Cemento : Suelo- cenizas	b1	a1'b1c1	a1'		
			b2	a2'b2c1	a2'		
			b3	a3'b3c1	a3'		
			b4	a4'b4c1	a4'		a'
			b5	a5'b5c1	a5'		
			b6	a6'b6c1	a6'		
			b7	a7'b7c1	a7'		
	C2	B: Dosificación Suelo	b1	a1'b1c2	a1''		
			b2	a2'b2c2	a2''		
			b3	a3'b3c2	a3''		
			b4	a4'b4c2	a4''		a''
			b5	a5'b5c2	a5''		
			b6	a6'b6c2	a6''		
			b7	a7'b7c2	a7''		
Variables dependiente							
Compresión en estado endurecido (kg/cm <sup>2</sup> )							
Compresión en estado saturado (kg/cm <sup>2</sup> )							
Durabilidad (%)							

## 2.2 Materiales, instrumentos y métodos

### Técnica de recolección y análisis de datos

Tabla 8: Recolección y análisis de datos de los instrumentos

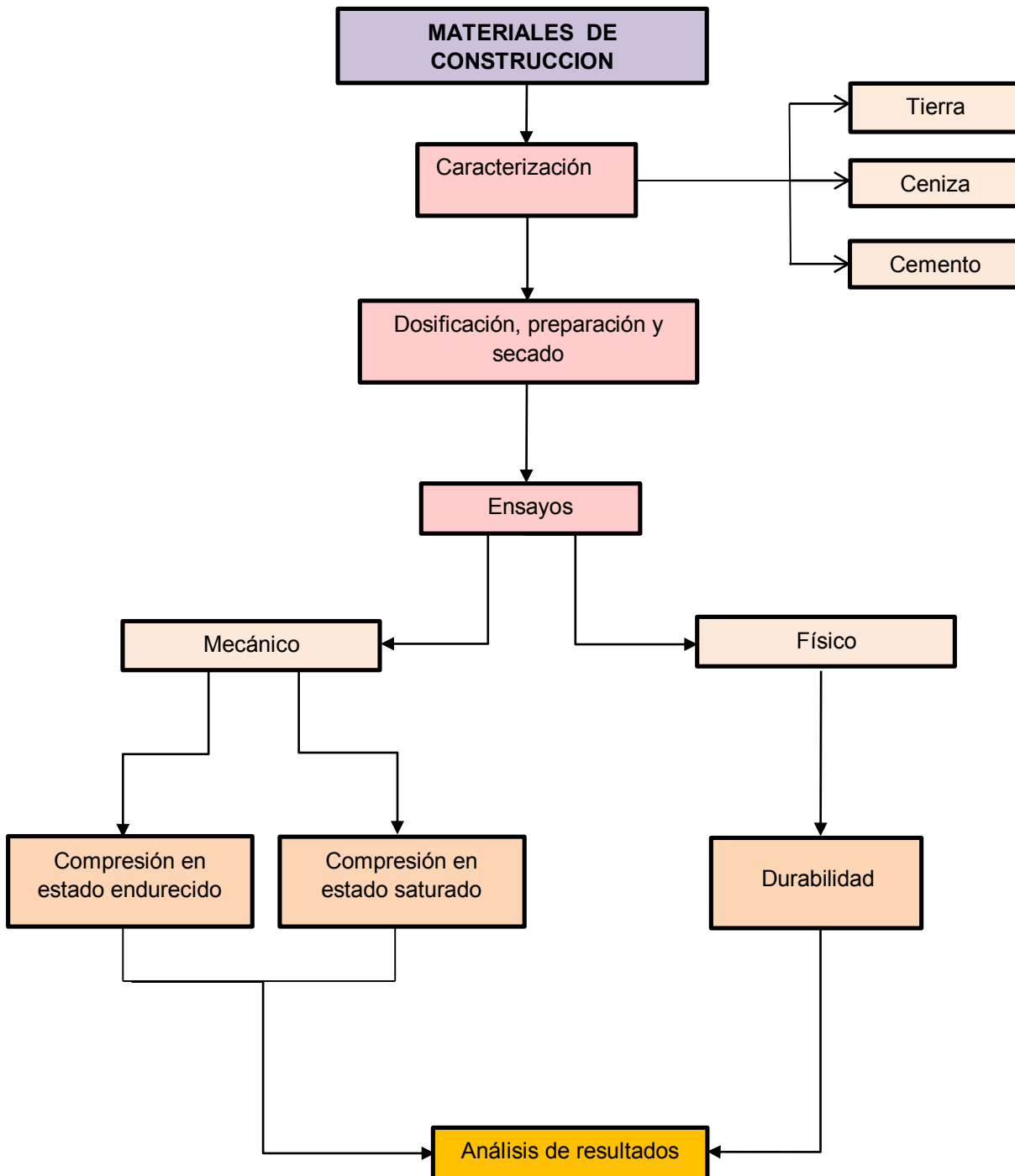
Técnicas	Instrumentos
Observación	Hojas de Observación
Análisis de Datos	Gráficos Estadísticos

Se tomó la técnica de observación, de manera que apreciaremos mediante la vista el cambio que presentaran los adobes sometidos al ensayo de compresión en estado endurecido y saturado; posteriormente el ensayo de durabilidad.

Se utilizaron graficas estadísticas para visualizar los resultados de los ensayos de manera que se pueda comparar el comportamiento de los adobes y así obtener un análisis detallado, tales como histogramas, grafico de pastel, diagrama de frecuencia.

### 2.3. Procedimiento

**Tabla 9. Procedimiento experimental**

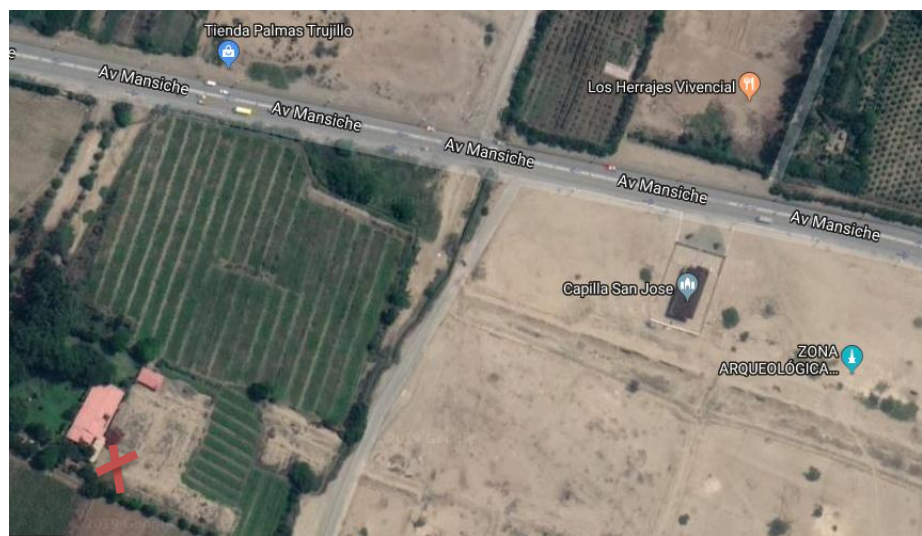


## A. Materiales de construcción

### Tierra, ceniza y cemento

- Para la elaboración de la investigación se buscó una tierra que pueda tener trabajabilidad para la elaboración de los adobes, y por sugerencia del asesor con experiencia en estudio de suelo se recomendó obtener el material ubicado en el Trópico, carretera Huanchaco, distrito de Trujillo; no es recomendable utilizar la tierra correspondiente a la capa superficial del terreno debido a que el exceso de la materia orgánica afecta la hidratación del estabilizante.

Figura 14. Mapa satelital Suelo de chacra



- La ceniza de la quema de caña de azúcar se obtuvo de terrenos de la empresa Casa Grande, la cual genera estos cúmulos de ceniza y los deja a la intemperie de la carretera dirección Gasñape, a distancia de Roma de 20min, provincia Ascope.
- El cemento se obtuvo de Maestro ubicado en la ciudad de Trujillo, Av. América Sur 1451.
- En cuanto al Agua, se utilizó el agua potable de la universidad nacional de Trujillo.



## B. Caracterización

### b.1 Análisis físicos

#### b.1.1 Granulometría (NTP 400.012/ASTM C136)

- Se pesan los tamices que serán usados (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Fondo).
- Se inicia pesando 500g de muestra, el cual se repetirá para 3 ensayos granulométricos.
- Se procede a ubicar los tamices en orden descendente, desde el diámetro mayor hacia el menor (N°4 hasta la N°200), para después hacer el tamizado manual por un intervalo de tiempo de 5 minutos.
- Seguido de haber tamizado manualmente, se realizó el pesado de cada uno de los tamices con la muestra en una balanza con precisión de 0.1 gramos, obteniendo como resultado el peso retenido.
- Este proceso se repite para las siguientes 2 muestras, finalmente se hallará el módulo de finura de dicho agregado, el cual deberá cumplir con el rango de la NTP 400.018 y ASTM C33.

$$M.F. =$$

$$\frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en los tamices } N^{\circ} 4,8,16,30,50,100)}{100}$$

...Ec 1

Tabla 10: Esquema del análisis granulométrico del suelo.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
N°4	4.750						
N°8	2.360						
N°16	1.180						
N°40	0.600						
N°50	0.300						
N°100	0.150						
N°200	0.075						
Fondo	< 0,075						

Asimismo, para el cálculo del % Retenido, % Retenido acumulado y % Que pasa, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{P. \text{retenido}}{P. \text{sumatoria}} \times 100$$

...Ec 2

$$\% \text{ Ret. acum.} = \left[ \sum \% \text{ Ret.} \right] + \text{anterior}$$

...Ec 3

$$\% \text{ Que pasa} = [100 - \% \text{ Ret. acum.}]$$

...Ec 4

### b.1.2 Contenido de humedad (MTC E 108)

- Se toma el peso de 3 recipientes donde ira la muestra, la cual será de 100 gramos aproximadamente, tanto para agregado fino y grueso.
- En una balanza analítica se pesa cada recipiente con la muestra y se toma lectura del peso (Ph).
- Seguidamente se procede a colocar los recipientes con muestras al horno eléctrico a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, para después tomar lectura del valor (Ps).

$$\%W = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

... Ec 5

Dónde:

%W: Porcentaje de humedad

Ph: Peso en estado natural de la muestra.

Ps: Peso seco de la muestra.

Tabla 11. Plantilla para el porcentaje de humedad

Material	Código	Peso de la tara (g)	Peso de la tara + muestra natural (g)	Peso de la tara + muestra seca (g)	Peso de la muestra natural (g) <b>P<sub>n</sub></b>	Peso de la muestra seca (g) <b>P<sub>s</sub></b>	Humedad (%) <b>W</b>
Muestra	M1						
	M2						
	M3						
						Promedio	

### b.1.3 Densidad aparente y absorción (NTP 400.022/ASTM C128)

- Se pesa la fiola o picnómetro (M), se llena la fiola con agua hasta la marcación de 500 ml (B), se bota el agua y se llena con la muestra del ensayo del cono y se toma el peso del mismo (N), seguidamente se lleva la fiola con la muestra más agua a la cámara de vacíos por 15 minutos y así poder eliminar las burbujas y tomar su peso (C).
- Finalmente se deposita en una bandeja el material eliminando la mayor parte del agua para llevarlo a la estufa por 24h a una temperatura de 100 ° C. Para así obtener el peso de la muestra seca en el horno (A). Determinando con las siguientes formulas el peso específico y absorción.

$$Densidad\ Seca = \frac{A}{B + S - C} \quad \dots Ec.6$$

$$Densidad\ Saturada\ Superficialmente\ Seca\ (S.S.S) = \frac{S}{B + S - C} \quad \dots Ec.7$$

$$Densidad\ Aparente = \frac{A}{B + A - C} \quad \dots Ec.8$$

$$Absorción\ (\%) = \left(\frac{S - A}{A}\right) \times 100\ (\%) \quad \dots Ec.9$$

Dónde:

M= Peso de la fiola

B= Peso de la fiola + agua (g)

N= Peso de la fiola + muestra (g)

C=Peso de la fiola + agua + muestra (g)

A=Peso de la muestra seca al horno (g)

S=N-M=Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)

Tabla 12: Esquema de peso específico y absorción.

Material	Código	Peso de la muestra seca al horno (g) <b>A</b>	Peso fiola (g) <b>M</b>	Peso de fiola + agua (g) <b>B</b>	Peso de fiola + muestra (S.S.S.) (g) <b>N</b>	Peso de fiola + agua + muestra (S.S.S.) (g) <b>"C"</b>	Peso de la muestra (S.S.S.) (g) <b>S=N-M</b>	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad (S.S.S.) (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Muestra	M1										
	M2										
	M3										
Promedio											

#### b.1.4 Límites de Atterberg (NTP 339.129 SUELOS.)

##### b.1.4.1 Límite plástico

Al material que fue separado del límite líquido se le añadió pequeñas cantidades de agua. Esta mezcla fue hecha una masa de suelo de forma elipsoidal y se le enrolló repetidamente a mano sobre una placa de vidrio hasta que se lograran pequeños rollitos de 3.2 mm de diámetro donde estos se rompieron en pequeños pedazos. Con estos pedazos se hizo nuevamente una masa y se repitió el procedimiento. Se repitió el procedimiento hasta que el cilindro de suelo se rompió bajo la presión de enrollamiento y no logro permitir que se le enrolle adicionalmente. Se recogieron las muestras y a estas se les hizo el procedimiento del contenido de humedad usando las mismas fórmulas siguiendo el formato de la tabla.

Tabla 13. Plantilla de toma de datos del límite plástico

Nº de lata	Peso de suelo húmedo + lata (g)	Peso de suelo seco + lata (gr)	Peso de lata (g)	Peso de suelo seco (g)	Peso de agua (g)	Contenido de Humedad (%)	Límite plástico
1							
2							
3							

#### b.1.4.2 Límite líquido

El ensayo radicó en colocar el material en la copa de casa grande (figura 19). Se pulverizó una gran cantidad suficiente de suelo secado al aire para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiz n° 40 de alrededor de  $250 \pm 10$  gr. Se verificó la altura de la máquina, la copa Casagrande, que sea exactamente de 1 cm ( $\pm 0.1$ mm) utilizando la cabeza en forma de dado ubicado en el extremo superior del ranurador.

Los 250 gr. se colocaron en el recipiente de porcelana y se le añadió una pequeña cantidad de agua que fue mezclada cuidadosamente obteniendo un color uniforme y una apariencia cremosa; fueron añadidas pequeñas cantidades de agua hasta que se obtuvo una mezcla homogénea. La mezcla se colocó en la cazuela no llenando hasta el tope, solo su parte frontal; con la ranura se hizo una división al medio de 12.7 mm.

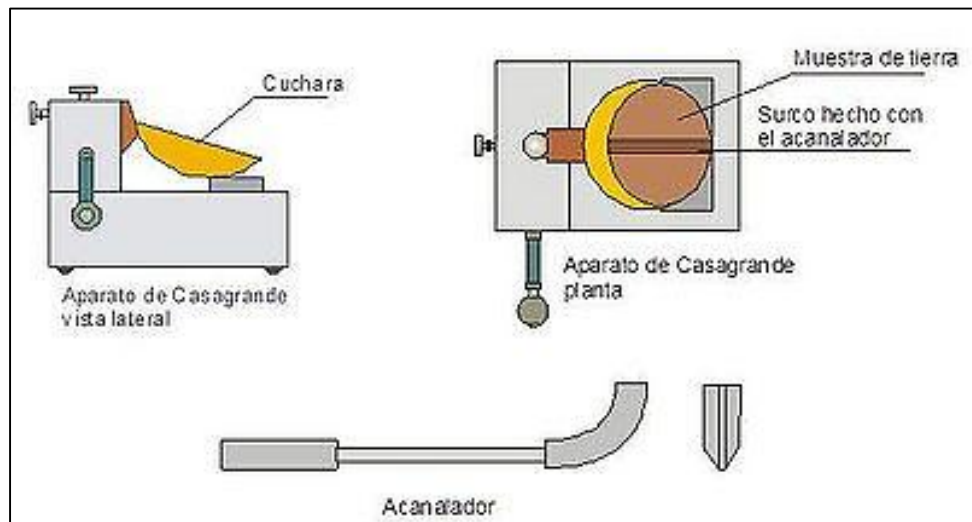


Figura 15.Copa de Casagrande (construmática)

Se manipuló la máquina hasta que esta se cerrara, sacando una pequeña cantidad y contabilizando el número de golpes. Se repitió el proceso hasta obtener muestras dentro del rango de número de golpes entre 10-20, 20-30 y 30-40. A estas muestras se les hizo el procedimiento del contenido de humedad usando las mismas fórmulas siguiendo la tabla.

Tabla 14. Plantilla de toma de datos del Límite líquido

Nº de lata	Peso de suelo húmedo + lata (g)	Peso de suelo seco + lata (gr):	Peso de lata (g)	Peso de suelo seco (g)	Peso de agua (g)	Contenido de Humedad (%)	Nº de golpes
1							
2							
3							

El límite líquido fue obtenido de la curva de fluidez, contenido de humedad vs número de golpes, cuando el número de golpes fue igual a 25.

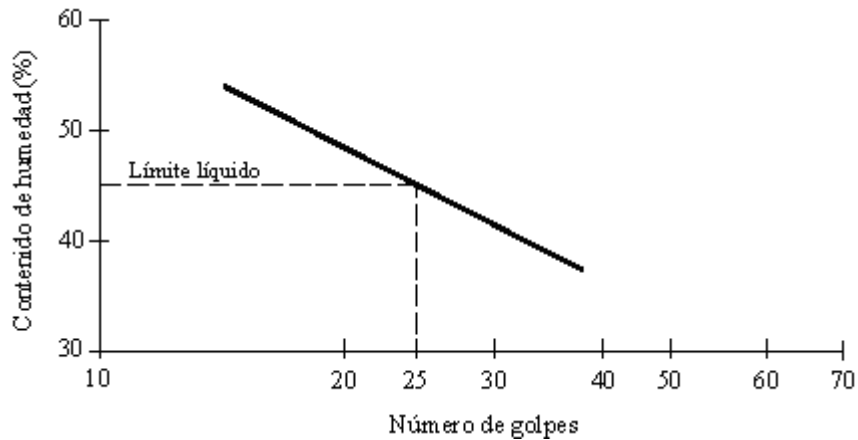


Figura 16. Curva de fluidez (Apuntes ingeniería civil, 2010)

### b.1.4.3 Índice de plasticidad

El índice de plasticidad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

... Ec.10

Tabla 15. Clasificación del rango de plasticidad del suelo  
(*Consistencia del Suelo - Límites de Atterberg - Índices, 2010*)

Plasticidad	Descripción del suelo	Rango IP
<b>Nula</b>	Limo	0 - 3
<b>Baja</b>	Limo con trazas de arcilla Limo arcilloso	4-15
<b>Media</b>	Arcilla limosa Arcillas y limos orgánicos	16 - 30
<b>Alta</b>	Arcilla limosa Arcilla	> 31

Valores menores de 10 indican baja plasticidad y valores cercanos a 20 señalan suelos plásticos El ensayo se repitió para los adobes conseguir de la zona y la tierra a usar en la conformación de los adobes.

### b.1.5 Clasificación SUCS (NTP 339.134 SUELOS).

La clasificación SUCS se realizó siguiendo las pautas establecidas por la norma. Esta clasificación divide los suelos en grano grueso, grano fino y suelos orgánicos. Estos suelos se designan por símbolos de grupo que constan de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla y suelos orgánicos), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos.
















DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUADA
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	LIMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

Figura 17. Simbología de suelos (RNE E.050)

### b.1.6 Peso unitario

Es el coeficiente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas; está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo. La norma ASTM C-29, define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas.



## b.2 Análisis químico

### b.2.1 Evaluación química del agregado (NTP 400.042)

- En este ensayo se determinará si estos agregados cumplen químicamente con los requerimientos mínimos para ser usado según la norma.
- Para ello se usa vasos de precipitación con capacidad de 250 ml, en una relación de 2:1 (agua destilada: material), esto se realiza 3 réplicas para cada material.
- Luego se procede a sellarlo con plástico y dejar reposar por un tiempo mínimo de 3 días (72 h).
- Finalmente se lleva al electrodo para tomar lectura del ph y conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### b.2.2 Evaluación química del agua (NTP 339.088)

Se realiza el presente ensayo, teniendo en cuenta que para la conductividad y ph la SUNASS (Superintendencia nacional de servicios de saneamiento), indica que el agua potable debe tener una conductividad a 25°C menor a 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  o 1500 dS/m y un ph entre 6.5 y 8.5.

- Se coloca 3 vasos de precipitación con 150 ml de agua destilada y otros 3 recipientes con 150 ml de agua potable.
- Luego se procede a sellarlo con plástico y dejar reposar por un tiempo mínimo de 3 días (72 h).
- Finalmente se lleva al electrodo para tomar lectura del ph y conductividad (dS/m).

Tabla 16: Esquema de composición química de materiales.

Material	Código	pH	Conductividad (dS/m)

### b.2.3 Materia orgánica

La muestra se colocará en un recipiente y se pondrá a secar en el horno a  $110 \pm 5$  °C por 24 horas, se retirará completando el tiempo, se dejará enfriar, después tomar de 10 a 40 g aproximadamente de esta muestra y se colocará en crisoles enumerados y pesados (A), posteriormente los crisoles serán llevados a una mufla de 4 litros con una temperatura máxima de 1200° C, se regulará la temperatura a  $445 \pm 10$ °C, finalmente se retirará, se dejará enfriar y se tomará el peso con una balanza de aproximación a 0.01 g (B).

$$\%MO = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

... Ec.11

Dónde

A= Peso del crisol más suelo seco al horno antes de la ignición

B= Peso del crisol más suelo seco después de la ignición

C= Peso del crisol

Tabla 17. Plantilla de toma de datos de materia orgánica

Muestra	Peso del crisol + suelo seco al horno (g)	Peso del crisol + suelo después de la ignición (g)	Peso del crisol (g)	% Muestra orgánica
M1				
M2				

### b.2.4 Difracción de rayos x

Este ensayo se elaboró en el laboratorio Bizalab, una empresa que brinda soporte técnico y científico.

Este análisis se hace a cargo de un especialista, utilizando unas muestras sólidas y tamizadas, las muestras pasan la malla N°200 pulverizadas se depositan sobre una porta muestra que viene incorporado con el equipo, se arregla la muestra hasta que esté a la altura que indica. Al estar lista la muestra se procede a ingresarla hacia la máquina para que ahí se haga incidir el haz de los rayos x sobre la muestra. Los rayos difractados que dispara son registrados y traducidos en un difractograma, en un ordenador que tiene consigo incorporado el centro internacional para datos de difracción (ICDD) la cual cuenta con una gran base de datos para cerca de 63000 materiales para su identificación.

## C. Dosificación, preparación y secado

### c.1 Dosificación

Tabla 18. Dosificación al 9% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

Dosificación de la mezcla %			Pesos de materia prima (g)				Porcentaje de agua	
Cemento	Tierra	Ceniza	Total de Suelo	Tierra	Ceniza	Cemento		Agua
9	95	5	2800	2660	140	252	980	35
	90	10	2800	2520	280	252	1036	37
	85	15	2700	2295	405	243	1053	39
	80	20	2700	2160	540	243	1107	41
	75	25	2600	1950	650	234	1118	43
	70	30	2600	1820	780	234	1196	46
	65	35	2600	1690	910	234	1274	49

Tabla 19. Dosificación al 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

Dosificación de la mezcla %			Pesos de materia prima (g)				Porcentaje de agua	
Cemento	Tierra	Ceniza	Total de Suelo	Tierra	Ceniza	Cemento		Agua
12	95	5	3250	3087.5	162.5	390	877.5	27
	90	10	3150	2835	315	378	976.5	31
	85	15	3000	2550	450	360	1050	35
	80	20	2800	2240	560	336	1092	39
	75	25	2800	2100	700	336	1204	43
	70	30	2800	1960	840	336	1288	46
	65	35	2800	1820	980	336	1400	50

## c.2 Preparación

- De la investigación de Nureña (2017), se obtuvo los dimensionamientos del adobe, que son de 9 cm x 13 cm x 20 cm (alto, ancho y largo). Las dosificaciones que realizaron fueron suelos con diferentes porcentajes de cemento los cuales se obtuvieron de la tesis en mención siendo los más óptimos al 9% y 12%: la primera dosificación fue suelo, ceniza con 5%,10%,15%,20%,25%,30%, y 35% con adición de 9% cemento; y la segunda dosificación fue suelo, ceniza con 5% ,10% ,15% ,20%, 25% ,30%, y 35% con adición de 12% cemento. Para hallar estos porcentajes se hicieron pruebas preliminares que se mencionan en la norma E.080\_2017 del RNE.
- Para obtener el porcentaje de agua se realizó el ensayo de contenido de humedad que describe el ministerio de vivienda, variando para cada dosificación el porcentaje de agua, además se difiere que a más ceniza , mezcla más densa, por ende más agua. La cantidad de ceniza de la quema de hoja de caña de azúcar fue de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, y 35% en sustitución al peso del suelo. Las mezclas se hicieron usando una cantidad para el conformado del adobe, por cada uno 3.50 kg de suelo incorporado en ello el desperdicio.
- Se pesan cada uno de los materiales para elaborar el adobe, se mezcla toda la materia prima seca hasta obtener un color uniforme, cuando se logra esto agregar la cantidad de agua según el diseño de mezcla, poco a poco y mezclar homogéneamente.
- Para la conformación de adobes se utilizó la gabera, se remojo previamente la gabera y luego se colocó arena fina a los costados para una mejor expulsión del adobe al momento de desmoldarse, al estar lista la mezcla se fue vaciando el material en el deposito junto al apisonador para mejor compactación, sucesivamente se procedió a hacerle con un martillo de goma unos suaves toques a los contornos de la gabera para la rápida expulsión del adobe.

### c.3 Secado

A continuación, se muestra las siguientes tablas correspondientes a la variación por pérdida de pesos a través del tiempo cuando va secando el material; en el caso del porcentaje de cemento al 9% esto va desde el cuarto día de elaborado el adobe hasta el día 24 y en el caso del porcentaje de cemento al 12% va desde el cuarto día de elaborado el adobe hasta el día 20.

Tabla 20. Tiempo de secado al 9% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

Tiempo de secado	Cemento al 9%		Peso inicial húmedo (g)	Peso seco final (g)	Variación pérdida por de peso (g)	Variación por pérdida de peso (%)
	Ceniza (%)	Suelo (%)				
24 días	5	95	3635	3503	132	4
	10	90	3709	3514	195	5
	15	85	3215	3042	173	5
	20	80	3152	2949	203	6
	25	75	2996	2739	257	9
	30	70	2903	2607	296	10
	35	65	2886	2641	245	8

Tabla 21. Tiempo de secado al 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

Tiempo de secado	Cemento al 9%		Peso inicial húmedo (g)	Peso seco final (g)	Variación pérdida por de peso (g)	Variación por pérdida de peso (%)
	Ceniza (%)	Suelo (%)				
20 días	5	95	4173	4000	173	4
	10	90	3889	3609	280	7
	15	85	3789	3489	300	8
	20	80	3710	3403	307	8
	25	75	3575	3257	318	9
	30	70	3385	3023	362	11
	35	65	2812	2527	285	10

## D. Ensayos

### d.1 Mecánico

#### d.1.1 Compresión en estado endurecido

Rigiéndose del Reglamento Nacional de Edificaciones la norma E.080\_2006 y E.080\_2017 de adobes, se realizó el ensayo. Se procedió a medir el área (A) donde se aplicó la carga, con una regla metálica de sensibilidad de 0.1 mm. Fueron sometidos a este ensayo las réplicas de los adobes según su porcentaje de sustitución de ceniza e incorporación de cemento.

El procedimiento abarco colocar el espécimen sobre la máquina y se aplicó la fuerza (F) con una velocidad de 0.05, se hizo descender el vástago solidario al cabezal hasta hacer contacto la rótula con la cara del adobe, asegurando también que el eje de la máquina coincida con el eje longitudinal del espécimen.

Los cálculos para hallar la resistencia a la compresión se obtuvo dividiendo la carga dada entre el área rectangular de la cara del espécimen, el resultado será en  $\text{kg/cm}^2$ , para luego llenar la tabla.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

... Ec. 12

Dónde:

$\sigma$  = Resistencia a compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )

F= Fuerza aplicada (kgf)

A= Área sobre la que se aplica la fuerza (largo x ancho)

Tabla 22. Toma de datos para resistencia a compresión en estado endurecido

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio		Área ( $\text{cm}^2$ )	Fuerza (KN)	Resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )
			Largo		Ancho		Dimensiones (cm)				
			1	2	1	2	Largo	Ancho			

### d.1.2 Compresión en estado saturado

Para este ensayo se debió sumergir los adobes en el agua en una serie de 1 día y otra serie a 1 semana. Se pesó cada uno de ellos y tomar las medidas de su largo y ancho para hallar el área (A) donde va a ser aplicada la fuerza. Estos se someterán al ensayo de compresión axial (F), colocando el espécimen con una de las caras mayores sobre el apoyo de la máquina. Se hace descender el vástago solidario al cabezal, hasta obtener contacto sobre la cara del adobe, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal de este.

Los cálculos para hallar la resistencia se obtuvo dividiendo la carga dada entre el área del espécimen, el resultado será en kg/cm<sup>2</sup>, para luego llenar la tabla.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

... Ec. 13

Dónde:

$\sigma$  = Resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

F= Fuerza aplicada (kgf)

A= Área sobre la que se aplica la fuerza (largo x ancho)

Tabla 23. Toma de datos para resistencia a compresión en estado saturado

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo		Ancho		Dimensiones (cm)				
			1	2	1	2	Largo	Ancho			

---



---

## d.2 Físico

### d.2.1 Durabilidad

Se tomó como referencia a la investigación de Nureña (2017), se tomaron los pesos de cada una de las unidades de adobe en estado seco en una balanza con sensibilidad 0.1 g ( $P_i$ ), estos especímenes se sumergieron bajo agua por el período de 24 horas, luego se extraen las muestras y se dejan secar al aire libre para ser llevados a la estufa a  $110 \pm 5$  °C por 24 horas para que puedan estar en un estado completamente seco, luego de ser retirado pesar el espécimen ( $P_f$ ), finalmente hallar la pérdida de volumen del adobe se usa la siguiente fórmula y luego llenar la tabla.

$$\text{Variación de pérdida de peso} = P_i - P_f$$

... Ec.14

$$\% \text{ Pérdida de pesos} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

... Ec.15

Tabla 24. Toma de datos para la durabilidad.

Muestra	Día	Variación pérdida de peso (kg)	Variación pérdida de peso (%)
M1			



## E. Métodos estadísticos y procedimientos de análisis de datos.

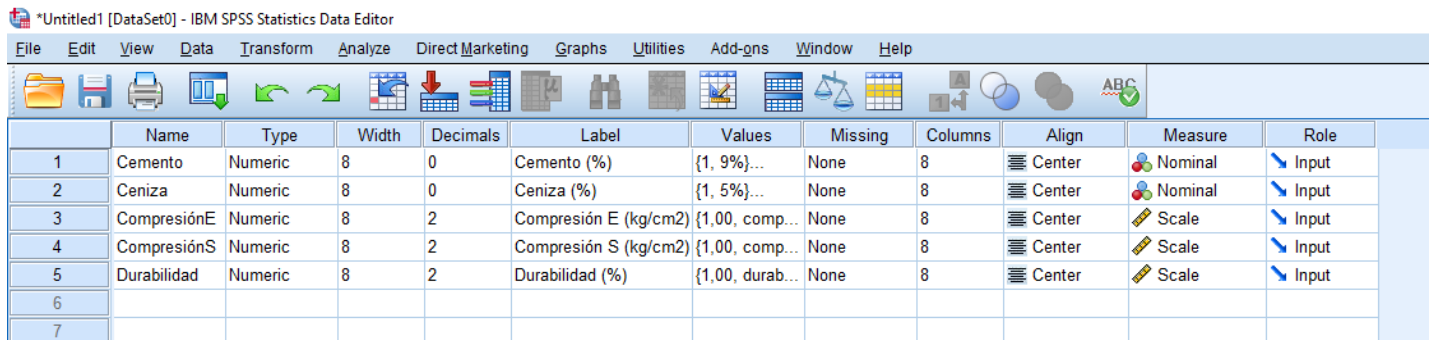
### E1. Método de análisis de datos

El análisis estadístico de datos se realizará con método de inferencia estadística, ya que, a partir de la información obtenida por muestra, permite incluir el comportamiento de la población específica con un margen de error medible en probabilidad.

### E2. Prueba de normalidad

La prueba de normalidad se realizará mediante un software denominada SPSS, siendo este necesario para poder identificar las variables dependientes e independientes para realizar el siguiente procedimiento:

Los datos de las variables identificadas serán ingresados en el programa especificando la medida, tipo de escala para las variables dependientes, las cuales se analizarán.



	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure	Role
1	Cemento	Numeric	8	0	Cemento (%)	{1, 9%}...	None	8	Center	Nominal	Input
2	Ceniza	Numeric	8	0	Ceniza (%)	{1, 5%}...	None	8	Center	Nominal	Input
3	CompresiónE	Numeric	8	2	Compresión E (kg/cm2)	{1,00, comp...	None	8	Center	Scale	Input
4	CompresiónS	Numeric	8	2	Compresión S (kg/cm2)	{1,00, comp...	None	8	Center	Scale	Input
5	Durabilidad	Numeric	8	2	Durabilidad (%)	{1,00, durab...	None	8	Center	Scale	Input
6											
7											

Figura 18. Ingreso de datos en programa SPSS

En la columna primera fila la cual se denomina porcentaje en la columna valores, y se colocará una serie de códigos para cada tipo de porcentaje de cemento.

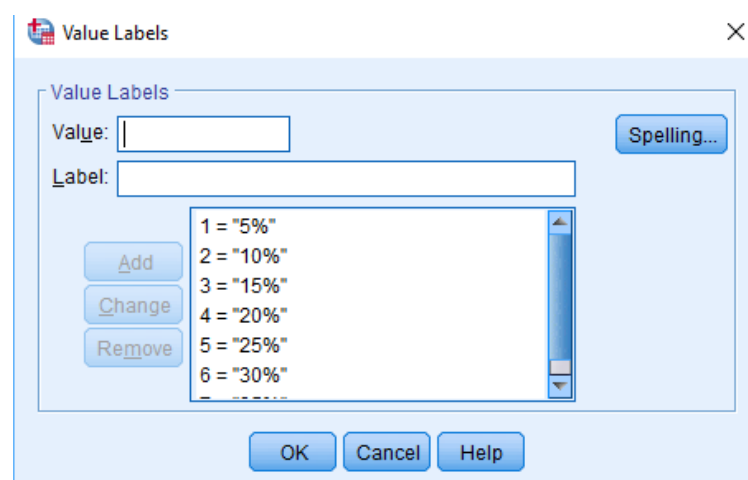
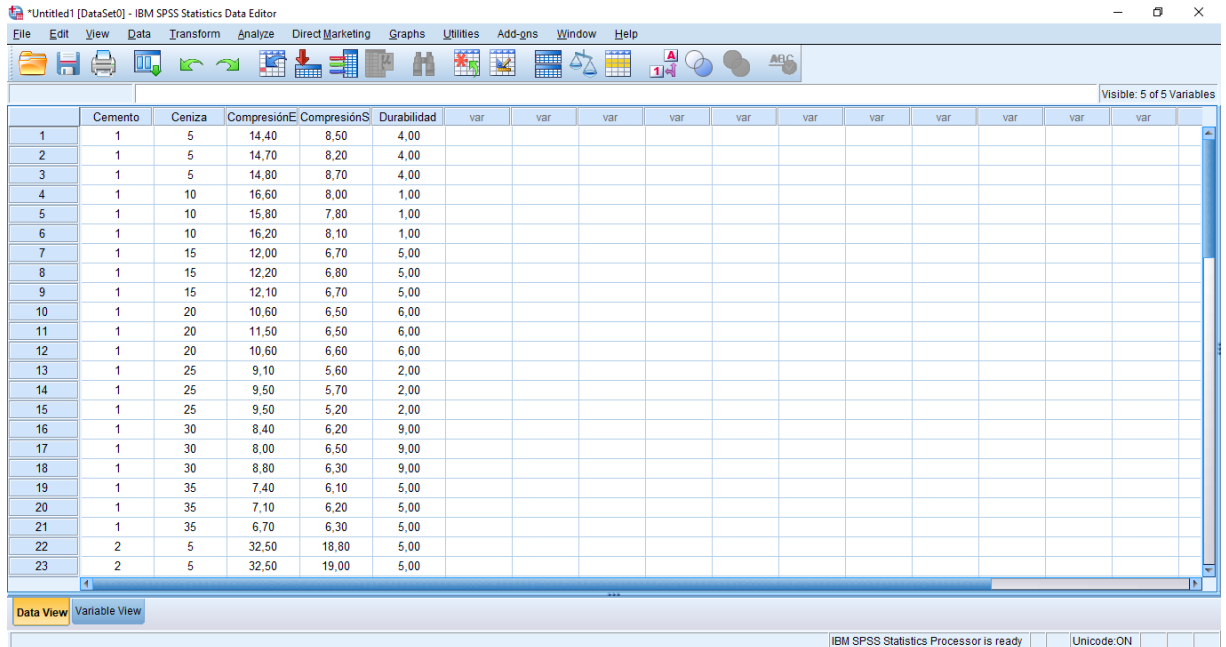


Figura 19. Ingreso de valores para porcentaje de ceniza

Se cambia de la vista de variables a la vista de datos, donde se ingresarán los resultados obtenidos para cada adobe con distinto porcentaje de cemento y ceniza.



	Cemento	Ceniza	CompresiónE	CompresiónS	Durabilidad	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1	5	14,40	8,50	4,00											
2	1	5	14,70	8,20	4,00											
3	1	5	14,80	8,70	4,00											
4	1	10	16,60	8,00	1,00											
5	1	10	15,80	7,80	1,00											
6	1	10	16,20	8,10	1,00											
7	1	15	12,00	6,70	5,00											
8	1	15	12,20	6,80	5,00											
9	1	15	12,10	6,70	5,00											
10	1	20	10,60	6,50	6,00											
11	1	20	11,50	6,50	6,00											
12	1	20	10,60	6,60	6,00											
13	1	25	9,10	5,60	2,00											
14	1	25	9,50	5,70	2,00											
15	1	25	9,50	5,20	2,00											
16	1	30	8,40	6,20	9,00											
17	1	30	8,00	6,50	9,00											
18	1	30	8,80	6,30	9,00											
19	1	35	7,40	6,10	5,00											
20	1	35	7,10	6,20	5,00											
21	1	35	6,70	6,30	5,00											
22	2	5	32,50	18,80	5,00											
23	2	5	32,50	19,00	5,00											

Figura 20. Ingreso de valores en vista de datos

Para poder ejecutar la prueba de normalidad de una variable independiente, se siguen los siguientes pasos

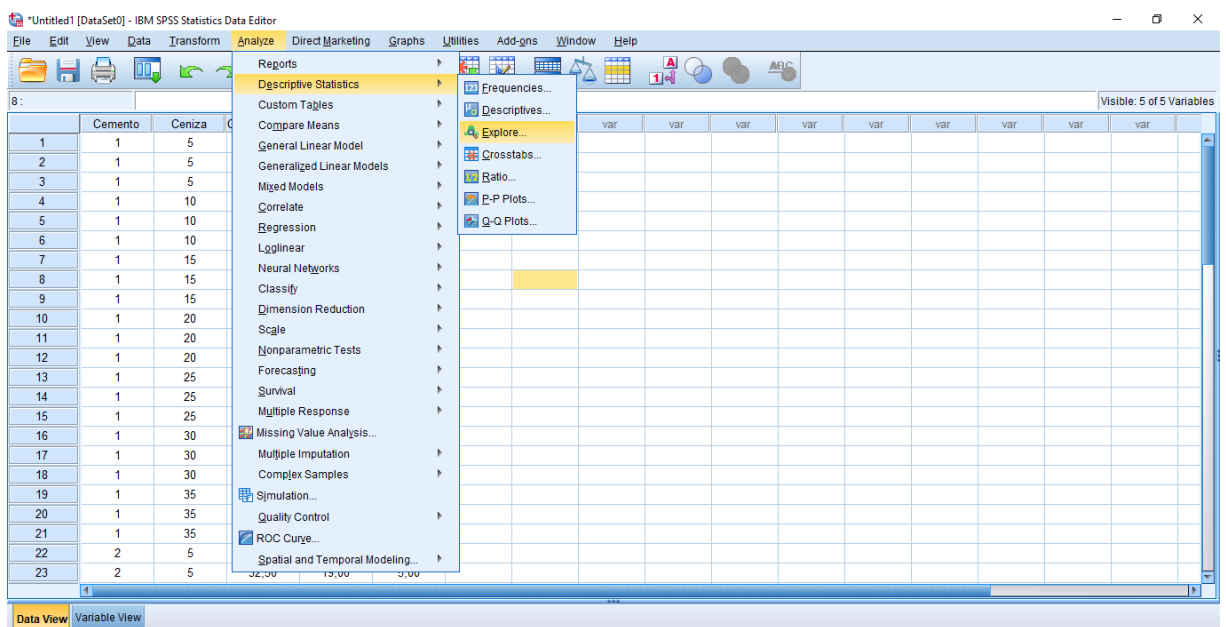


Figura 21. Pasos a seguir para realizar una prueba de normalidad

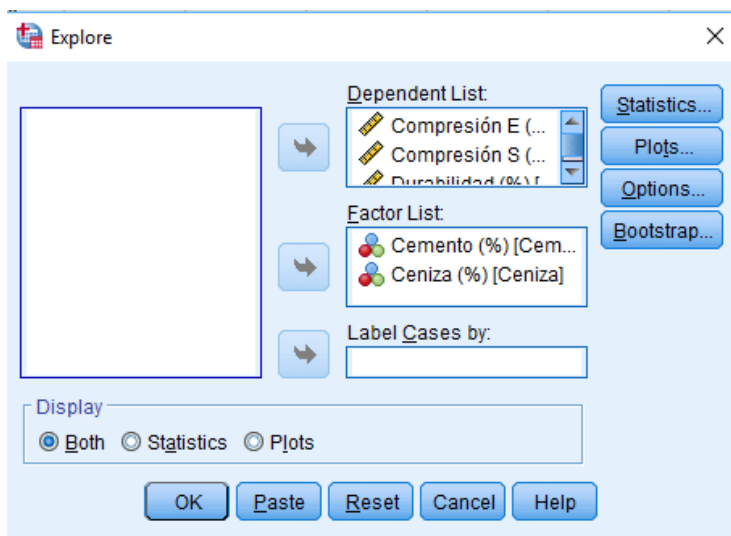


Figura23. Proceso para analizar una variable dependiente.

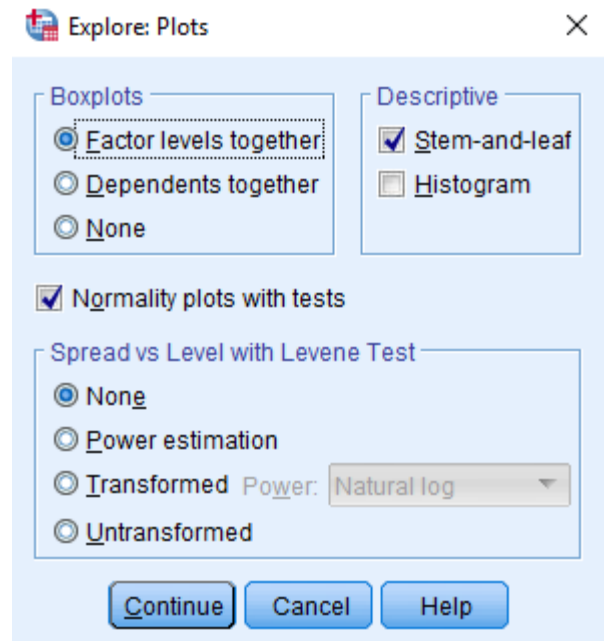


Figura 22. Selección de Normalidad

Finalmente para poder obtener la prueba de normalidad por el análisis de Shapiro Wilk, se consideró una significancia mayor a 0.05, concluyendo que la variable tiene un comportamiento normal.

#### Tests of Normality

	Cemento (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Compresión E (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	,138	21	,200 <sup>*</sup>	,936	21	,184
	12%	,139	21	,200 <sup>*</sup>	,936	21	,178
Compresión S (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	,222	21	,008	,911	21	,059
	12%	,154	21	,200 <sup>*</sup>	,909	21	,052
Durabilidad (%)	9%	,146	21	,200 <sup>*</sup>	,908	21	,051
	12%	,261	21	,001	,787	21	,000

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Figura 24. Resultado de la significancia de Shapiro Wilk

## E2. Prueba de Fisher

Los resultados obtenidos durante el proceso de los ensayos a los adobes prensados corroborarán las hipótesis planteadas mediante un análisis de varianza con el ANOVA.

Los resultados obtenidos durante los ensayos a los morteros se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza con el Anova.

### Datos Previos.

#### E.1 Grados de libertad

- Grados de libertad de las variables tipos de cal (A)

$$G.L. = a - 1$$

- Grados de libertad de la variable proporciones (B):

$$G.L. = b - 1$$

- Grados de libertad de las variables (A) x (B)

$$G.L. = (a - 1) \times (b - 1)$$

- Grados de libertad del error.

$$G.L. = (a \times b) \times (r - 1)$$

Dónde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

r = número de réplicas.

#### E.2 Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ), un intervalo de confianza que nos permiten aproximar, debido a que los especímenes ensayados son elaborados con materiales donde sus pesos serán constantes. Además, las confiabilidades de la máquina de compresión según ensayos elaborados en la universidad arrojan datos cercanos, por tal motivo se consideró una confianza del 95%, una vez calculado el valor de la variable en la muestra, entre qué rango de valores se encuentra el valor de la variable en la población, con un grado de incertidumbre que podemos determinar

### E.3 Criterio de rechazo

La hipótesis alterna ( $H_1$ ) se acepta si  $F_0 > F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$

- $F_0$  se obtiene experimentalmente.
- $F_{\alpha, (n-1), (nx(r-1))}$  se obtiene mediante tablas estadísticas.

Dónde:

$n$  = número de niveles.

$r$  = número de réplicas.

### E.4 Análisis de Varianza y F de Fisher.

#### I. Suma de cuadrados

- Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxr} - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

- Suma de cuadrados para el factor B.

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axr} - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

- Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{r} - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

- Suma de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

- Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{axbxr}$$

- Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

## II. Media de cuadrados

- Media de cuadrados para el factor A.

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

- Media de cuadrados para el factor B.

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

- Media de cuadrados de la interacción de los factores (A x B)

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1)(b - 1)}$$

- Media de cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(axb)(r - 1)}$$

### III. $F_0$ experimental

➤  $F_0$  (A).

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

➤  $F_0$  (B).

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

➤  $F_0$  (A x B)

$$F_0(AXB) = \frac{MS_{AXB}}{MS_E}$$

### E5. Análisis de Confiabilidad

#### Regla de decisión.

F.Experimental > F.Teórico

Fisher =  $\delta$

Si Fisher  $\leq$  Valor de Tabla, se acepta la  $H_0$

Si Fisher  $\geq$  Valor de Tabla, se acepta la  $H_1$

Datos Previos.

$H_1$ : Hipótesis alterna

$H_0$ : Hipótesis nula

La significancia debe pasar los  $\alpha = 0.05$  para que se acepte la hipótesis.

### F. Análisis de Precios

Es un estudio analítico que permite definir un nuevo precio unitario de una partida a través de la individuación de sus componentes elementares.

Para definir el precio de una partida es necesario efectuar un detallado análisis del precio a través de la individuación de los elementos que la componen. (Análisis de Precios, 2018)

Los elementos que la componen son generalmente:

- mano de obra
- materiales
- maquinarias y medios auxiliares
- gastos generales
- beneficio de la empresa

#### Análisis de costos unitarios típicos:

##### Mano de obra + materiales + equipos y herramientas

Tabla 25. Plantilla de Análisis de costos

				Precio	
Unidad	Rendimiento		Desperdicio		
Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
<b>Mano de obra</b>					
<b>Materiales</b>					
<b>Equipos y herramientas</b>					

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia



### III. RESULTADOS

#### 3.1 Caracterización de materiales de construcción

Tabla 26. Análisis granulométrico del suelo

Comp. de la Muestra		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
% Grava	Grava gruesa : de 80 a 40 mm (de 3" a 1 1/2" )	0		0		0	
	Grava Fina : de 40 a 20 mm (1 1/2" a 3/4" )	0		0		0	
	Gravilla : de 20 a 10 mm (3/4" a 3/8")	0	0	0	0	0	0
	Grava arena : de 10 a 5 mm (3/8" a N° 4)	0		0		0	
% Arena	Grano grueso : de 5 a 2 mm (N° 4 a N° 10)	0		1		1	
	Grano medio : de 2 a 0,50 mm ( N° 10 a N° 40)	4	31	4	30	5	30
	Grano fino : de 0,50 a 0,080 ( N° 40 a N° 200)	26		25		25	
% Finos	Limo - arcilloso:	69	69	70	70	70	70
	Total	100	100	100	100	100	100

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 27. Caracterización del suelo

Ensayo	Norma	Promedio
<b>Humedad</b>	(MTC E 108)	3.8
<b>Granulometría</b>	(MTC E 107)	
% Grava		0
% Arena		30.2
% Limos y arcillas		69.6
<b>Clasificación</b>		
SUCS		CL
<b>Límites de Atterberg</b>		
Límites Plástico (%)	(MTC E 111)	11.5
Límites Líquido (%)	(MTC E 110)	35.4
Índice de Plasticidad		23.9

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

**SUCS**, este cuenta con un 69.6% pasante la malla N° 200, lo cual en SUCS indica que es un suelo de grano fino, debido a que contiene más del 50% pasa este tamiz, el suelo contiene un límite líquido de 35.4% menor a 50%, un índice plástico de 11.5 el cual es mayor que 7, ubicándose en la clasificación "CL"

**I.P.**, su índice de plasticidad de 23.9 lo ubica entre el rango de plasticidad media, aquí se encuentran los suelos limo arcillosos, arcilla limosos, arcilla y limos inorgánicos.

Ensayo	Norma	Promedio
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	(MTC E 113)	2.75
Materia orgánica (%)	(MTC E 118)	2
<b>Análisis químico</b>		
Conductividad (dS/m)		0.752
ph		9.1

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Para el análisis químico de la ceniza y agua a emplear en la conformación de los adobes se hicieron los ensayos de pH, conductividad.

Estos resultados son mostrados en la tabla.

Tabla 28. Análisis químico del agua y ceniza

Materia Prima	Ph	Conductividad ds/m
Agua Potable	7	1.430
Agua destilada	8	0.028
Ceniza	8	2.625

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 29. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado Natural

Comp. de la Muestra		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
% Grava	Grava gruesa : de 80 a 40 mm (de 3" a 1 ½" )	0	3	0	1	0	4
	Grava Fina : de 40 a 20 mm (1 ½" a ¾" )	0		0		0	
	Gravilla : de 20 a 10 mm (¾" a 3/8")	0		0		0	
	Grava arena : de 10 a 5 mm (3/8" a N° 4)	3		1		4	
% Arena	Grano grueso : de 5 a 2 mm (N° 4 a N° 10)	3	84	3	82	2	80
	Grano medio : de 2 a 0,50 mm ( N° 10 a N° 40)	6		9		9	
	Grano fino : de 0,50 a 0,080 ( N° 40 a N° 200)	75		71		69	
% Finos	Limo - arcilloso:	14	14	16	16	16	16
	Total	100	100	100	100	100	100

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 30. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza

Comp. de la Muestra		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
% Grava	Grava gruesa : de 80 a 40 mm (de 3" a 1 ½" )	0	0	0	0	0	0
	Grava Fina : de 40 a 20 mm (1 ½" a ¾" )	0		0		0	
	Gravilla : de 20 a 10 mm (¾" a 3/8")	0		0		0	
	Grava arena : de 10 a 5 mm (3/8" a N° 4)	0		0		0	
% Arena	Grano grueso : de 5 a 2 mm (N° 4 a N° 10)	0	37	0	40	0	36
	Grano medio : de 2 a 0,50 mm ( N° 10 a N° 40)	0		0		0	
	Grano fino : de 0,50 a 0,080 ( N° 40 a N° 200)	37		40		36	
% Finos	Limo - arcilloso:	63	63	60	60	64	64
	Total	100	100	100	100	100	100

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

### Resultado de análisis por difracción de rayos x

Tabla 31. Muestra ceniza malla N°200 (Bizalab, 2018)

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado aproximado (%)	Resultado teórico (%)
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	30	81
<b>Plagioclasa (Oligoclasa)</b>	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	4	7
<b>Cristobalita</b>	SiO <sub>2</sub>	3	1
<b>Amorfo</b>	-----	63	4
	SiO <sub>2</sub>	96	92

Fuente: Bizalab.

Elaboración Propia

Tabla 32. Muestra suelo de chacra Malla N°200 (Bizalab, 2018)

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado aproximado (%)	Resultado teórico (%)
<b>Cuarzo</b>	SiO <sub>2</sub>	36	35
<b>Plagioclasa (Oligoclasa)</b>	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	34	35
<b>Feldespatos - K (Ortoclasa)</b>	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	10	3
<b>Mica (Muscovita)</b>	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	8	2
<b>Clorita (Clinocloro)</b>	(Mg,Fe) <sub>5</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	7	16
<b>Anfíbol (Actinolita)</b>	Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>	4	5

Fuente: Bizalab.

Elaboración Propia

Figura 25. Difractograma de la muestra ceniza M200 con los respectivos minerales identificados. (Bizalab, 2018)

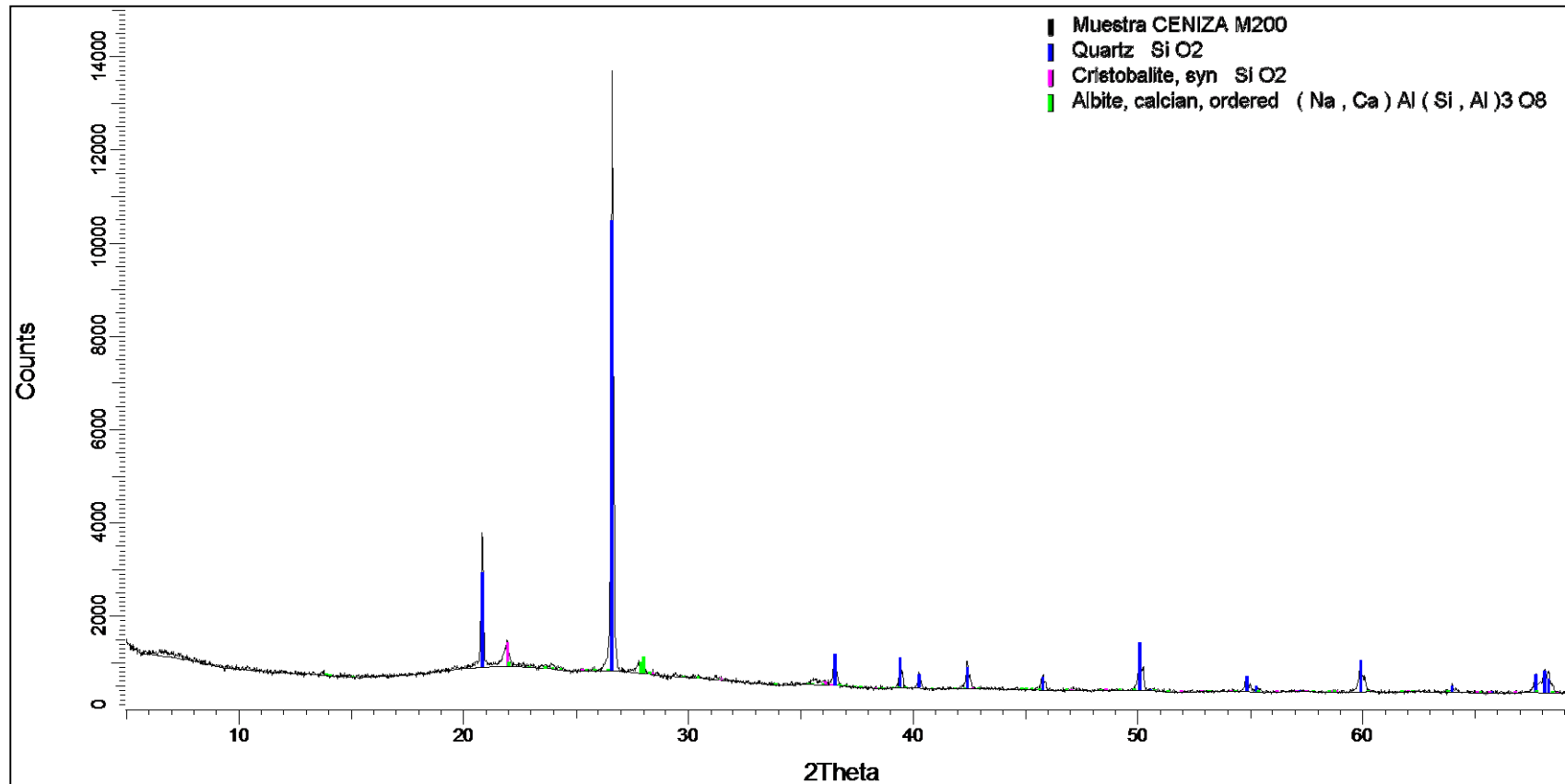


Figura 26. Difractograma de la muestra chacra M200 con los respectivos minerales identificados. (Bizalab, 2018)

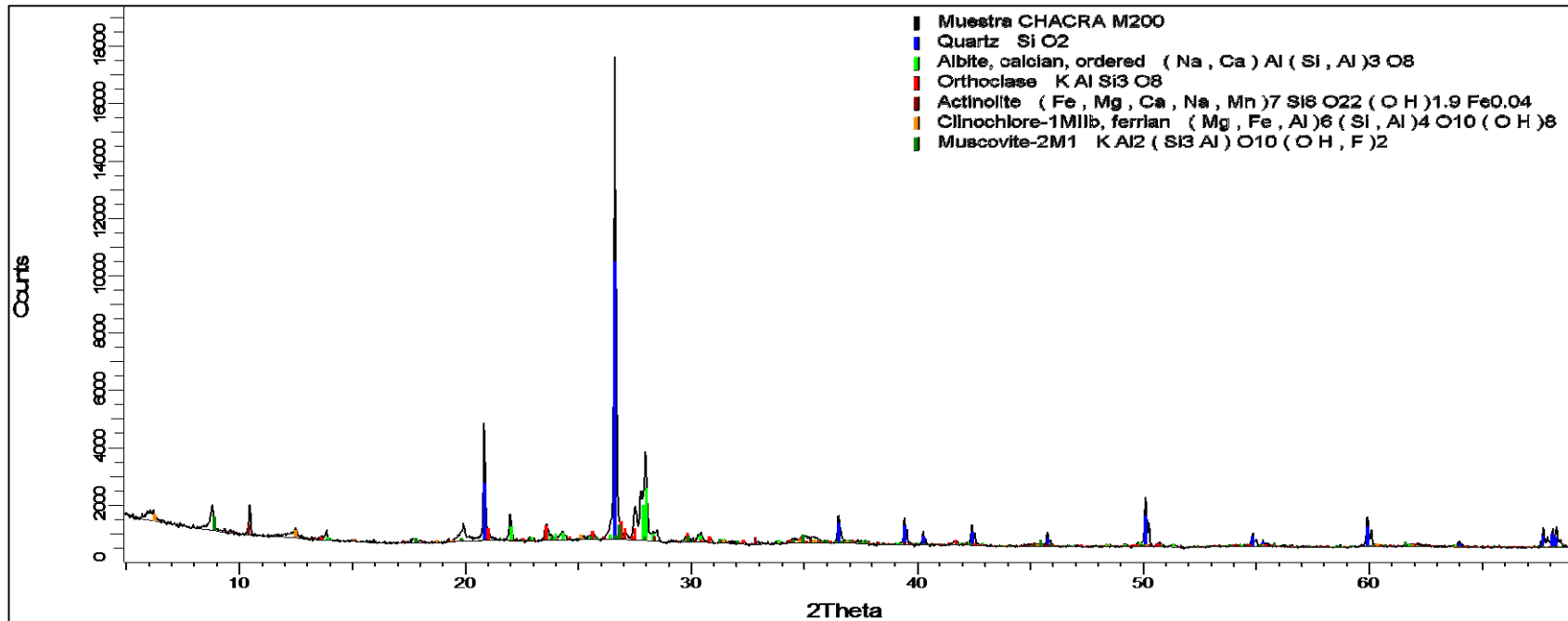


Tabla 33: Propiedades físicas del cemento tipo I (Cementos Pacasmayo, 2017)

Propiedades físicas	Und.	CPSSA	Requisitos NTP 334.009/ASTM C150
Contenido de aire	%	9	Máximo 12
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /g.	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	3.1	No específica
Resistencia a compresión			
3 días	Kg/cm <sup>2</sup>	326	Mínimo 122
7 días		394	Mínimo 194
28 días		487	Mínimo 286

Fuente: Cementos Pacasmayo.

Elaboración Propia.

### 3.2 Dosificación de materiales de construcción

La siguiente tabla corresponde a los valores del análisis granulométrico del suelo añadido con diferentes porcentajes de ceniza a fin de llegar a la textura de un suelo franco arcilloso, rango necesario para las gradaciones de los tipos de suelo tomadas para la elaboración de los adobes.

Tabla 33. Dosificación suelo con porcentajes de ceniza

Muestra	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
% Grava	0	0	0	0	0	0	0
% Arena	34	37	32	34	33	31	33
% Finos	66	63	68	66	67	69	67

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

## Tiempo de secado

Tabla 34. Tiempo de secado del adobe al 9% de cemento

Cemento al 9%		Peso inicial húmedo (g)	Peso seco final (g)	Variación pérdida por de peso (g)	Variación por pérdida de peso (%)
<b>Ceniza</b>	5	3635	3503	132	4
	10	3709	3514	195	5
	15	3215	3042	173	5
	20	3152	2949	203	6
	25	2996	2739	257	9
	30	2903	2607	296	10
	35	2886	2641	245	8

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 35. Tiempo de secado del adobe al 12% de cemento

Cemento al 12%		Peso inicial húmedo (g)	Peso seco final (g)	Variación pérdida por de peso (g)	Variación por pérdida de peso (%)
<b>Ceniza</b>	5	4173	4000	173	4
	10	3889	3609	280	7
	15	3789	3489	300	8
	20	3710	3403	307	8
	25	3575	3257	318	9
	30	3385	3023	362	11
	35	2812	2527	285	10

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.



### 3.3 Ensayos realizados

#### 3.3.1 Ensayos mecánicos

##### Ensayo a la resistencia a compresión en estado endurecido

Dosificación con 9% y 12% de cemento:

Tabla 36. Ensayo a la resistencia en estado endurecido al 9% y 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

% Ceniza	N° Réplicas	% Cemento					
		9			12		
		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
5	1	273.5	39.0	15	272.8	85.4	32
	2	275.8	39.7		270.3	80.6	
	3	278.2	38.5		279.9	83.7	
10	1	267.1	43.8	16	268.8	66.4	27
	2	263.7	42.8		265.6	72.6	
	3	262.2	42.0		266.4	70.5	
15	1	268.3	30.9	12	261.4	61.7	23
	2	269.0	31.7		265.8	60.3	
	3	266.9	31.2		263.3	61.7	
20	1	265.4	27.4	11	263.5	53.6	21
	2	265.4	30.5		265.8	55.1	
	3	261.2	28.6		262.4	54.9	
25	1	276.2	23.9	9	261.6	51.4	20
	2	252.2	23.4		262.3	51.3	
	3	267.4	25.1		262.3	52.7	
30	1	265.4	22.4	8	261.8	44.9	18
	2	264.7	21.7		263.7	45.7	
	3	263.5	22.9		262.3	46.7	
35	1	269.8	20.1	7	263.9	40.9	16
	2	259.3	18.2		265.2	41.2	
	3	266.4	17.5		262.3	38.5	

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

### Ensayo a la resistencia a compresión en estado saturado

Dosificación con 9% y 12% de cemento:

Tabla 37. Ensayo a la resistencia en estado saturado al 9% y 12% de cemento en la mezcla suelo y ceniza

% Ceniza	N° Réplicas	% Cemento					
		9			12		
		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
5	1	274.5	22.9	8	274.1	50.5	19
	2	272.2	21.8		272.0	50.8	
	3	264.9	22.6		269.8	51.5	
10	1	265.8	20.9	8	273.1	55.8	21
	2	267.1	20.5		270.9	54.4	
	3	265.8	21.2		262.2	55.2	
15	1	270.2	17.8	7	265.8	44.2	17
	2	266.0	17.7		264.3	44.3	
	3	267.5	17.5		270.0	44.3	
20	1	271.5	17.4	7	261.6	42.7	17
	2	271.5	17.4		262.4	42.5	
	3	265.5	17.1		263.7	43.3	
25	1	266.0	14.6	6	265.6	35.7	14
	2	268.8	15.0		259.7	36.2	
	3	264.9	13.5		263.7	37.5	
30	1	264.9	16.1	6	265.2	33.9	13
	2	265.4	16.9		264.6	34.2	
	3	265.8	16.4		263.1	34.3	
35	1	259.3	15.6	6	263.1	32.5	13
	2	262.4	15.9		257.6	32.7	
	3	265.1	16.3		256.7	33.0	

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

### 3.3.2 Ensayos físicos

#### Ensayos de durabilidad

Se muestra en las siguientes tablas los resultados de la variación de los pesos obtenidos mediante la diferencia del peso seco final y el peso seco inicial sumergidos 7 días. Así mismo, se observa su variación de manera porcentual.

Tabla 38. Ensayo de durabilidad Suelo, ceniza y cemento 9%

Tiempo bajo el agua	Cemento al 9%	Peso seco (g)		Variación pérdida por de peso (Pi - Pf)	Variación por pérdida de peso (%)	
		Antes de sumergir (Pi)	Después de sumergir (Pf)			
7 días	Ceniza	5	3569	3716	-147	-4
		10	3464	3493	-29	-1
		15	3065	3216	-151	-5
		20	2898	3068	-170	-6
		25	2693	2752	-59	-2
		30	2596	2835	-239	-9
		35	2457	2586	-129	-5

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 39. Ensayo de durabilidad Suelo, ceniza y cemento 12%

Tiempo bajo el agua	Cemento al 9%	Peso seco (g)		Variación pérdida por de peso (Pi - Pf)	Variación por pérdida de peso (%)	
		Antes de sumergir (Pi)	Después de sumergir (Pf)			
7 días	Ceniza	5	3771	3952	-181	-5
		10	3498	3655	-157	-4
		15	3430	3661	-231	-7
		20	3032	3186	-154	-5
		25	2769	2933	-164	-6
		30	2816	3242	-426	-15
		35	2701	2973	-272	-10

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

### 3.4 Análisis de costo de los materiales de construcción

Precio de mano de obra anexo 6

#### 3.4.1 Análisis de costo de la ceniza

##### a. Recolección

Tabla 40. Análisis de costos unitarios para recolección de ceniza.

				Precio	s/ 1.71
Unidad	kg	Rendimiento		300 kg/día	
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Oficial	hh	1.0000	0.0267	9.31	0.25
Peón	hh	1.0000	0.0267	8.43	0.23
					<b>0.48</b>
<b>Materiales</b>					
Ceniza	kg		100	0	0
					<b>0</b>
<b>Equipos y herramientas</b>					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	0.65	0.02
Camioneta	hm		0.0267	45.3	1.21
					<b>1.23</b>

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

##### b. Tamizado

Tabla 41. Análisis de costos unitarios para tamizado de ceniza.

				Precio	S/ 0.85
Unidad	kg	Rendimiento		300 kg/día	
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de obra</b>					
Oficial	hh	1.0000	0.0267	9.31	0.25
Peón	hh	2.0000	0.0533	8.43	0.45
					<b>0.69</b>
<b>Equipos y herramientas</b>					
Herramientas manuales	%MO		3.0000	0.95	0.03
Tamiz n°200	hm		0.0267	5	0.13
					<b>0.16</b>

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Se procedió a sumar todos los costos obteniendo un costo directo de S/ 2.56 por kilogramo. Se consideró agregarle a este costo los gastos generales, utilidad y el impuesto general a las ventas, obteniendo como costo total de S/ 3.47 por kilogramo de producción de ceniza tamizada.

Tabla 42. Costo total de la producción de ceniza.

<b>Proceso Costo (S/)</b>	
Recolección	1.71
Tamizado	0.85
<b>Costo Directo</b>	<b>2.56</b>
Gastos Generales 10% CD	0.25
Utilidad 5% CD	0.13
<b>Sub Total</b>	<b>2.94</b>
IGV 18%	0.53
<b>Costo Total</b>	<b>3.47</b>

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

<b>Dosificación de la mezcla (%)</b>				<b>Pesos de materia materiales de construcción (g)</b>			
<b>Cemento</b>	<b>Tierra</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Agua</b>	<b>Cemento</b>	<b>Tierra</b>	<b>Ceniza</b>	<b>Agua</b>
9	80	20	38	243	2160	540	782

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 43. Costo unitario de la producción de un adobe.

				Precio	S/0.25
Unidad	adobes	Rendimiento	500 und/día	Desperdicio	5%
Descripción	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
<b>Mano de obra</b>					
Oficial	hh	1.000	0.016	9.31	0.15
					<b>0.15</b>
<b>Materiales</b>					
Suelo	m3		0.001926	35.00	0.07
Ceniza	kg		0.540000	0.01	0.01
Cemento	kg		0.024300	0.58	0.01
Agua	m3		0.000784	1.98	0.00
					<b>0.09</b>
<b>Equipos y herramientas</b>					
Herramientas manuales	%MO		3	0.18	<b>0.01</b>

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 44. Precios de los adobes por zona.

Material	Zona	Precio por unidad	Precio por millar
		(S/.)	
Adobe	Moche	0.45	240
	Casa Grande	0.22	220

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 45. Precio del adobe estabilizado con ceniza y cemento.

Adobe a la mejor proporción en estado endurecido		Precio por unidad	Precio por millar
		(S/.)	
Cemento	9%		
Suelo	80%		
Ceniza	20%	0.25	250
Agua	38%		

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

### 3.5 Métodos estadísticos y procedimientos de análisis de datos.

Tabla 46: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado endurecido.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6.0	673.0	112.2	342.2	2.5
B	1.0	1281.5	1281.5	3909.3	4.2
A X B	6.0	73.1	12.2	37.2	2.5
ERROR	28.0	9.2	0.3		

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 47. Resumen del análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado saturado.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6	142.3439	23.7240	387.0595	2.45
B	1	933.3343	933.3343	15227.4560	4.2
A X B	6	44.4425	7.4071	120.8475	2.45
ERROR	28	1.7162	0.0613		

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 48. Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6	38.0	6.3	0.4	2.45
B	1	9.5	9.5	0.6	4.2
A X B	6	5.8	0.9	0.1	2.45
ERROR	28	442.7	15.8		

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Tabla 49. Resultados de la prueba de normalidad.

Tests of Normality							
Ensayos	Cemento	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Compresión en estado endurecido (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	0.138	21	,200*	0.936	21	.184
	12%	0.139	21	,200*	0.936	21	.178
Compresión en estado saturado (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	0.222	21	.008	0.911	21	.059
	12%	0.154	21	,200*	0.909	21	.052
Durabilidad (%)	9%	0.146	21	,200*	0.908	21	.051
	12%	0.261	21	.001	0.787	21	.000

Fuente: SPSS.

Elaboración Propia.

Los resultados deben superar el nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ) para que las hipótesis alterna sea considerada aceptada debido a que es un nivel de confianza habitual, en investigaciones experimentales, y es indispensable formular premisas con la probabilidad de acertar.

Se cuenta con 21 muestras para ensayo y al no superar las 30 muestras se toma los valores de Shapiro-Wilk, caso contrario de tener más a 30 se optaría por Kolmogorov-Smirnov<sup>a</sup>.



## **IV. CAPÍTULO. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

### **4.1 DISCUSIÓN**

El objetivo de la investigación es evaluar el comportamiento de como un tipo de suelo combinado con ceniza y la adición de cemento puede mejorar al abobe constructivo frente a su resistencia a compresión en estado saturado, en estado de equilibrio, y la durabilidad que presenta estos mismos.

#### **Análisis de los materiales de construcción**

##### **Suelo**

Después del ensayo de humedad en 3 réplicas se obtuvo que el suelo presenta un porcentaje promedio de humedad de 3.8%, este indicador es la cantidad de agua que presenta el suelo en su estado natural.

Su índice de plasticidad (I.P) de 23.9 lo ubica entre el rango de plasticidad media, aquí se encuentran los suelos limo arcillosos, arcilla limosos, arcilla y limos inorgánicos. Este valor servirá de referencia para los rangos en el punto e inicio del porcentaje de agua a usar en la elaboración de los adobes.

La muestra orgánica del suelo es menor cuando se ensaya la muestra tamizada, es decir , el suelo tamizado tiene un 2% de materia orgánica, mientras que el suelo en su estado natural presenta un 4% de materia orgánica, ambos porcentajes se encuentran en los intervalos en porcentajes, para determinar si un suelo es altamente orgánico. (Cruz ,2006)

En cuanto al peso específico que presento el suelo fue de  $2.75\text{g/cm}^3$ , tal valor se encuentra dentro de lo estipulado por la MTC E 113 que debe estar entre el rango de  $2.5\text{ g/cm}^3 - 2.75\text{g/cm}^3$ .

### Granulometría del Suelo

Este ensayo nos permitió conocer la estabilidad de la estructura del suelo, lo cual según la norma E0.80-2006 resalta que para la gradación de un suelo para elaboración de adobes no es factible utilizar suelo muy arcilloso, porque en su tiempo de secado pueden presentar fisuras y grietas en su estructura.

Para el suelo analizado se determinó un porcentaje de arcillas y limos de 69.6% superando al 12%, lo cual indica que según S.U.C.S no es necesario calcular coeficiente de curvatura ni el coeficiente de uniformidad, puesto que el porcentaje de arcilla supera al 12%, clasificando al suelo en el grupo CL, en este grupo se encasillan las arcillas inorgánicas (Juárez y Rodríguez, 2016, p.156)

Las muestras del material ensayado son continuas y se encuentran entre 2.00mm y 0.08mm, es decir entre las mallas N°16 hasta la bandeja fondo; de acuerdo a su morfología podemos decir que es granular (en granos) y se acomoda mejor en su estructura.

**SUCS**, este cuenta con un 69.6% pasante la malla N° 200, lo cual en SUCS indica que es un suelo de grano fino, debido a que contiene más del 50% pasa este tamiz, el suelo contiene un límite líquido de 35.4% menor a 50%, un índice plástico de 11.5 el cual es mayor que 7, ubicándose en la clasificación "CL".

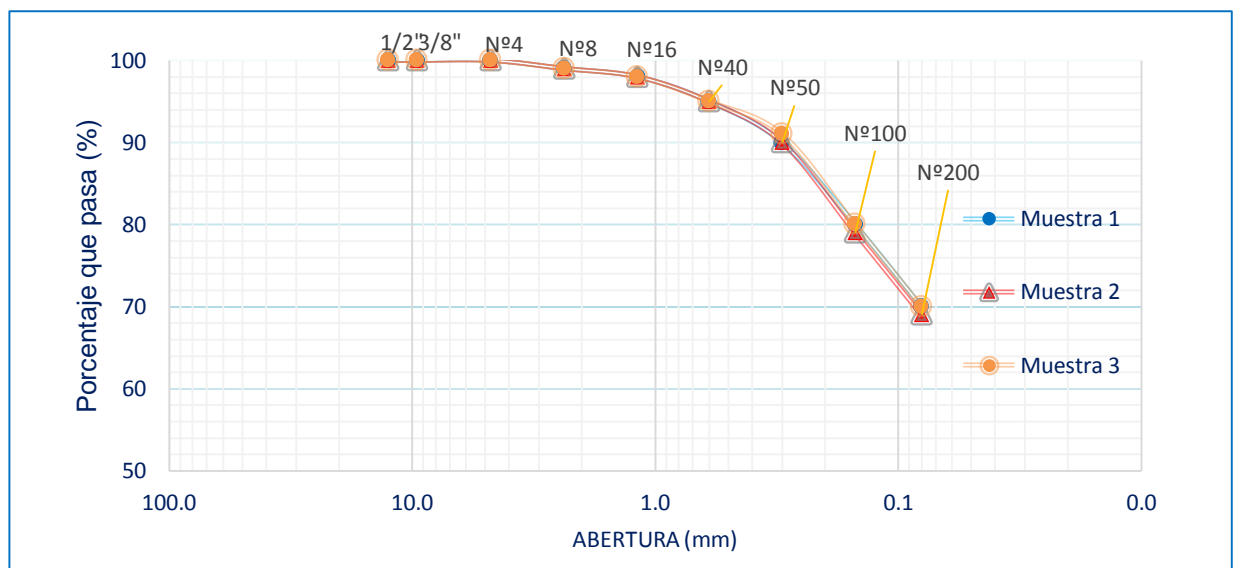


Figura 27. Curvas granulométricas de la tierra

Analizando la inclinación de la gráfica se puede decir que, el promedio del suelo luego de sus tres réplicas de ensayos respectivamente, demuestran que el suelo a partir de la malla N°40 presenta una ligera retención de material.

En la gráfica se resalta que las muestras pasan inicialmente todo el material lo cual refiere a la ausencia de gravas en el suelo. Es a partir de la malla N°16, donde se da el cambio puesto que los suelos caen indicando que a partir de la malla N°40, los porcentajes retenidos aumentan esto debido al aumento de los finos.

## Ceniza

Después del ensayo de humedad en 3 réplicas se obtuvo que la ceniza presenta un porcentaje promedio de humedad de 5.6%, este indicador es la cantidad de agua que presenta la ceniza en su estado natural.

La ceniza no presenta índice de plasticidad debido a que es un material que conjugada con el agua no presenta trabajabilidad.

La muestra orgánica de la ceniza es menor cuando se ensaya la muestra tamizada, es decir, la ceniza tamizada tiene un 28% de materia orgánica, mientras que la ceniza en su estado natural presenta un 33% de materia orgánica, lo cual conlleva a seleccionar para la elaboración de adobes la muestra de ceniza tamizada, la diferencia porcentual se denota debido a la gran cantidad de materia orgánica o sucios con el que se vino las muestras.

## Granulometría de la Ceniza

En este ensayo se realizó con el propósito de conocer la composición de la ceniza y asimilarla con la del suelo, dando como resultado un porcentaje en el rango de grava de 3%, arena 84% y 14% de finos; siendo esto muy óptimo puesto que al no contener gran porcentaje de finos ni gravas, no resultan alterando gravemente el suelo subiendo sus porcentajes al ser mezclados con la tierra, ya que el fin principal es aumentar el porcentaje de ceniza de la tierra. Presenta un módulo de finura de 1.1 lo cual no supera a lo establecido de 1.5 ello significa que esta ceniza en su estado natural se trataría de una arena fina. Las muestras del material ensayado son discontinuas y se encuentran entre 5 mm a 0.08mm, es decir entre las mallas N°4 hasta la bandeja fondo; de acuerdo a su morfología los polvos de cenizas volantes están formados por partículas mayoritariamente esféricas (cenosferas y plerosferas), así como de partículas de inquemados adheridas a las partículas de ceniza, con tamaño de partícula promedio del orden de micrómetros. (Peña y Ortega, 2014)

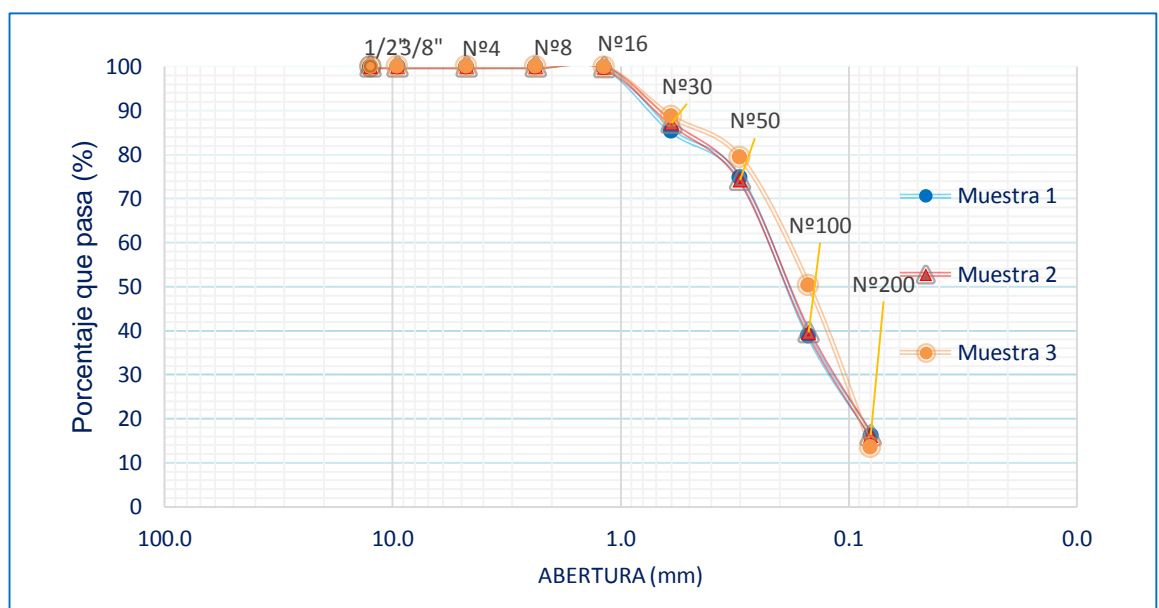


Figura 28. Curvas granulométricas de la ceniza en su estado natural.

### Granulometría de la Ceniza por Lavado

Con este ensayo se determinó la composición de la ceniza después de someterla a lavado, desechando así materia sucia, la cual no favorece a la composición del adobe, este ensayo presenta como resultado en comparación a la composición del suelo, un porcentaje en el rango de grava de 0%, arena 37% y 63% de finos.

Las muestras del material ensayado al ser lavadas, pierden el material orgánico con el que se recogió y las vuelve un material continuo, se encuentran entre 0.300 mm hasta 0.080mm, es decir entre las mallas N°50 hasta la bandeja fondo; de acuerdo a su morfología

Con estos porcentajes de ceniza en lavado, podemos decir que no es favorable utilizar ceniza luego de ser lavada y secada al horno para la composición del adobe, puesto que al contener gran porcentaje de finos sumados como material de pérdida en su ensayo, altera gravemente al suelo pudiendo ocasionar fisuras o roturas en la conformación del adobe, el módulo de finura que presenta es de 0.2 lo cual no supera a lo establecido de 1.5 para llegar a ser arena fina en similitud a la composición del suelo.

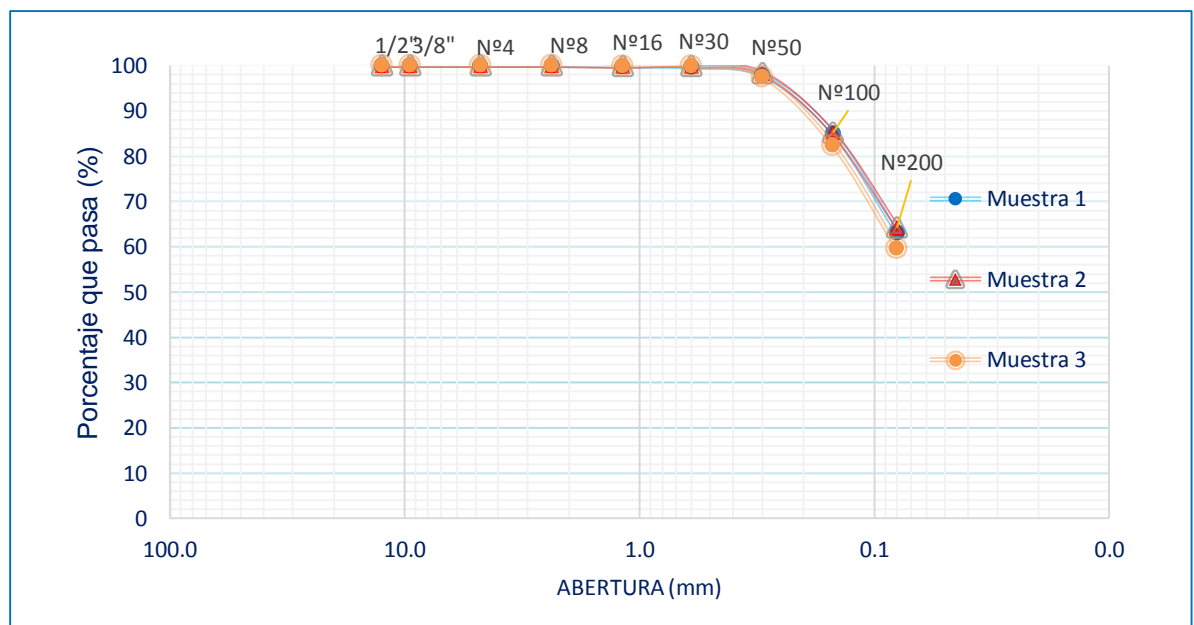


Figura 29. Curvas granulométricas por lavado de la ceniza.

### **Características del cemento**

El cemento tipo I

Esta investigación está enfocada en elaboración de adobes y para obtener una mayor resistencia y durabilidad en su estructura, se optó por el cemento Tipo I.

Este cemento como es de uso general en construcciones no contiene adiciones, proporciona altas resistencias a edades tempranas lo cual ayuda en la dosificación del adobe proporcionando una mejor resistencia y un óptimo tiempo de secado.

Según la NTP 339.009, indica que la resistencia es mayor a lo establecido, por ello presenta mayores resistencias iniciales y moderadas resistencias finales.

Su composición está conformada en su mayoría por la cantidad de Clinker, es así que presenta un contenido mayor de Silicato tricalcico ( $C_3S$ ) entre 40-50% y Aluminio tricalcico ( $C_3A$ ) entre 4-11%, en comparación con los demás cementos.

Los compuestos activos del cemento son inestables, lo que explica que en presencia de agua reorganicen su estructura. Gracias a la hidratación del silicato tricálcico se produce su endurecimiento inicial formando una sílice gelatinosa e hidróxido de calcio.

Adicionar más o menos cemento de lo determinado para cada dosificación generaría problemas, puesto que la composición de cada mezcla se vería alterada.

### **Agua potable**

El agua es el componente que permite la correcta trabajabilidad de la mezcla, ya que para ser apta para el mezclado debe estar libre de sustancias dañinas o muestras orgánicas, de esta manera se dará una correcta hidratación del cemento sin producir alteraciones en la mezcla del adobe, evitando retrasos en la pérdida de resistencia y efectos negativos en su durabilidad.

Para contrastar que el agua utilizada era adecuada para el diseño de mezcla, se realizó un análisis químico que de acuerdo al SENASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento) cumple con los requisitos de un agua potable con un valor de pH 7 estando dentro del rango establecido de 6,5 – 8,5 y también una conductividad de 1.430  $\mu S/cm$  siendo menor al límite máximo permisible de 1.500 dS/cm. Por lo que el agua utilizada no perjudicará a las propiedades de nuestro diseño de mezcla.

**El agua en mezcla:** El agua de mezcla tiene tres funciones principales; reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

#### 4.1.2 Diseño de mezcla

Las dimensiones de este adobe son de 21.5 cm x 12.5 cm x 8.5 cm de largo, ancho y altura respectivamente, estas medidas fueron tomadas como datos de la investigación de Nureña (2017), el principal objetivo por la que se tomó estas dimensiones se debe a la adaptación que el mercado tiene en cuanto a estas medidas, además cabe señalar que en el artículo 6 Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada de la Norma Técnica E.80 (2017), indica que el espesor mínimo de muro deber ser de 40cm, y debido a que el investigado se elaboró con medidas aproximadas a 22 cm , se nota que esta unidad es pequeña en comparación a lo estipulado , ello permitirá menor espacio así se obtendrá menor área desperdiciada en las viviendas.

La dosificación cemento, suelo - ceniza y agua, por ser una mezcla con adición de material con variación de absorción no presenta la dosificación al 100%, es decir el peso del suelo que en un adobe artesanal presenta peso 100%, para nuestro diseño será suelo con la sustitución de porcentaje de ceniza que harán un peso de 100%; añadido a este peso de 100% se le adicionara el cemento en porcentajes de 9% y 12% en base a este peso 100% total, además del agua dependiendo de cada dosificación como se muestra en la tabla N°50.

Los adobes están compuestos por agua, cemento, suelo y porcentajes de ceniza de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% y 35%. Los porcentajes de ceniza se tomaron en cuenta gracias a la prueba de resistencia seca (Anexo N°13), este ensayo es una prueba piloto que se da haciendo esferas con diferentes porcentajes de ceniza, para medir la trabajabilidad que la mezcla tiene sin que esta se deforme o ya no sea manejable, Se referencia los porcentajes con una correlación de 5% en 5%, puesto que son los más significativos debido a que si se partía en porcentaje de aumentos de 1%, 2 %, 3% o 4%, los cambios en el diseño de mezcla no eran relativamente notorios y no presentaban variaciones relevantes al momento de trabajar la mezcla; conforme se le agrego los porcentajes de ceniza resulto ser el 35% la sustitución máxima de ceniza, aun siendo manejable al momento de trabajar la mezcla; decimos que este rango es el máximo puesto que al intentar trabajar con el siguiente porcentaje de correlación en base a 40% de sustitución de ceniza, la mezcla no podía ser moldeada o trabajada, generando en las esferas agrietamiento, fisuras y siendo imposible formar las esferas piloto.

Esta investigación tiene dos porcentajes de cemento: 9% y 12%, que se obtuvieron como datos antecedentes de la tesis "Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo", en la cual presenta a los valores 9% y 12% en la adición de cemento a su adobe como las mayores dosificaciones para la óptima resistencia, alcanzando 36.20 kg/cm<sup>2</sup> y 48.20 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En cuanto al agua en la dosificación es un tema no constante, esto quiere decir que conforme la dosificación cambie el agua también lo hará (Anexo N°14).

Tabla 50. Diseño de mezcla de las materia primas.

Dosificación de la mezcla (%)			
Cemento	Tierra	Ceniza	Agua
<b>9</b>	95	5	32
	90	10	34
	85	15	36
	80	20	38
	75	25	39
	70	30	42
	65	35	45
<b>12</b>	95	5	29
	90	10	32
	85	15	36
	80	20	37
	75	25	42
	70	30	45
	65	35	49

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Para hallar los volúmenes del diseño de mezcla se realiza el ensayo de peso unitario. Seguidamente para sacar la dosificación en base a obra, función obrero, se tiene lo siguiente:

Tabla 51. Ensayo de peso unitario a los materiales de construcción.

Material	Masa (kg)	Lata (kg)	Vol. (m <sup>3</sup> )	Peso unitario Kg/m <sup>3</sup>
<b>Cemento</b>	681.59	67.16	0.49550249	1240
<b>Ceniza</b>	316.45	67.16	0.42878639	581
<b>Suelo</b>	548.00	67.16	0.42878639	1121
<b>Agua</b>	494.60	67.16	0.42878639	997

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Se toma como referencia la dosificación al 9% de cemento, suelo y ceniza al 5%

Tabla 52. Dosificación en proporciones de los materiales de construcción.

Dosificación de la mezcla (%)				Pesos de materiales de construcción (g)			
Cemento	Tierra	Ceniza	Agua	Cemento	Tierra	Ceniza	Agua
9	80	20	38	243	2160	540	782

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.

Sus pesos de gramos lo pasamos a kilogramos para posteriormente convertirlos a volúmenes y finalmente a proporciones.

Tabla 53. Dosificación kilogramos convertidos a volúmenes.

Material	Kg	Volumen (m <sup>3</sup> )	Proporciones	
Cemento	0.243	0.00019597	1.0000	1
Ceniza	0.540	0.00092882	4.7397	4 3/4
Suelo	2.160	0.00192617	9.8291	10
Agua	0.784	0.00078647	4.0133	4

Fuente: Base de datos.

Elaboración Propia.



#### 4.1.3 Tiempo de secado

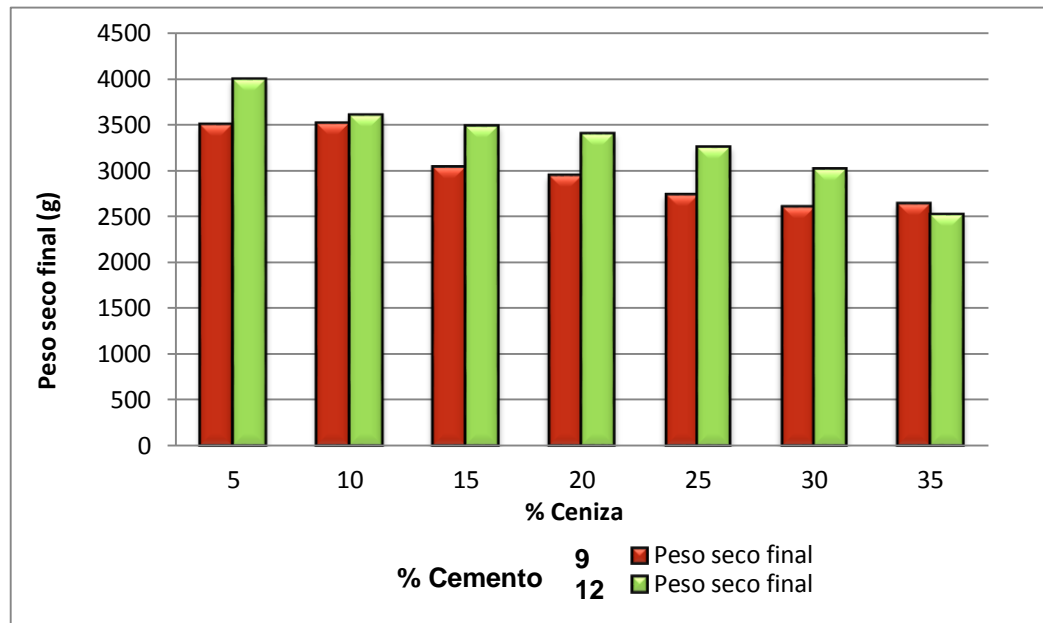


Figura 30. Tiempo de secado del adobe

El tiempo de secado de los adobes fue para el porcentaje de cemento del 9% calculado en 24 días mientras que para el porcentaje de cemento de 12% calculado en 20 días, empezando a calcular su peso desde el día 4 donde su manipulación no afectó a que se disgregue. Según la investigación de Nureña, 2018; el tiempo de secado de sus adobes fue calculado en 27 días en cuanto a los mismos porcentajes de cemento, lo cual lleva a connotar que el tiempo de secado de los adobes con cemento y ceniza ensayados, secan a menor tiempo.

El peso se relaciona con la porosidad del material, la humedad se mantiene en los capilares más finos y puede migrar por ascensión capilar a lo largo de las paredes capilares o por evaporación y condensación sucesiva; la presión parcial del vapor de agua disminuye y el encogimiento aún continúa, pero a un ritmo mucho menor que al inicio de este periodo. (Hernández y Quinto, 2004)

El peso va disminuyendo progresivamente con el pasar de los días, haciendo la diferencia mayor en los primeros días para que después vayan disminuyendo de manera lenta. La contracción en las mezclas del suelo con cemento es el resultado de la pérdida de agua por secado y de las reacciones ocurridas durante la hidratación del cemento.

Al analizar desde las cantidades de cemento en los tipos de suelo, se puede observar que hay más cambio cuando contienen 12% de cemento, para después al aumentar el cemento varíen en menor porcentaje su peso final. Se concluye que al tener más cemento en su estructura el secado va a hacer que el tiempo sea menos y no haya mucha variación en su peso, al mismo tiempo se cita que la menor variación de peso en el tiempo se hará en la tierra que contenga menos ceniza como sucede en la dosificación 5% ceniza y 95% suelo.

#### 4.1.4. Ensayos mecánicos

##### 4.1.4.1. Ensayo de compresión al adobe en estado endurecido

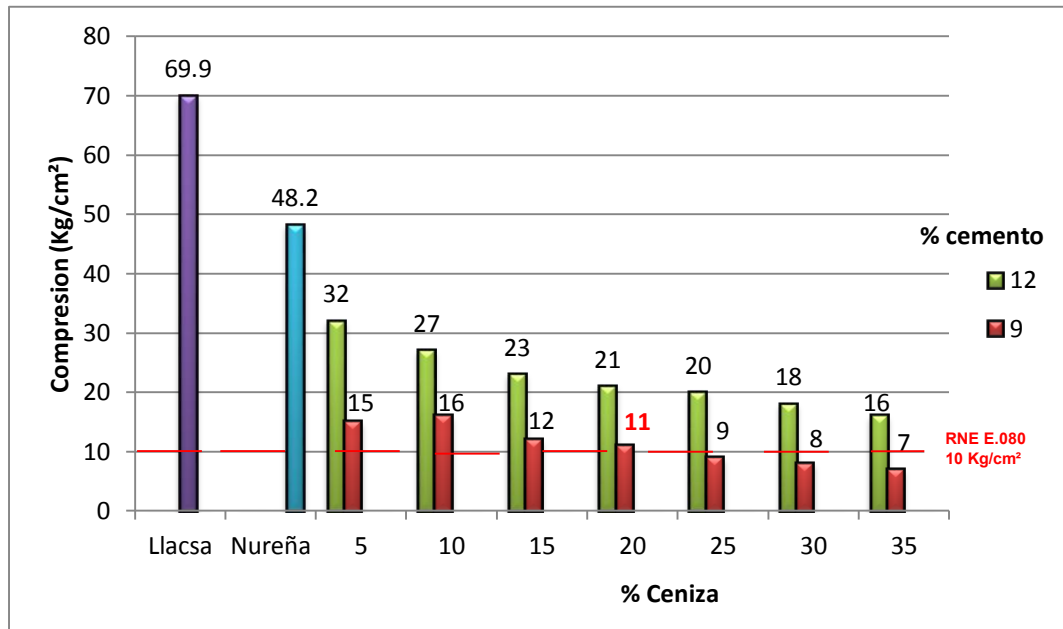


Figura 31. Ensayo de compresión al adobe en estado endurecido

Se muestra la figura con los resultados promedios del ensayo de resistencia a compresión de los 7 tipos de suelo – ceniza empleados con sus diferentes porcentajes de cemento.

En este ensayo de compresión se ha observado un incremento hasta un 320% de la resistencia de los adobes, debido a que el cemento actúa como aglutinante de las partículas de suelo, obteniendo como resultado un bloque más compacto.

Al inicio el espacio que existe entre el suelo y la ceniza en relación a cada partícula sólida que es ocupado por agua y vacíos de aire, conforme transcurre el tiempo el cemento reacciona con el agua y los productos de esta fusión comienzan a alojarse sobre los granos y en los espacios que originalmente ocupaban el agua y el aire. Este proceso crea vínculos entre las partículas a la vez que va estrechando los espacios vacíos, lo cual contribuye a una mejor compactación y ello a una mejor resistencia.

### **Resistencia a compresión en estado de equilibrio en la dosificación con cemento al 9% del peso total del adobe.**

Se observa que la mejor resistencia lo tiene la dosificación suelo 90% y ceniza 10% alcanzando la resistencia máxima de 16 kg/cm<sup>2</sup> en cuanto a la adición de cemento del 9% lo cual supera lo estipulado en la norma RNE E.080 2006 que indicaba que la resistencia del adobe debería superar los 12 kg/cm<sup>2</sup> y de su modificación RNE E.080 2017 de 10 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia más baja y que no está por encima de lo requerido en la RNE E.080 2017 lo tienen la dosificación suelo 85% y ceniza 25% con adición de cemento de 9%; la dosificación suelo 70% y ceniza 30% con adición de cemento de 9%; y la dosificación suelo 65% y ceniza 35% con adición de cemento de 9%, cuales alcanzan una resistencia de 9 kg/cm<sup>2</sup>, 8 kg/cm<sup>2</sup> y 7 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, promedios que no superan lo estipulado por la norma siendo dosificaciones no aptas por la norma RNE E.080 2017.

Otras dosificaciones que si cumplen con lo estipulado son las dosificaciones suelo 95% y ceniza 5% con adición de cemento de 9%, que alcanzan una resistencia de 15 kg/cm<sup>2</sup>, la dosificación es suelo 85% y ceniza 15% con adición de cemento de 9% que alcanzan una resistencia de 12 kg/cm<sup>2</sup>.

La dosificaciones suelo 80% y ceniza 20% con adición de cemento de 9%, por consideración a que es la dosificación que más residuos orgánicos porta con un 20% de ceniza y que logra alcanzar una resistencia de 11 kg/cm<sup>2</sup> y cumple lo que estipula la norma, se considera la más óptima. Se mejora con esta proporción 110% en base a los 10 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Resistencia a compresión en estado de equilibrio en la dosificación con cemento al 12% del peso total del adobe.**

En la dosificación de 12% cemento en cuanto a porcentaje de suelo y ceniza, todos los ensayos de resistencia superan los 10 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia más alta se observó que fue la dosificación suelo 95% y ceniza 5% alcanzando la resistencia máxima de 32 kg/cm<sup>2</sup> en cuanto a la adición de cemento del 9% lo cual supera lo estipulado en la norma RNE E.080 2006 que indicaba que la resistencia del adobe debería superar los 12 kg/cm<sup>2</sup> y de su modificación RNE E.080 2017 de 10 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia más baja pero que está por encima de lo requerido en la RNE E.080 2017 lo tienen la dosificación suelo 65% y ceniza 35% con adición de cemento de 12% que alcanza una resistencia de 16 kg/cm<sup>2</sup>, promedio que supera lo estipulado por la norma, por ende resulta ser factible tal proporción, ya que es la dosificación que cuenta con mayor porcentaje de ceniza. Se mejora con esta proporción 160% en base a los 10 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.4.2. Ensayo de compresión al adobe en estado saturado

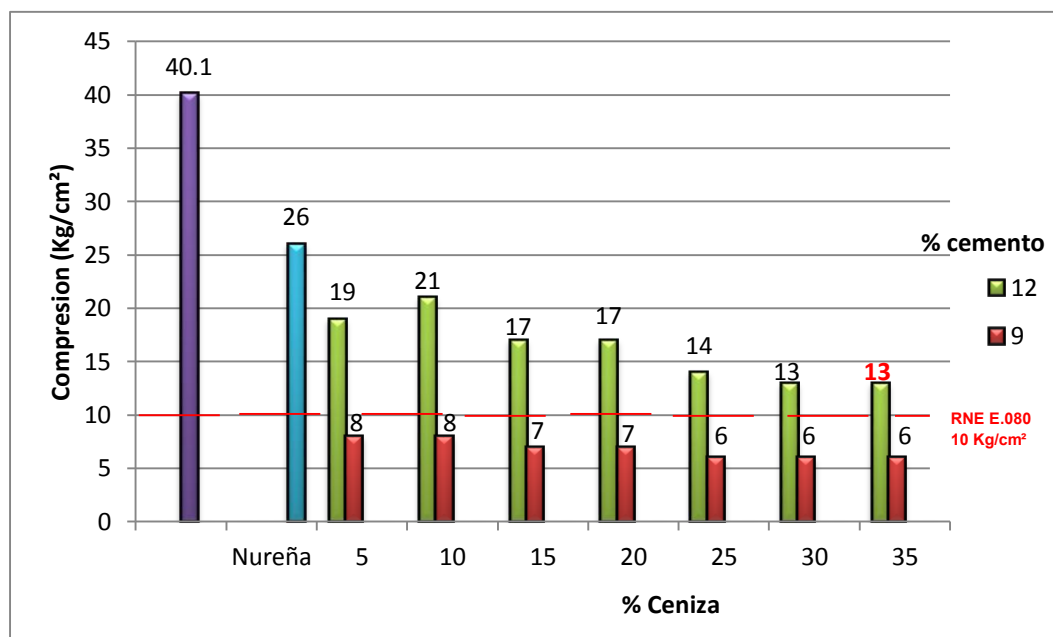


Figura 32. Ensayo de compresión al adobe en estado saturado

A continuación, se muestra la figura donde se observan los resultados al ensayo de resistencia a compresión de un adobe saturado, obtenidos de los 7 tipos de suelo – ceniza combinada con sus diferentes porcentajes de cemento.

El objetivo principal de la estabilización con cemento es una neutralización a la acción del agua. Se habrá realizado una buena estabilización si se obtiene un material cuya disminución de la resistencia mecánica permanezca en los límites luego de la inmersión.

Este ensayo se le aplicó a los adobes estabilizados con cemento al 9% y 12% en base suelo con ceniza desde el 5% hasta el 35%.

Con los resultados se evidencia que las resistencias al 9% y 12% de cemento en cuanto al suelo – ceniza han disminuido al estar un día bajo el agua y ser ensayadas en su estado saturado.

Al igual que en el ensayo de resistencia a la compresión en condiciones estables, las resistencias van aumentando al mayor porcentaje de cemento de 9% y 12% en la dosificación de suelo - ceniza

La resistencia sobre la humedad se debe a que al crear un medio denso se reduce la permeabilidad y se dificulta el ingreso del agua y por tanto se aumenta su resistencia.

La resistencia a compresión en estado saturado con porcentaje de cemento 9% en base a suelo- ceniza, demuestra que ninguna replica supera los  $10 \text{ kg/cm}^2$  que se estipulan deben sobrepasar.

Se puede destacar que los adobes a partir del 12% de cemento al ser sometido bajo agua superan el valor mínimo permisible dado por la Norma, encontrándose entre los rangos de  $13 \text{ kg/cm}^2$  hasta el  $21 \text{ kg/cm}^2$

La dosificación que resulta más óptima y que mejora hasta 130% en base a los  $10 \text{ kg/cm}^2$ , es la dosificación suelo 65% y ceniza 35%, con adición de cemento del 12% presentan una resistencia de  $13 \text{ kg/cm}^2$ . Su valor disminuyó de manera significativa pero aun así mantiene una buena resistencia después de encontrarse saturada con agua, así mismo supera el mínimo aceptable por la RNE E.080\_2006 y 2017 y es la dosificación que cuenta con más porcentaje de residuos, es decir ceniza. La resistencia en base a la humedad se debe a que al crear un medio denso se reduce la permeabilidad y se dificulta el ingreso del agua, es así que aumenta su resistencia en comparación a un adobe común sumergido a agua y sometido a compresión. La sensibilidad al agua ha sido prácticamente en relación resistencia en equilibrio a resistencia en estado saturado.

#### 4.1.5. Ensayo físico

##### 4.1.5.1 ensayo de durabilidad

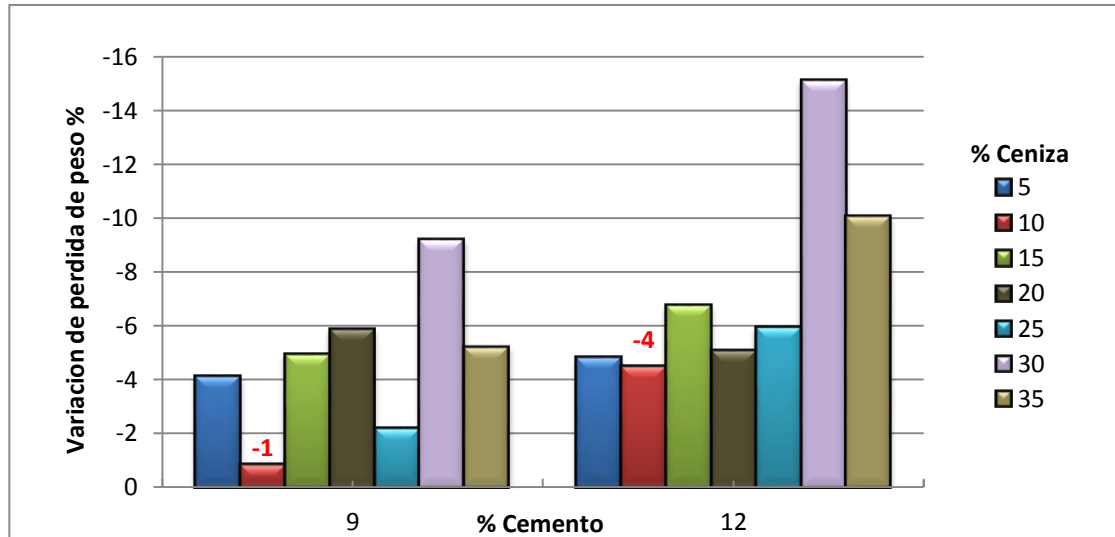


Figura 33. Ensayo de durabilidad al adobe a 7 días

En el adobe estabilizado el material estabilizador disminuye el problema técnico fundamental que presenta el adobe simple, esto es su baja resistencia a la humedad.

El ensayo consistió en ver la pérdida de peso del adobe al encontrarse por 7 días bajo el agua.

Analizando a simple vista el ensayo se pudo notar que la pérdida de material por disgregación en poca, por no decir nada. Sin embargo, la respuesta al paso de 7 días, se denota en aumento de peso del adobe, siendo la dosificación al 9% y 12 %de cemento , suelo 90% y ceniza 10% la que menor peso gana con un aumento del 110% y 140% de su peso total respectivamente.

Estos aumentos de peso se deben a que el cemento como es un aglomerante, se une con las otras partículas ceniza, suelo, agua y se cohesionan por efecto de transformaciones químicas en la mezcla, el cemento pasa por tiempo de fraguado y puesto que la mezcla se une con los otros materiales aumenta el peso del adobe generado por la adición de la ceniza, que es un material poroso y por ello muy absorbente.

#### 4.1.6 Análisis de costo de los materiales de construcción

Se logró determinar el costo total de producción de ceniza de la quema de hoja de caña de azúcar costando S/3.47 nuevos soles por kilogramo, con este dato se pudo hallar el costo de elaboración para 500 unidades de adobe con el suelo (80% arena y 20% ceniza) y con una adición de 9% cemento, el cual fue el tipo de suelo y la adición recomendando en la resistencia a compresión en estado endurecido, con lo cual decimos que el millar costaría S/250.00 nuevos soles.

Desde el punto de vista económico, esta propuesta es atractiva, ya que en comparación con los adobes artesanales de la zona que constaban el millar un promedio de S/230.00 nuevos soles, la diferencia es considerable, debido a que se utiliza un residuo como materia prima, el cual mejora propiedades físicas y mecánicas de un adobe.

#### 4.1.7 Análisis estadístico

En el análisis estadístico se llegó a emplear para la comprobación de datos normales en el programa SPSS (Spectra Precision Survey), esta evaluación se realizó para los datos de las variables dependientes (resistencia a compresión en estado endurecido, resistencia a compresión en estado saturado y durabilidad ) según las variables independientes (porcentajes de cemento y porcentajes de ceniza), donde se pudo comprobar mediante la prueba de Shapiro – Wilk (cuando el tamaño de muestra es  $\leq 30$ ) que los datos estaban dentro de una distribución normal, debido a que eran mayor que el porcentaje de error en ingeniería ( $\alpha=0.05$ , según la variable independiente es un estudio transversal porque se están analizando 2 grupos en un mismo momento y dentro de ellos más de 2 grupos (los 7 porcentajes de ceniza), es por esto que se utilizó el ANOVA para poder validar la hipótesis, donde  $F$  experimentales de cada variable dependiente fueron mayores al  $F$  teórico, por lo tanto, se aceptaron las hipótesis alternas. Como el **FEXPERIMENTAL > FTEORICO**

**Se acepta: H1:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2018.

**Y se rechaza H0:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2018.

## 4.2 Conclusiones

- Se determinó la influencia de la ceniza y cemento en un adobe para muro de mampostería sobre la resistencia a compresión y durabilidad, Trujillo 2018. Concluyendo que la adición de cemento Tipo I en los porcentajes 9% y 12% y la sustitución parcial del suelo por ceniza en los porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% y 35% mejoran evidentemente a las propiedades físicas y mecánicas de un adobe dando resistencias altas, obteniendo una mejor durabilidad y menor pérdida de volumen al ser sumergido en agua.
- Se determinó el tipo de suelo CL, este cuenta con un 69.6% pasante la malla N° 200, lo cual en SUCS indica que es un suelo de grano fino, debido a que más del 50% pasa este tamiz, el suelo contiene un límite líquido de 35.4% menor a 50%, un índice plástico de 11.5 el cual es mayor que 7, ubicándose en la clasificación "CL", el suelo resultó según el diagrama de textura de suelos - USDA ser franco arcilloso, este tipo de suelo es de elevada productividad agrícola y contenía gran cantidad de limos, como se esperaba por ser suelo de chacra.
- Se pudo optimizar el porcentaje de suelo sustituyéndolo con ceniza, proveniente de la quema de caña de azúcar. Obteniendo mejor adición al 20% de sustitución de ceniza por suelo en la dosificación del cemento de 9%; y 35% de sustitución de ceniza por suelo en la dosificación del cemento de 12%.
- Se determinó el tiempo de secado de cada adobe elaborado con distintos porcentajes de ceniza, suelo, cemento y agua, dando como resultado promedio que al porcentaje de 9% de cemento el adobe demora en secar 24 días y al 12% de cemento demora 20 días, es decir 4 días menos, esto se debe a que al tener más cemento en su estructura el secado va a hacer que el tiempo sea menor, la pérdida de agua por secado y de las reacciones ocurridas durante la hidratación del cemento son el resultado de la contracción en la mezcla.
- En base a la sustitución del mayor porcentaje de ceniza, se determinó que la mejor resistencia a compresión en estado endurecido, resulta ser la dosificación de cemento de 9% y adición de 20% de ceniza al suelo con una resistencia a compresión de 11 kg/cm<sup>2</sup>, resultado que está por encima del promedio de los 10 kg/cm<sup>2</sup>, viniendo a ser un índice de su calidad que permitirá asegurar mejor la respuesta de la estructura.
- Se determinó el valor máximo de la resistencia a compresión en estado saturado del adobe de 13 kg/cm<sup>2</sup> considerando el mayor aporte de la sustitución de material de suelo por ceniza para el suelo con porcentaje de cemento de 12% y adición de 35% de ceniza; su resistencia supera los 10 kg/cm<sup>2</sup> estipulado por la norma.



- Se evaluó la estabilidad mediante el ensayo de durabilidad del adobe sumergiendo en agua a 7 días. Al estar el adobe sumergido en agua reposada, se observó que el adobe con cemento de 9% y sustitución del 10% de ceniza en el suelo, presenta una variación de ganancia de peso de 29 g que en porcentaje resulta 1% del peso total del adobe, siendo la dosificación más óptima en base al porcentaje de cemento de 9%. Así también se observó que el adobe con cemento de 12% y sustitución del 10% de ceniza en el suelo, presenta una variación de pérdida de peso de 157 g que en porcentaje resulta 4% del peso total del adobe, siendo la dosificación más favorable en base al porcentaje de cemento de 12%, con tales resultados se concluye que los adobes ensayados no se degradan perdiendo material sino por el contrario al estar bajo agua el cemento con la ceniza y suelo se cohesionan, por efecto de transformaciones químicas en su masa.
- Se elaboró un análisis estadístico donde se verifica que las variables independientes influyen en las variables dependientes, es decir la ceniza y cemento generan mejoras positivas en un adobe para muro de mampostería sobre la compresión y durabilidad, por ello que se acepta la hipótesis alterna.
- Se logró presupuestar el millar de la mejor dosificación a resistencia a compresión en estado endurecido, resultando ser la dosificación con adición de cemento al 9% y sustitución de material de ceniza al 20%, dando un costo por espécimen de S/ 0.25 nuevos soles y el millar a S/ 250.00 nuevos soles en comparación con los precios de los adobes artesanales que promedian el millar a S/ 240.00 nuevos, concluyendo que es factible elaborar el adobe estabilizado por un bajo incremento de costo.
- Se pudo hallar las proporciones de los materiales de construcción respecto a obra, esto es recomendado puesto que en campo las mezclas se trabajan de manera distintas a lo investigado, en mayores cantidades, con ello la dosificación resulto ser para el cemento, ceniza, suelo, agua de 1: 4  $\frac{3}{4}$  :1 0: 4.

### 4.3 Recomendaciones

- Se debe analizar el suelo empleado en la investigación con los distintos porcentajes de sustitución de ceniza y la adición de cemento, para ver como esta dosificación de los tres componentes reaccionan en base a un 100% de peso total en cuanto al adobe.
- Se recomienda que, al hacer el ensayo de resistencia a compresión en estado saturado, el adobe que es sacado posteriormente del agua, debe permanecer más de un día en secado al horno, con la intención de que la mezcla del bloque de adobe quede totalmente seca para un correcto ensayo.
- Se debería evaluar y analizar la resistencia mecánica por pila y por murete al adobe, para que de esa manera se observe su comportamiento como muro. Así mismo, se debe considerar la correcta dosificación y elaboración del mortero empleado para la unión de estos.
- La elaboración del adobe debe ser controlada puesto que un buen moldeo asegura una mejor respuesta en su resistencia mecánica.

## REFERENCIAS

- Apuntes de geotecnia con énfasis en laderas. (2010). Recuperado el 2018, de [http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de\\_2498.html](http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_2498.html)
- Apuntes ingeniería civil. (2010). Recuperado el 2018, de <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/11/se-llama-liquidez-al-estado-liquido-que.html>
- Barriga, J. H. (2018). "Influencia de los curadores, tiempo de curado y número de capas en la superficie del concreto sobre la resistencia a compresión, Trujillo 2018".
- Barrios, G., Álvarez, L., Arcos, H., Marchant, E. & Rosi, D. (1987). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. En revista Informes de la construcción, pp. 44.
- Bazán, C. H. (2017). "Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar".
- BibLus. (20 de Marzo de 2018). Obtenido de <http://biblus.accasoftware.com/es/analisis-precios-como-calculiar-el-precio-unitario-software-primus/>
- Bizalab. (2018). Analisis DRX. Lima.
- Blanco Montero , C., & Morales Pereira, P. (s.f.). Recuperado el 2018, de Arquitectos Sen Fronteiras: ficha técnica: sistema constructivo adobe/tapial
- Borselli, D. L. (s.f.). (I. d. Geología, Ed.) Recuperado el 2018, de [https://www.lorenzoborselli.eu/geotecnia1/Geotecnia\\_1\\_parte\\_II.pdf](https://www.lorenzoborselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf)
- Botanical. (2018). Obtenido de <https://www.botanical-online.com/medicina-natural/bronquitis-caracteristicas-sintomas-causas>
- Cabo, M. (2011). Material Sostenible para la construcción. Navarra.
- Castillo Linton, C. E. (2015). Modificación de las propiedades de matrices cementantes mediante la adición de nanopartículas de sílice. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma Nuevo León, México, pp.17.
- Carcedo, M. (2012). Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España., Madrid, España, pp.25.
- Carrascal, F. A. (2016). Clasificación de suelos. Colombia.
- Cid, J.J, (2012). Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, pp.25.

CONADESUCA. (2015). Boletín técnico informativo.

Construcción con Adobe. (2016). Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de Reconstruir Hoy: <http://www.reconstruirhoy.com.ar/construccion-con-adobe/>

Construcción, C. (2018). Canal Construcción. Obtenido de <http://canalconstruccion.com/cemento-portland-usos-y-tipos.html>

CONSTRUMATICA. (s.f.). Recuperado el 2018, de [https://www.construmatica.com/construpedia/Cuchara\\_de\\_Casagrande](https://www.construmatica.com/construpedia/Cuchara_de_Casagrande)

Dancé Caballero, J. J., & Domingo F. Sáenz Yaya, D. F. (2017). La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental.

Esguerra, M. (2013). Adobe de suelo derivado de cenizas volcánicas: UNA. Colombia.

Estructuras Bioclimáticas Avanzadas. (s.f.). Construir una casa con BTC Bloque de Tierra Comprimido estabilizado. Obtenido de <http://ebasl.es/construir-una-casa-con-btc/>

Francisco, N. Z. (2017). "Influencia del estabilizante de cemento y durabilidad de un adobe constructivo, trujillo". Peru.

Gamarra Cotohuanca, N., & Galdos Bautista, N. (2014). El adobe como material de construcción en viviendas sismorresistentes. Cusco.

Gloria, G. (s.f.). Casa Grande S.A.A. Recuperado el 2018, de Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A. : <http://www.grupogloria.com/casagrande.html>

Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. (I. Capella, Ed.) Madrid, España: Impulso Global Solutions.

Hernández Rodríguez, J., & Quinto Diez, P. (2004). Secado de medios porosos: una revisión a lasteorías actualmente en uso. Mexico: Universidad de Quintana Roo.

Hernandez, j. m. (2011). materiales de construccion. Recuperado el 2018, de <http://joseluismartinezhernandez.blogspot.com/2011/04/muros-y-sus-clasificaciones.html>

Hijar, F. E. (2004). Estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea. estudio de mortero de mediana a baja resistencia de cemento, con adición de cal aérea. Lima, Lima, Perú.

INFOAGRO. (s.f.). Recuperado el 2018, de [https://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_conductividad\\_electrica.asp?k=53](https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53)

- Jara Rodríguez , R. H., & Palacios Ambrocio, R. D. (2015). Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Chimbote, pp.145
- Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2016). Mecánica de suelos (Vol. 1). (G. N. EDITORES, Ed.) Mexico, Mexico: LIMUSA, S.A.
- Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). Materiales para la Ingeniería civil. Madrid: Equipo de diseño Pearson Educación S.A, pp.212-225.
- Massanet, H., Costa, H., Barba C, A., & Barba Solana, C. (2011). Vermiculita en suelos desarrollados sobre Gneis. Obtenido de <http://www.edafologia.net/revista/tomo8/art2t8t.htm>
- MINAG. (2013). La cosecha de caña de azúcar: impacto económico, social y ambiental.
- Ministerio de Vivienda, C. Y. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Norma E.080. Peru.
- Morales, S. G. (Comprender los procesos de degradación de los materiales). Comprender los procesos de degradación de los materiales. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mundo, L. e. (s.f.). ¿Por qué endurece el cemento? Recuperado el 2018, de <https://www.altamezcla.com.ar/notas/151/por-que-endurece-el-cemento?page=2&per-page=2>
- Peña Rodríguez , G., & Ortega Triana, L. (2014). Caracterización morfológica y estructural. Colombia: Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Física. Grupo GITEC. Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta.
- Pérez, M. (2000). Instituto Mexicano del Cemento y Concreto A.C. Obtenido de <http://www.imcyc.com/cyt/junio04/siglo.htm>
- Perú, f. d. (2018-2019). Salarios y Beneficios sociales. Lima.
- Peruecologico. (s.f.). Recuperado el 2018, de [https://www.peruecologico.com.pe/lib\\_c18.htm](https://www.peruecologico.com.pe/lib_c18.htm)
- Riego, M. d. (2015). Producción de Caña de azúcar en el Perú, Perspectivas.
- Ríos, E. (2010). Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. (Tesis de Maestría en Ciencias). Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca de Juárez, México, pp.37.
- RPP. (2017). porque ocurre el fenómeno del niño costero y sus consecuencias.
- Rubio, M. E. (2013). Adobe de suelo derivado de cenizas volcánicas: una alternativa constructiva. Colombia.
- SUGARCANE. (2018). Obtenido de [http://www.sugarcane crops.com/s/crop\\_growth\\_phases/](http://www.sugarcane crops.com/s/crop_growth_phases/)

## ANEXOS

### ANEXO N°1. Características de los agregados para la elaboración de los adobes

Tabla 54. Contenido de humedad – suelo

Muestra	Código	Peso tara (g)	Peso tara + muestra natural (g)	Peso tara + muestra seca (g)	Peso muestra natural (g) "Ph"	Peso muestra seca (g) "Ps"	Humedad (%) "W"
Suelo	M1	28.37	34.74	34.51	6.37	6.14	3.7
	M1	30.36	36.75	36.51	6.39	6.15	3.9
	M3	28.73	34.88	34.66	6.15	5.93	3.7
<b>Promedio</b>							3.8

Tabla 55 .Análisis granulométrico de la tierra muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	204.78	204.78	0	0	0	100
3/8"	9.500	186.12	186.12	0	0	0	100
N°4	4.750	190	191.42	1.42	0	0	100
N°8	2.360	171.48	173.84	2.36	0	1	99
N°16	1.180	127.68	134.57	6.89	1	2	98
N°30	0.600	124.14	138.72	14.58	3	5	95
N°50	0.300	123.05	148.98	25.93	5	10	90
N°100	0.150	114.62	166.9	52.28	11	21	79
N°200	0.075	245.65	297.91	52.26	11	31	69
Fondo	< 0.075	226.68	575.050	348.37	69	100	0

Tabla 56. Análisis granulométrico de la tierra muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	204.78	204.78	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.12	186.12	0.00	0	0	100
N°4	4.750	190	192.070	2.07	0	0	100
N°8	2.360	171.48	174.340	2.86	1	1	99
N°16	1.180	127.68	135.220	7.54	2	3	98
N°30	0.600	124.14	138.520	14.38	3	5	95
N°50	0.300	123.05	145.370	22.32	4	10	90
N°100	0.150	114.62	163.540	48.92	10	20	80
N°200	0.075	245.65	299.220	53.57	11	30	70
Fondo	< 0.075	226.68	575.050	348.37	70	100	0

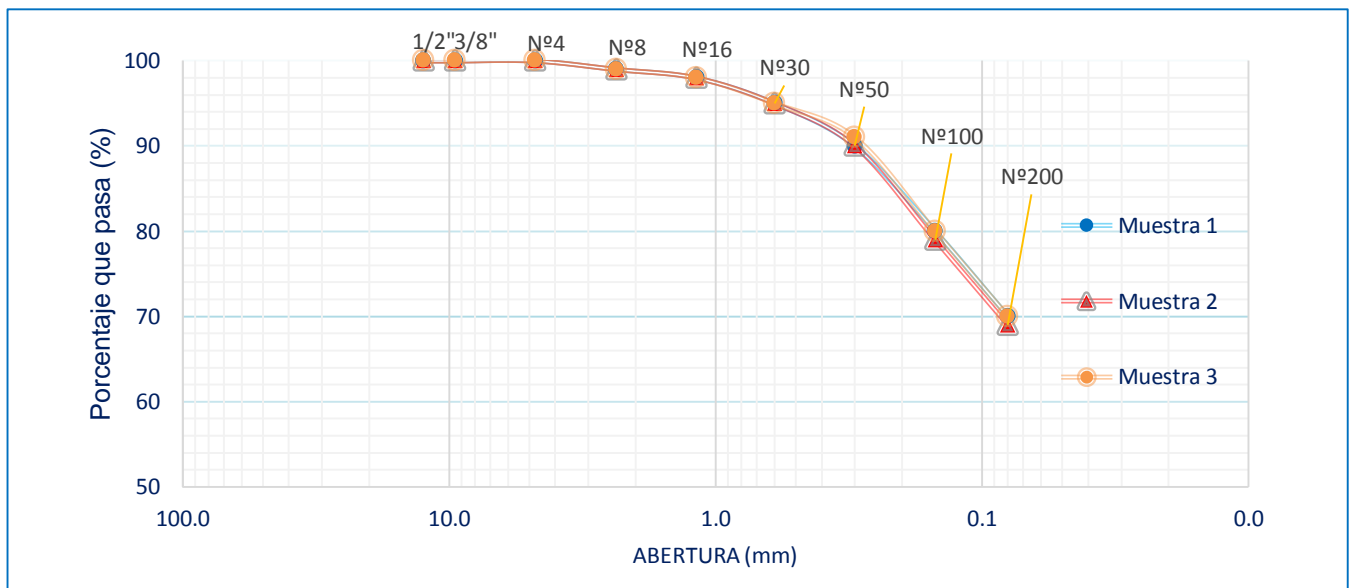


Figura 34. Curvas granulométricas de la tierra

Tabla 57. Composición de las muestras de la tierra

Comp. de la Muestra		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3			
%GRAVA	Grava gruesa : de 80 a 40 mm (de 3" a 1 1/2" )	0	0	0			
	Grava Fina : de 40 a 20 mm (1 1/2" a 3/4" )	0	0	0			
	Gravilla : de 20 a 10 mm (3/4" a 3/8")	0	0	0			
	Grava arena : de 10 a 5 mm (3/8" a N° 4)	0	0	0	0	0	
%ARENA	Grano grueso : de 5 a 2 mm (N° 4 a N° 10)	0	1	1			
	Grano medio : de 2 a 0,50 mm ( N° 10 a N° 40)	4	4	5			
	Grano fino : de 0,50 a 0,080 ( N° 40 a N° 200)	27	31	25	30	25	30
%FINO	Limo - arcilloso:	69	69	70	70	70	70
	<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100



Tabla 58. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de la tierra

Material	Código	Peso muestra seca al horno (g) "A"	Peso fiola (g) "M"	Peso fiola + agua (g) "B"	Peso fiola + muestra (S.S.S.) (g) "N"	Peso fiola + agua + muestra (S.S.S.) (g) "C"	Peso de la muestra (S.S.S.) (g) "S=N-M"	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad (S.S.S.) (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Suelo	M1	41.93	116.76	365.42	166.76	391.2	50	1.73	2.06	2.6	19.2
	M2	42.25	116.76	366.84	166.76	393.85	50	1.84	2.17	2.77	18.3
	M3	41.56	116.76	364.86	166.76	391.95	50	1.81	2.18	2.87	20.3
<b>Promedio</b>								1.79	2.14	2.75	19

Tabla 47. Peso Específico y Porcentaje de Absorción de la ceniza

Material	Código	Peso muestra seca al horno (g) "A"	Peso fiola (g) "M"	Peso fiola + agua (g) "B"	Peso fiola + muestra (S.S.S.) (g) "N"	Peso fiola + agua + muestra (S.S.S.) (g) "C"	Peso de la muestra (S.S.S.) (g) "S=N-M"	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad (S.S.S.) (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Ceniza	M1	36.45	101.42	349.98	151.42	381.02	50	1.92	2.64	6.74	37.2
	M2	37.1	101.42	349.98	151.42	383.54	50	2.26	3.04	10.48	34.8
	M3	37.54	101.42	349.98	151.42	384.24	50	2.39	3.18	11.45	33.2
<b>Promedio</b>								2.19	2.95	9.55	35

Tabla 59. Índice de Plasticidad de la tierra

	LL			LP		
	1	2	3	1	2	3
Tara	1	2	3	1	2	3
Nro. de golpes	22	27	37			
Peso tara	26.3	24.9	28.5	26.3	24.9	28.5
Peso tara + suelo húmedo (g)	33.1	32.1	37.3	27.5	26.4	30.0
Peso tara + muestra seca (g)	31.3	30.2	34.9	27.4	26.2	29.9
Peso del agua	1.8	1.9	2.3	0.1	0.2	0.2
Peso suelo seco	5.1	5.3	6.4	1.2	1.3	1.4
Contenido de humedad (%)	34	36	36	11	12	12
	<b>Limite liquido %</b>	:	35			
	<b>límite plástico %</b>	:	12			
	<b>Índice de plasticidad %</b>	:	24			

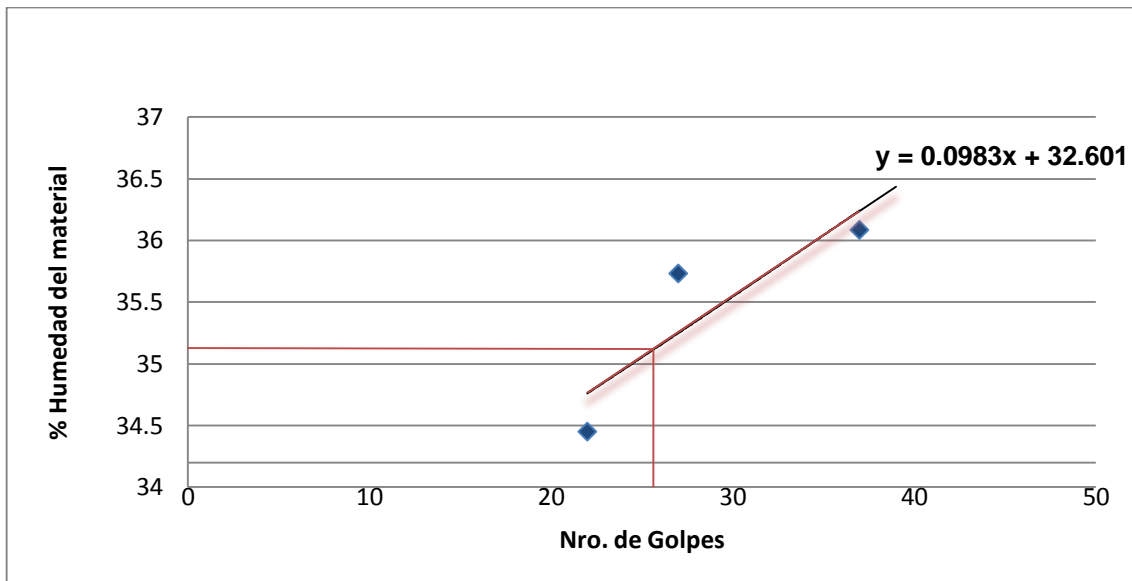


Figura 35. Limite líquido de la tierra

Tabla 60. Ph y conductividad de las materias primas

Materia Prima	Ph	conductividad dS/m
Agua Potable	7	1.430
Agua destilada	8	0.028
Tierra	9	0.752
Ceniza	8	2.625

Tabla 61. Muestra Orgánica del suelo

<b>Muestra</b>	<b>Peso del crisol + suelo seco al horno (g)</b>	<b>Peso del crisol+ suelo después de la ignición (g)</b>	<b>Peso crisol (g)</b>	<b>Muestra orgánica %</b>
Suelo tamizada	22.86	22.74	17.14	2
Suelo en su estado natural	46.33	45.78	31.48	4

Tabla 62. Muestra Orgánica de la ceniza

<b>Muestra</b>	<b>Peso del crisol + suelo seco al horno (g)</b>	<b>Peso del crisol+ suelo después de la ignición (g)</b>	<b>Peso crisol (g)</b>	<b>Muestra orgánica %</b>
Ceniza tamizada	35.05	34.18	31.03	28
Ceniza en su estado natural	39.47	38.37	35.08	33

Tabla 63. Contenido de humedad – ceniza

Muestra	Código	Peso tara (g)	Peso tara + muestra natural (g)	Peso tara + muestra seca (g)	Peso muestra natural (g) "Ph"	Peso muestra seca (g) "Ps"	Humedad (%) "W"
Ceniza	M1	67.2	131.2	127.98	64	60.78	5.30
	M1	68.6	134.1	130.8	65.5	62.2	5.31
	M3	66.8	131.82	128.1	65.02	61.3	6.07
<b>Promedio</b>							5.56

Tabla 64. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado natural - muestra 1

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
Nº4	4.750	190.10	192.88	2.78	3	3	100
Nº8	2.360	171.40	174.12	2.72	3	5	100
Nº16	1.180	127.82	129.54	1.72	2	7	100
Nº40	0.600	124.80	129.02	4.22	4	11	89
Nº50	0.300	124.36	133.61	9.25	9	21	79
Nº100	0.150	114.76	143.94	29.18	29	50	50
Nº200	0.075	246.08	283.01	36.93	37	86	14
Fondo	< 0,075	219.05	232.65	13.60	14	100	0

Tabla 65. Análisis granulométrico de la ceniza en su estado natural - muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	190.10	193.75	3.65	4	4	100
N°8	2.360	171.40	173.68	2.28	2	6	100
N°16	1.180	127.82	130.08	2.26	2	8	100
N°40	0.600	124.80	131.13	6.33	6	15	85
N°50	0.300	124.36	134.94	10.58	11	25	75
N°100	0.150	114.76	150.54	35.78	36	61	39
N°200	0.075	246.08	268.65	22.57	23	84	16
Fondo	< 0,075	219.05	235.21	16.16	16	100	0

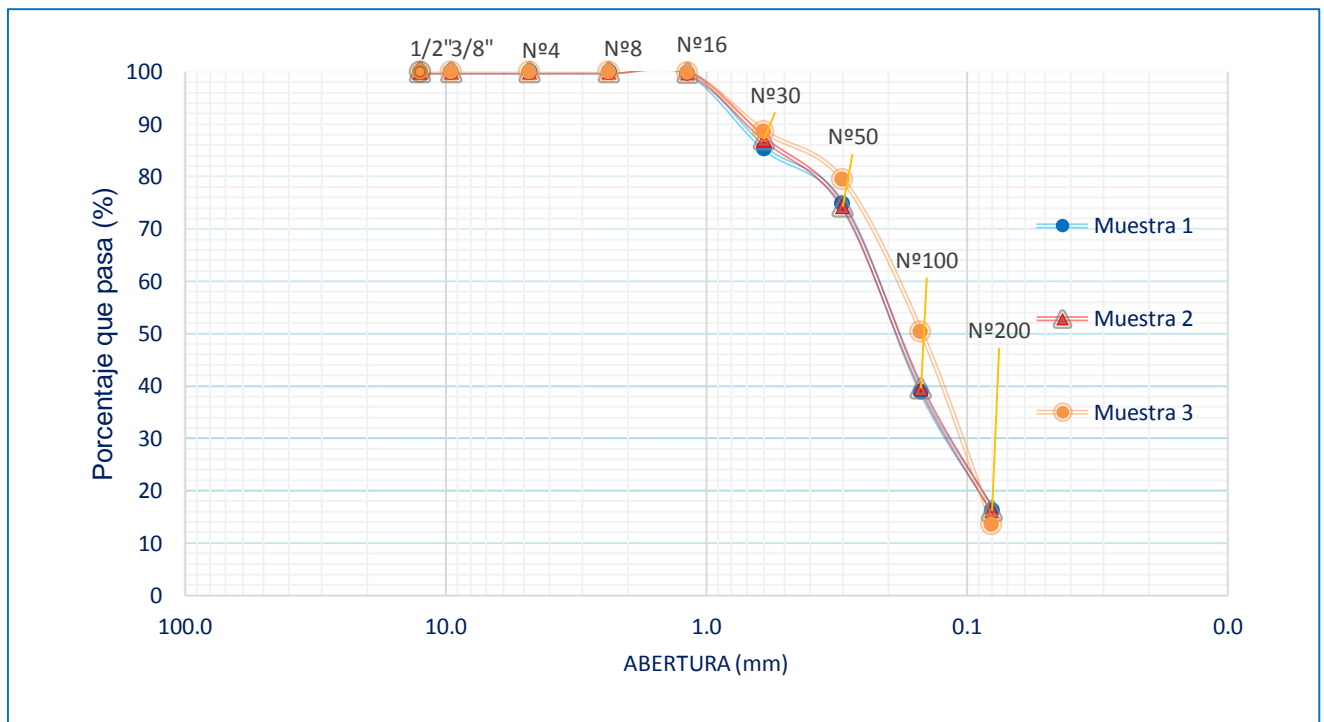


Figura 36. Curvas granulométricas de la ceniza en su estado natural.

Tabla 66. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza - muestra 1

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	0.00	0.00	0	0	100
N°40	0.600	124.80	125.15	0.35	0	0	100
N°50	0.300	124.36	126.11	1.75	2	2	98
N°100	0.150	114.76	127.63	12.87	13	15	85
N°200	0.075	246.08	268.04	21.96	22	37	63
Fondo	< 0,075	219.05	219.53	63.07	63	100	0

Tabla 67. Análisis granulométrico por lavado de la ceniza - muestra 2

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	0.00	0.00	0	0	100
N°40	0.600	124.80	124.88	0.08	0	0	100
N°50	0.300	124.36	126.72	2.36	2	2	98
N°100	0.150	114.76	129.92	15.16	15	18	82
N°200	0.075	246.08	268.87	22.79	23	40	60
Fondo	< 0,075	219.05	227.48	59.61	60	100	0

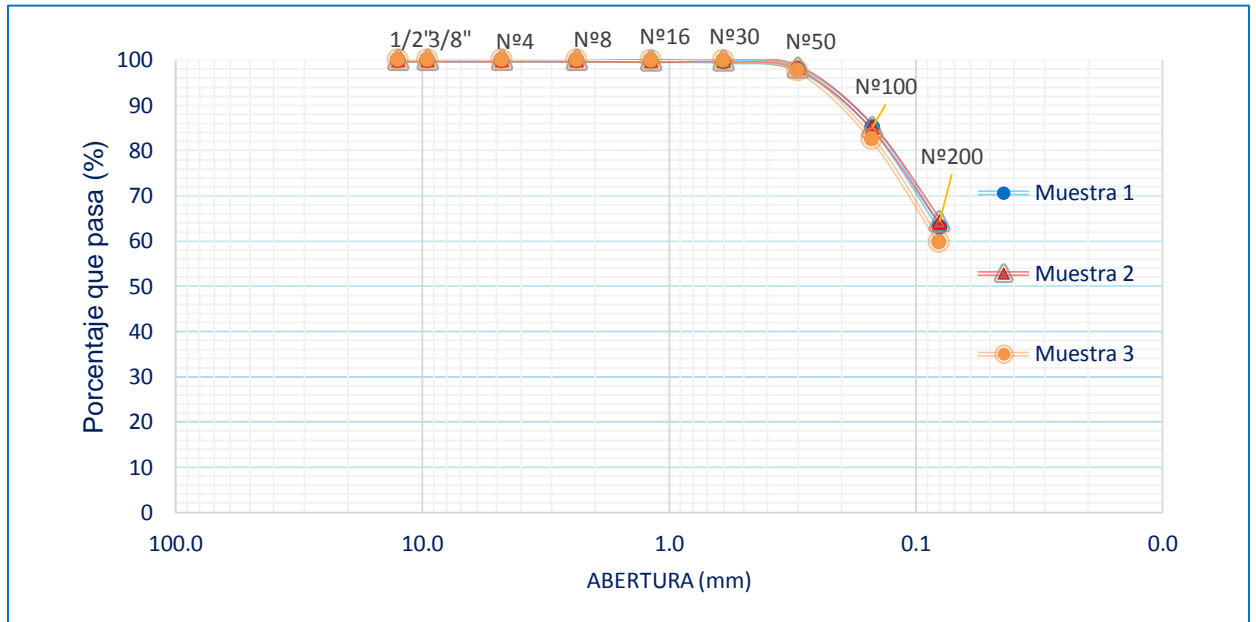


Figura 37. Curvas granulométricas por lavado de la ceniza.



Tabla 68. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 5 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.79	0.79	5	5	95
N°100	0.150	114.64	121.95	7.31	43	47	53
N°200	0.075	247.99	256.75	8.76	51	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.78	0.22	1	100	0

Tabla 69. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 10 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	124.01	1.01	5	5	95
N°100	0.150	114.64	122.14	7.50	41	46	54
N°200	0.075	247.99	257.78	9.79	53	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.68	0.12	1	100	0

Tabla 70. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 15 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de vtamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.64	0.64	4	4	96
N°100	0.150	114.64	121.33	6.69	41	45	55
N°200	0.075	247.99	256.79	8.80	54	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.65	0.09	1	100	0

Tabla 71. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 20 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.70	0.70	4	4	96
N°100	0.150	114.64	121.70	7.06	42	46	54
N°200	0.075	247.99	257.01	9.02	53	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.73	0.17	1	100	0

Tabla 72. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 25 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.64	0.64	4	4	96
N°100	0.150	114.64	121.51	6.87	42	46	54
N°200	0.075	247.99	256.83	8.84	54	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.69	0.13	1	100	0

Tabla 73. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 30 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.57	0.57	4	4	96
N°100	0.150	114.64	120.82	6.18	39	43	57
N°200	0.075	247.99	256.80	8.81	56	99	1
Fondo	< 0,075	226.56	226.72	0.16	1	100	0

Tabla 74. Análisis granulométrico por lavado Suelo con ceniza al 35 %

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de tamiz (g)	Peso tamiz + muestra (g)	Peso retenido (g)	Peso retenido (%)	% Acumulado	
						Retenido	Pasante
1/2"	12.500	205.07	0.00	0.00	0	0	100
3/8"	9.500	186.06	0.00	0.00	0	0	100
N°4	4.750	316.64	0.00	0.00	0	0	100
N°8	2.360	171.32	0.00	0.00	0	0	100
N°16	1.180	127.82	127.82	0.00	0	0	100
N°30	0.600	124.30	124.30	0.00	0	0	100
N°50	0.300	123.00	123.69	0.69	4	4	96
N°100	0.150	114.64	121.26	6.62	40	44	56
N°200	0.075	247.99	257.16	9.17	55	100	0
Fondo	< 0,075	226.56	226.64	0.08	0	100	0

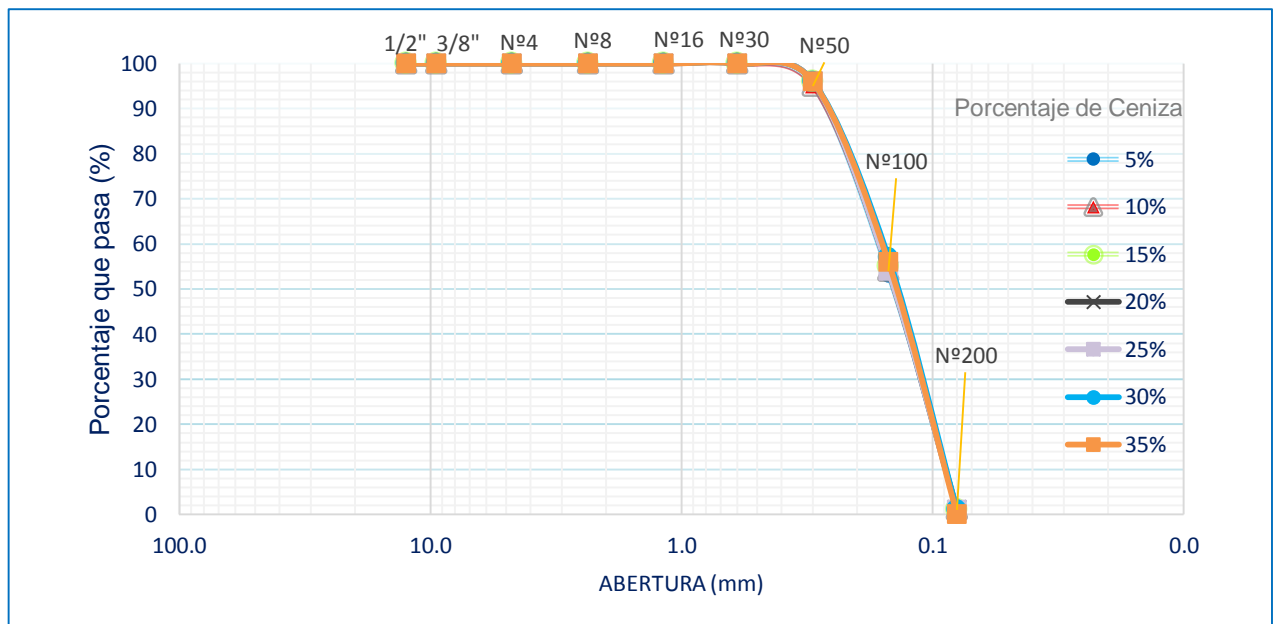


Figura 38. Curvas granulométricas por lavado Suelo con porcentajes de ceniza

**ANEXO N°2.** Ensayos realizados a los adobes en estudio

Tabla 75. Resistencia a compresión de los adobes en estado endurecido al 9% de cemento

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo		Ancho		Largo	Ancho			
			1	2	1	2					
9	5	1	21.5	21.4	12.8	12.7	21.5	12.8	273.5	39.0	14.4
		2	21.6	21.5	12.80	12.80	21.6	12.8	275.8	39.7	14.7
		3	21.7	21.6	12.9	12.8	21.7	12.9	278.2	38.5	14.8
	10	1	21.4	21.5	12.4	12.5	21.5	12.5	267.1	43.8	16.6
		2	21.4	21.3	12.3	12.4	21.4	12.4	263.7	42.8	15.8
		3	21.4	21.4	12.3	12.2	21.4	12.3	262.2	42.0	16.2
	15	1	21.6	21.5	12.4	12.5	21.6	12.5	268.3	30.9	12.0
		2	21.4	21.3	12.6	12.6	21.4	12.6	269.0	31.7	12.2
		3	21.3	21.4	12.6	12.4	21.4	12.5	266.9	31.2	12.1
	20	1	21.3	21.5	12.3	12.5	21.4	12.4	265.4	27.4	10.6
		2	21.4	21.4	12.3	12.5	21.4	12.4	265.4	30.5	11.5
		3	21.1	21.2	12.3	12.4	21.2	12.4	261.2	28.6	10.6
	25	1	21.8	21.7	12.7	12.7	21.8	12.7	276.2	23.9	9.1
		2	20.9	20.1	12.4	12.2	20.5	12.3	252.2	23.4	9.5
		3	21.4	21.9	12.5	12.2	21.7	12.4	267.4	25.1	9.5
	30	1	21.4	21.4	12.3	12.5	21.4	12.4	265.4	22.4	8.4
		2	21.4	21.3	12.4	12.4	21.4	12.4	264.7	21.7	8.0
		3	21.1	21.4	12.5	12.3	21.3	12.4	263.5	22.9	8.8
	35	1	21.8	21.2	12.5	12.6	21.5	12.6	269.8	20.1	7.4
		2	21.3	21.2	12.4	12.0	21.3	12.2	259.3	18.2	7.1
		3	21.3	21.5	12.5	12.4	21.4	12.5	266.4	17.5	6.7

Tabla 76. Resistencia a compresión de los adobes en estado endurecido al 12% de cemento

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo		Ancho		Largo	Ancho			
			1	2	1	2					
12	5	1	21.7	21.6	12.8	12.4	21.7	12.6	272.8	85.4	32.5
		2	21.3	21.6	12.4	12.8	21.5	12.6	270.3	80.6	32.5
		3	21.6	21.8	12.8	13.0	21.7	12.9	279.9	83.7	30.5
	10	1	21.3	21.7	12.4	12.6	21.5	12.5	268.8	66.4	25.2
		2	21.2	21.3	12.3	12.7	21.3	12.5	265.6	72.6	27.8
		3	21.6	21.2	12.6	12.3	21.4	12.5	266.4	70.5	26.6
	15	1	21.3	21.2	12.3	12.3	21.3	12.3	261.4	61.7	23.5
		2	21.4	21.3	12.5	12.4	21.4	12.5	265.8	60.3	23.2
		3	21.1	21.2	12.4	12.5	21.2	12.5	263.3	61.7	23.5
	20	1	21.2	21.3	12.3	12.5	21.3	12.4	263.5	53.6	20.5
		2	21.5	21.2	12.3	12.6	21.4	12.5	265.8	55.1	21.3
		3	21.3	21.2	12.4	12.3	21.3	12.4	262.4	54.9	21.4
	25	1	21.1	21.1	12.3	12.5	21.1	12.4	261.6	51.4	19.9
		2	21.1	21.2	12.5	12.3	21.2	12.4	262.3	51.3	19.9
		3	21.1	21.2	12.5	12.3	21.2	12.4	262.3	52.7	20.2
	30	1	21.2	21.2	12.3	12.4	21.2	12.4	261.8	44.9	17.5
		2	21.2	21.5	12.3	12.4	21.4	12.4	263.7	45.7	17.6
		3	21.1	21.2	12.3	12.5	21.2	12.4	262.3	46.7	18.1
35	1	21.2	21.2	12.6	12.3	21.2	12.5	263.9	40.9	15.9	
	2	21.4	21.2	12.4	12.5	21.3	12.5	265.2	41.2	15.8	
	3	21.0	21.3	12.5	12.3	21.2	12.4	262.3	38.5	14.9	

Tabla 77. Resistencia a compresión de los adobes en estado saturado al 9% de cemento

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo		Ancho		Dimensiones (cm)				
			1	2	1	2	Largo	Ancho			
9	5	1	21.6	21.8	12.6	12.7	21.7	12.7	274.5	22.9	8.5
		2	21.7	21.5	12.70	12.50	21.6	12.6	272.2	21.8	8.2
		3	21.5	21.4	12.4	12.3	21.5	12.4	264.9	22.6	8.7
	10	1	21.3	21.4	12.4	12.5	21.4	12.5	265.8	20.9	8.0
		2	21.4	21.5	12.3	12.6	21.5	12.5	267.1	20.45	7.8
		3	21.3	21.4	12.4	12.5	21.4	12.5	265.8	21.21	8.1
	15	1	21.6	21.8	12.5	12.4	21.7	12.5	270.2	17.8	6.7
		2	21.5	21.4	12.5	12.3	21.5	12.4	266.0	17.65	6.8
		3	21.3	21.5	12.6	12.4	21.4	12.5	267.5	17.54	6.7
	20	1	21.7	21.4	12.6	12.6	21.6	12.6	271.5	17.4	6.5
		2	21.6	21.5	12.7	12.5	21.6	12.6	271.5	17.38	6.5
		3	21.5	21.5	12.3	12.4	21.5	12.4	265.5	17.12	6.6
	25	1	21.6	21.3	12.5	12.3	21.5	12.4	266.0	14.6	5.6
		2	21.4	21.6	12.6	12.4	21.5	12.5	268.8	14.98	5.7
		3	21.5	21.4	12.4	12.3	21.5	12.4	264.9	13.54	5.2
	30	1	21.5	21.4	12.3	12.4	21.5	12.4	264.9	16.1	6.2
		2	21.5	21.3	12.5	12.3	21.4	12.4	265.4	16.87	6.5
		3	21.4	21.3	12.3	12.6	21.4	12.5	265.8	16.42	6.3
35	1	21.2	21.3	12.1	12.3	21.3	12.2	259.3	15.6	6.1	
	2	21.3	21.2	12.3	12.4	21.3	12.4	262.4	15.93	6.2	
	3	21.5	21.6	12.2	12.4	21.6	12.3	265.1	16.32	6.3	

Tabla 78. Resistencia a compresión de los adobes en estado saturado al 12% de cemento

% Cemento	% Ceniza	N° Réplicas	Dimensiones (cm)				Promedio Dimensiones (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
			Largo		Ancho		Largo	Ancho			
			1	2	1	2					
12	5	1	21.2	21.8	12.8	12.7	21.5	12.8	274.1	50.5	18.8
		2	21.4	21.6	12.6	12.7	21.5	12.7	272.0	50.8	19.0
		3	21.2	21.8	12.6	12.5	21.5	12.6	269.8	51.5	19.5
	10	1	21.7	21.3	12.8	12.6	21.5	12.7	273.1	55.8	20.8
		2	21.5	21.5	12.7	12.5	21.5	12.6	270.9	54.4	20.5
		3	21.6	21.2	12.2	12.3	21.4	12.3	262.2	55.2	21.5
	15	1	21.4	21.3	12.4	12.5	21.4	12.5	265.8	44.2	16.9
		2	21.3	21.5	12.4	12.3	21.4	12.4	264.3	44.32	17.1
		3	21.4	22.5	12.3	12.3	22.0	12.3	270.0	44.27	16.7
	20	1	21.1	21.1	12.4	12.4	21.1	12.4	261.6	42.7	16.6
		2	21.3	21.2	12.3	12.4	21.3	12.4	262.4	42.53	16.5
		3	21.4	21.3	12.4	12.3	21.4	12.4	263.7	43.25	16.7
	25	1	21.2	21.3	12.5	12.5	21.3	12.5	265.6	35.7	13.7
		2	21.2	21.2	12.3	12.2	21.2	12.3	259.7	36.2	14.2
		3	21.3	21.4	12.3	12.4	21.4	12.4	263.7	37.5	14.5
	30	1	21.2	21.4	12.3	12.6	21.3	12.5	265.2	33.9	13.0
		2	21.3	21.2	12.4	12.5	21.3	12.5	264.6	34.2	13.2
		3	21.2	21.4	12.3	12.4	21.3	12.4	263.1	34.32	13.3
35	1	21.3	21.3	12.5	12.2	21.3	12.4	263.1	32.5	12.6	
	2	21.2	21.2	12.1	12.2	21.2	12.2	257.6	32.65	12.9	
	3	21.4	21.2	12	12.1	21.3	12.1	256.7	33.01	13.1	



Tabla 79. Tiempo de secado de los adobes al 9% de cemento

Días	Ceniza (%)	Suelo (%)	Peso de los adobes (g)	Variación por pérdida de peso (g)	Variación de pérdida de peso %
4	5	95	4173	-	-
	10	90	3889	-	-
	15	85	3789	-	-
	20	80	3710	-	-
	25	75	3575	-	-
	30	70	3385	-	-
	35	65	2812	-	-
5	5	95	4151	22	1
	10	90	3874	15	0
	15	85	3760	29	1
	20	80	3692	18	0
	25	75	3503	72	2
	30	70	3306	79	2
	35	65	2790	22	1
6	5	95	4142	31	1
	10	90	3849	40	1
	15	85	3732	57	2
	20	80	3654	56	2
	25	75	3486	89	2
	30	70	3275	110	3
	35	65	2773	39	1
7	5	95	4116	57	1
	10	90	3797	92	2
	15	85	3698	91	2
	20	80	3632	78	2
	25	75	3456	119	3
	30	70	3226	159	5
	35	65	2757	55	2
8	5	95	4091	82	2
	10	90	3777	112	3
	15	85	3648	141	4
	20	80	3596	114	3
	25	75	3414	161	5
	30	70	3195	190	6
	35	65	2717	95	3
9	5	95	4082	91	2
	10	90	3758	131	3
	15	85	3639	150	4
	20	80	3564	146	4
	25	75	3370	205	6
	30	70	3175	210	6
	35	65	2697	115	4

Días	Ceniza	Suelo	Peso de los adobes	Variación por pérdida de peso	Variación de pérdida de peso
	(%)	(%)	(g)	(g)	%
10	5	95	4078	95	2
	10	90	3749	140	4
	15	85	3627	162	4
	20	80	3536	174	5
	25	75	3342	233	7
	30	70	3162	223	7
	35	65	2682	130	5
11	5	95	4059	114	3
	10	90	3736	153	4
	15	85	3620	169	4
	20	80	3527	183	5
	25	75	3350	225	6
	30	70	3169	216	6
	35	65	2670	142	5
12	5	95	4046	127	3
	10	90	3727	162	4
	15	85	3591	198	5
	20	80	3515	195	5
	25	75	3314	261	7
	30	70	3158	227	7
	35	65	2644	168	6
13	5	95	4031	142	3
	10	90	3706	183	5
	15	85	3558	231	6
	20	80	3498	212	6
	25	75	3328	247	7
	30	70	3151	234	7
	35	65	2618	194	7
14	5	95	4026	147	4
	10	90	3690	199	5
	15	85	3551	238	6
	20	80	3467	243	7
	25	75	3314	261	7
	30	70	3131	254	8
	35	65	2590	222	8
15	5	95	4017	156	4
	10	90	3672	217	6
	15	85	3534	255	7
	20	80	3445	265	7
	25	75	3293	282	8
	30	70	3120	265	8
	35	65	2582	230	8

Días	Ceniza	Suelo	Peso de los adobes	Variación por pérdida de peso	Variación de pérdida de peso
	(%)	(%)	(g)	(g)	%
16	5	95	4011	162	4
	10	90	3661	228	6
	15	85	3526	263	7
	20	80	3438	272	7
	25	75	3281	294	8
	30	70	3097	288	9
	35	65	2573	239	8
17	5	95	4005	168	4
	10	90	3642	247	6
	15	85	3517	272	7
	20	80	3431	279	8
	25	75	3275	300	8
	30	70	3072	313	9
	35	65	2569	243	9
18	5	95	4000	173	4
	10	90	3636	253	7
	15	85	3503	286	8
	20	80	3427	283	8
	25	75	3261	314	9
	30	70	3060	325	10
	35	65	2558	254	9
19	5	95	4004	169	4
	10	90	3623	266	7
	15	85	3490	299	8
	20	80	3409	301	8
	25	75	3259	316	9
	30	70	3024	361	11
	35	65	2538	274	10
20	5	95	4000	173	4
	10	90	3609	280	7
	15	85	3489	300	8
	20	80	3403	307	8
	25	75	3257	318	9
	30	70	3023	362	11
	35	65	2527	285	10

Tabla 80. Tiempo de secado de los adobes al 12% de cemento

Días	Ceniza (%)	Suelo (%)	Peso de los adobes (g)	Variación por pérdida de peso (g)	Variación de pérdida de peso %
4	5	95	3635	-	-
	10	90	3709	-	-
	15	85	3215	-	-
	20	80	3152	-	-
	25	75	2996	-	-
	30	70	2903	-	-
	35	65	2886	-	-
8	5	95	3556	79	2
	10	90	3624	85	2
	15	85	3146	69	2
	20	80	3038	114	4
	25	75	2858	138	5
	30	70	2759	144	5
	35	65	2779	107	4
9	5	95	3554	81	2
	10	90	3614	95	3
	15	85	3139	76	2
	20	80	3021	131	4
	25	75	2845	151	5
	30	70	2744	159	5
	35	65	2764	122	4
10	5	95	3547	88	2
	10	90	3593	116	3
	15	85	3124	91	3
	20	80	3017	135	4
	25	75	2831	165	6
	30	70	2732	171	6
	35	65	2749	137	5
11	5	95	3531	104	3
	10	90	3576	133	4
	15	85	3118	97	3
	20	80	3006	146	5
	25	75	2816	180	6
	30	70	2717	186	6
	35	65	2730	156	5
12	5	95	3530	105	3
	10	90	3566	143	4
	15	85	3100	115	4
	20	80	2986	166	5
	25	75	2799	197	7
	30	70	2698	205	7
	35	65	2707	179	6

Días	Ceniza	Suelo	Peso de los adobes	Variación por pérdida de peso	Variación de pérdida de peso
	(%)	(%)	(g)	(g)	%
13	5	95	3527	108	3
	10	90	3561	148	4
	15	85	3096	119	4
	20	80	2983	169	5
	25	75	2792	204	7
	30	70	2673	230	8
	35	65	2701	185	6
14	5	95	3521	114	3
	10	90	3559	150	4
	15	85	3083	132	4
	20	80	2980	172	5
	25	75	2786	210	7
	30	70	2665	238	8
	35	65	2693	193	7
15	5	95	3512	123	3
	10	90	3556	153	4
	15	85	3075	140	4
	20	80	2978	174	6
	25	75	2780	216	7
	30	70	2657	246	8
	35	65	2682	204	7
16	5	95	3507	128	4
	10	90	3541	168	5
	15	85	3072	143	4
	20	80	2974	178	6
	25	75	2770	226	8
	30	70	2654	249	9
	35	65	2677	209	7
17	5	95	3505	130	4
	10	90	3535	174	5
	15	85	3062	153	5
	20	80	2967	185	6
	25	75	2759	237	8
	30	70	2650	253	9
	35	65	2669	217	8
18	5	95	3502	133	4
	10	90	3525	184	5
	15	85	3057	158	5
	20	80	2963	189	6
	25	75	2753	243	8
	30	70	2637	266	9
	35	65	2663	223	8

Días	Ceniza	Suelo	Peso de los adobes	Variación por pérdida de peso	Variación de pérdida de peso
	(%)	(%)	(g)	(g)	%
19	5	95	3506	129	4
	10	90	3522	187	5
	15	85	3059	156	5
	20	80	2959	193	6
	25	75	2745	251	8
	30	70	2634	269	9
	35	65	2651	235	8
20	5	95	3503	132	4
	10	90	3521	188	5
	15	85	3058	157	5
	20	80	2959	193	6
	25	75	2745	251	8
	30	70	2628	275	9
	35	65	2649	237	8
21	5	95	3503	132	4
	10	90	3520	189	5
	15	85	3057	158	5
	20	80	2958	194	6
	25	75	2744	252	8
	30	70	2620	283	10
	35	65	2647	239	8
22	5	95	3501	134	4
	10	90	3520	189	5
	15	85	3056	159	5
	20	80	2958	194	6
	25	75	2744	252	8
	30	70	2613	290	10
	35	65	2645	241	8
23	5	95	3503	132	4
	10	90	3518	191	5
	15	85	3044	171	5
	20	80	2955	197	6
	25	75	2740	256	9
	30	70	2611	292	10
	35	65	2643	243	8
24	5	95	3503	132	4
	10	90	3518	191	5
	15	85	3044	171	5
	20	80	2955	197	6
	25	75	2740	256	9
	30	70	2611	292	10
	35	65	2643	243	8

**Tiempo de secado**

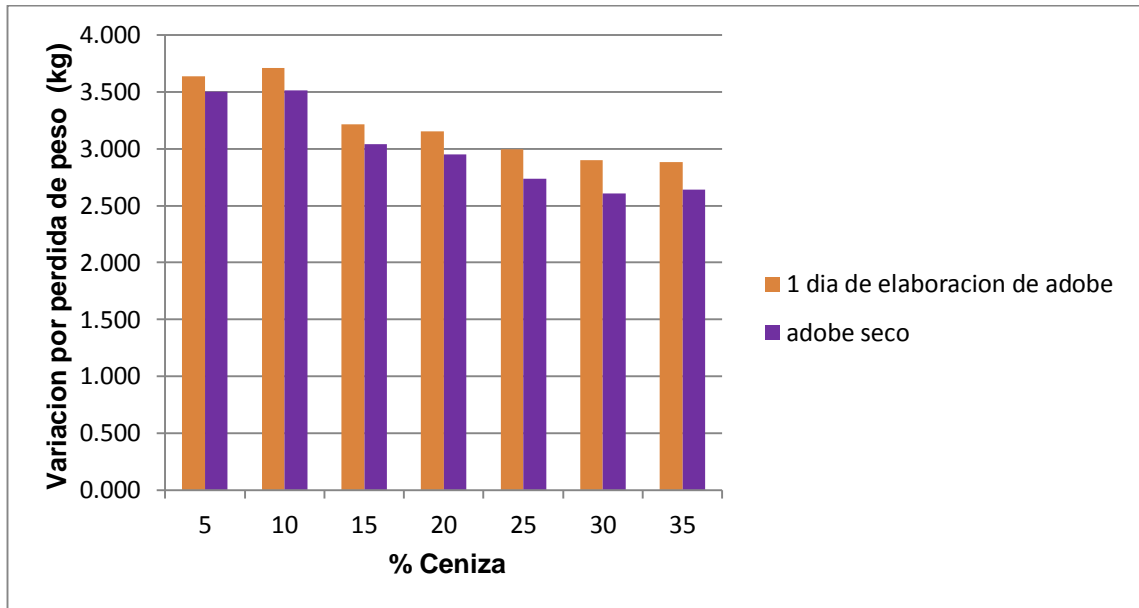


Figura 39. Secado y pérdida de peso al 9% de cemento

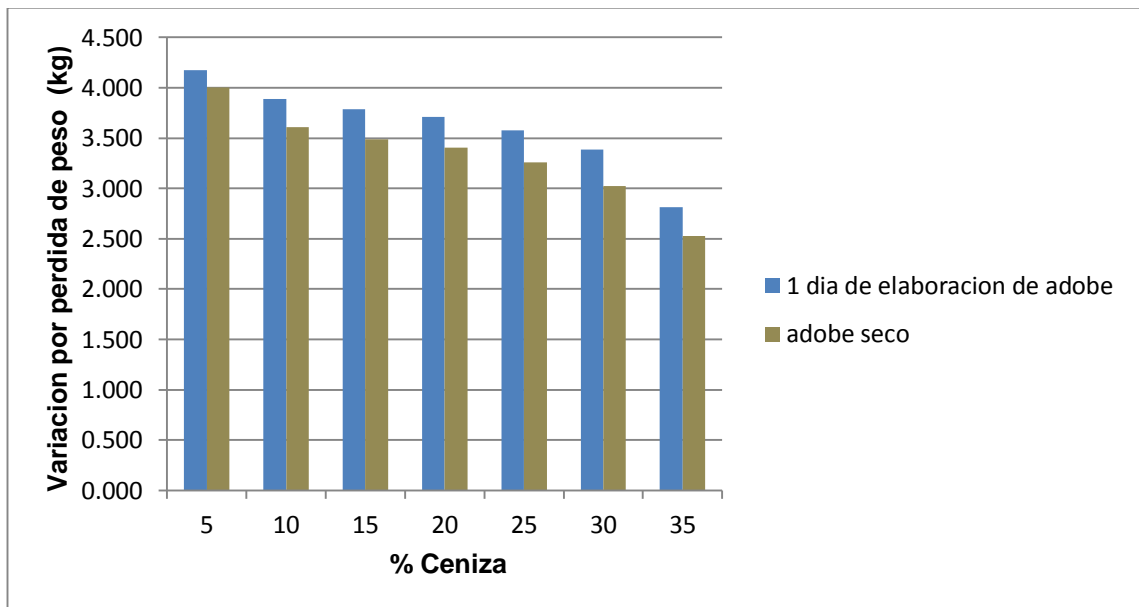


Figura 40. Secado y pérdida de peso al 12% de cemento

### ANEXO N°3. Verificación de la contratación de hipótesis

#### ANOVA

Los resultados obtenidos al ensayar el adobe en su estado se analizarán para rechazar o corroborar la hipótesis planteada mediante un análisis de varianza.

Se trabaja con un valor de confiabilidad del 95 %, un intervalo de confianza que nos permiten aproximar, debido a que los especímenes ensayados son elaborados con materiales donde sus pesos serán constantes. Además, las confiabilidades de la máquina de compresión según ensayos elaborados en la universidad arrojan datos cercanos, por tal motivo se consideró una confianza del 95%, una vez calculado el valor de la variable en la muestra, entre qué rango de valores se encuentra el valor de la variable en la población, con un grado de incertidumbre que podemos determinar.

#### Datos Previos.

$H_1$ : Hipótesis alterna

$H_0$ : Hipótesis nula

#### Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95 % como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ ), debido a que es un nivel de confianza habitual en investigaciones experimentales, y es un compromiso entre formular premisas con la probabilidad de acertar.

#### Criterio de rechazo

La hipótesis alterna ( $H_1$ ) se acepta si  $F_0 > F_{\alpha, v_1, v_2}$ , donde:

- $F_0$  se obtiene experimentalmente.
- $F_{\alpha, v_1, v_2}$ , se obtiene mediante tablas estadísticas.

Asimismo,  $v_1 = a - 1$  y  $v_2 = a(n - 1)$ , donde "a" es el número de niveles y "n" el número de réplicas.

#### Grados de libertad (G.L.)

Dónde:

a = número de niveles de la variable (A).

b = número de niveles de la variable (B).

n = número de réplicas.

- **G.L. de % Ceniza(A)**



$$G.L. = a - 1 = 7 - 1 = 6$$

➤ **G.L. de % Cemento (B)**

$$G.L. = b - 1 = 2 - 1 = 1$$

➤ **G.L. de las variables conjugadas (A x B)**

$$G.L. = (a - 1) \times (b - 1) = (7 - 1) \times (2 - 1) = 6$$

➤ **G.L. del error**

$$G.L. = a \times b \times c (n - 1) = 7 \times 2 \times 3 \times (3 - 1) = 28$$

Tabla 81. Datos del F teórico

Fuente de variación	F Teórico
A	2.45
B	4.2
A X B	2.45

**Compresión del adobe en estado endurecido:**

**Hipótesis**

H<sub>1</sub>: El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora la resistencia a compresión en estado endurecido, Trujillo 2018.

H<sub>0</sub>: El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora la resistencia a compresión en estado endurecido, Trujillo 2018.

Tabla 82. La Normalidad de la hipótesis, resistencia a compresión en estado endurecido (SPSS)

Dosificación del adobe con adición de material			
Cemento	Ceniza	Shapiro-Wilk	
9%	5% al 35%	0.936	>0.05
12%		0.936	>0.05

**Calculo de la F experimental para los valores de resistencia a compresión en estado endurecido:**

Tabla 83. F experimental para la resistencia a compresión en estado endurecido

% Cemento	% Ceniza	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
9	5	14.4	14.71	14.8	14.65
	10	16.59	15.77	16.24	16.2
	15	11.99	12.19	12.08	12.09
	20	10.56	11.54	10.61	10.9
	25	9.12	9.46	9.52	9.37
	30	8.43	7.99	8.84	8.42
	35	7.39	7.13	6.72	7.08
12	5	32.48	32.48	30.47	31.81
	10	25.17	27.77	26.61	26.52
	15	23.49	23.18	23.51	23.39
	20	20.5	21.26	21.35	21.04
	25	19.94	19.88	20.24	20.02
	30	17.5	17.56	18.12	17.73
	35	15.9	15.77	14.93	15.53

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Tabla 84. Estimación de Yj y Yi para resistencia a compresión

% Cemento	% Ceniza							Yj
	5	10	15	20	25	30	35	
9	43.9	48.6	36.3	32.7	28.1	25.3	21.2	236.1
12	95.4	79.6	70.2	63.1	60.1	53.2	46.6	468.1
<b>Yi</b>	139.4	128.2	106.4	95.8	88.2	78.4	67.8	704.2

$$Yj = (14.4+14.71+14.8)+(16.59+15.77+16.24)+(11.99+12.19+12.08)+(10.56+11.54+10.61) + (9.12+9.46+9.52)+(8.43+7.99+8.84)+(7.39+7.13+6.72) = \mathbf{236.1}$$

### **SUMA DE CUADRADOS**

#### **Suma de cuadrados para el factor A.**

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{b \times n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_A = \frac{(139.4^2 + 128.2^2 + 106.4^2 + 95.8^2 + 88.2^2 + 78.4^2 + 67.8^2)}{2 \times 3} - \frac{704.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_A = 12480.8 - 11807.8 = 673.0$$

#### **Suma de cuadrados para el factor B**

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{a \times n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_B = \frac{(236.1^2 + 468.11^2)}{7 \times 3} - \frac{704.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_B = 13089.3 - 11807.8 = 1281.5$$

#### **Suma de cuadrados subtotales**

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(43.9^2 + 48.6^2 + 36.3^2 \dots + 53.2^2 + 46.6^2)}{3} - \frac{704.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 13835.4 - 11807.8 = 2027.7$$

#### **Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)**

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 2027.7 - 673.0 - 1281.5 = 73.1$$

#### **Suma de cuadrados totales**

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_T = (14.4^2 + 14.7^2 + 14.8^2 \dots + 15.77^2 + 14.93^2) - \frac{704.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_T = 13844.6 - 11807.8 = 2036.9$$

### Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 2036.9 - 673.0 - 1281.5 - 73.1 = 9.2$$

## MEDIA DE CUADRADOS

### Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{673.0}{6} = 112.2$$

### Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{1281.5}{1} = 1281.5$$

### Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{73.1}{(6 \times 1)} = 12.2$$

### Media de los cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(ab) \times (n - 1)}$$

$$MS_E = \frac{9.2}{(7 \times 2)(3 - 1)} = 0.3$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (A)

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{112.2}{0.3} = 342.2$$

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (B)

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{1281.5}{0.3} = 3909.3$$

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB)

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{Axb}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{12.2}{0.3} = 37.2$$

Tabla 85: Resumen del análisis ANOVA en el ensayo de resistencia a compresión en estado endurecido

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6.0	673.0	112.2	342.2	2.5
B	1.0	1281.5	1281.5	3909.3	4.2
A X B	6.0	73.1	12.2	37.2	2.5
ERROR	28.0	9.2	0.3		

#### Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO

**Se acepta: H1:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora sobre la compresión en estado endurecido, Trujillo 2018.

**Y se rechaza H0:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora sobre la compresión en estado endurecido, Trujillo 2018.

**Compresión del adobe en estado endurecido:**

H<sub>1</sub>: El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora la resistencia a compresión en estado saturado, Trujillo 2018.

H<sub>0</sub>: El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora la resistencia a compresión en estado saturado, Trujillo 2018.

Tabla 86. La Normalidad de la hipótesis, resistencia a compresión en estado saturado (SPSS)

Dosificación del adobe con adición de material			
Cemento	Ceniza	Shapiro-Wilk	
9%		0.911	>0.05
12%	5% al 35%	0.909	>0.05

**Calculo de la F experimental para los valores de resistencia a compresión en estado saturado:**

Tabla 87. F experimental para la resistencia a compresión en estado saturado

% Cemento	% Ceniza	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
9	5	8.5	8.2	8.7	8
	10	8.0	7.8	8.1	8
	15	6.7	6.8	6.7	7
	20	6.5	6.5	6.6	7
	25	5.6	5.7	5.2	6
	30	6.2	6.5	6.3	6
	35	6.1	6.2	6.3	6
12	5	18.8	19.0	19.5	19
	10	20.8	20.5	21.5	21
	15	16.9	17.1	16.7	17
	20	16.6	16.5	16.7	17
	25	13.7	14.2	14.5	14
	30	13.0	13.2	13.3	13
	35	12.6	12.9	13.1	13

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 88. Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para resistencia a compresión

% Cemento	% Ceniza							Yj
	5	10	15	20	25	30	35	
9	25.4	23.9	20.2	19.6	16.5	19.0	18.6	143.1
12	57.3	62.7	50.7	49.9	42.4	39.5	38.6	341.1
Yi	82.6	86.7	70.9	69.5	58.9	58.5	57.2	484.2

$$Y_j = (8.5+8.2+8.7) + (8.0+7.8+8.1) + (6.7+6.8+6.7) + (6.5+6.6+6.5) + (5.6+5.7+5.2) + (6.2+6.5+6.3) + (6.1+6.2+6.3) = 143.1$$

### SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{b \times n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_A = \frac{(82.6^2 + 86.7^2 + 70.9^2 + 69.5^2 + 58.9^2 + 58.5^2 + 57.2^2)}{2 \times 3} - \frac{484.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_A = 5723.8 - 5581.4 = 142.3$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{a \times n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_B = \frac{(143.1 + 341.1^2)}{7 \times 3} - \frac{484.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_B = 6514.8 - 5581.4 = 933.3$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{(25.4^2 + 23.9^2 + 20.2^2 \dots + 39.5^2 + 38.6^2)}{3} - \frac{484.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 6701.6 - 5581.4 = 1120.1$$

### Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 1120.1 - 142.3 - 933.3 = 44.4$$

### Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_T = (8.5^2 + 8.2^2 + 8.7^2 \dots + 12.9^2 + 13.1^2) - \frac{484.2^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_T = 6703.3 - 5581.4 = 1121.8$$

### Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 1121.8 - 142.3 - 933.3 - 44.4 = 1.7$$

### MEDIA DE CUADRADOS

#### Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{142.3}{6} = 23.7$$

#### Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{933.3}{1} = 933.3$$

#### Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{44.4}{(6 \times 1)} = 7.4$$



**Media de los cuadrados del error**

$$MS_E = \frac{SS_E}{(ab) \times (n - 1)}$$

$$MS_E = \frac{1.7}{(7 \times 2)(3 - 1)} = 0.061$$

**F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL**

**Cálculo del F<sub>0</sub> (A)**

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{23.7}{0.061} = 387.1$$

**Cálculo del F<sub>0</sub> (B)**

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{933.3}{0.061} = 15227.5$$

**Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB)**

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{Axb}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{7.4}{0.061} = 120.8$$

Tabla 89: Resumen del análisis ANOVA del ensayo de compresión en estado saturado.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6	142.3439	23.7240	387.0595	2.45
B	1	933.3343	933.3343	15227.4560	4.2
A X B	6	44.4425	7.4071	120.8475	2.45
ERROR	28	1.7162	0.0613		

**Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO**

**Se acepta: H1:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejora sobre la compresión en estado saturado, Trujillo 2018.

**Y se rechaza H0:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora sobre la compresión en estado saturado, Trujillo 2018.

**Calculo de la F experimental para los valores de durabilidad:**

**Hipótesis**

H<sub>1</sub>: La ceniza y cemento en el suelo para adobe constructivo en muro de mampostería mejora la durabilidad, Trujillo 2018.

H<sub>0</sub>: La ceniza y cemento en el suelo para adobe constructivo en muro de mampostería mejora la durabilidad, Trujillo 2018.

Dosificación del adobe con adición de material			
Cemento	Ceniza	Shapiro-Wilk	
9%	5% al 35%	0.908	>0.05
12%		0.787	>0.05

Tabla 90. F experimental para la prueba de durabilidad

% Cemento	% Ceniza	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio (%)
9	5	-4	-4	-4	-4
	10	-1	-1	-1	-1
	15	-5	-5	-5	-5
	20	-6	-6	-6	-6
	25	-2	-2	-2	-2
	30	-9	-9	-9	-9
	35	-5	-5	-5	-5
12	5	-5	-5	-5	-5
	10	-4	-4	-4	-4
	15	-7	-7	-7	-7
	20	-5	-5	-5	-5
	25	-6	-6	-6	-6
	30	-15	-15	-15	-15
	35	-10	-10	-10	-10

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 91. Estimación de  $Y_j$  y  $Y_i$  para resistencia a compresión

	% Ceniza							
% Cemento	5	10	15	20	25	30	35	$Y_j$
9	-4	-1	-5	-6	-2	-9	-5	-32
12	-5	-4	-7	-5	-6	-15	-10	-52
$Y_i$	-9	-5	-12	-11	-8	-24	-15	-84

$$Y_j = ((-4)+(-4)+(-4)) + ((-1)+(-1)+(-1)) + ((-5)+(-5)+(-5)) + ((-6)+(-6)+(-6)) + ((-2)+(-2)+(-2)) + ((-9)+(-9)+(-9)) + ((-5)+(-5)+(-5)) = -32$$

### SUMA DE CUADRADOS

Suma de cuadrados para el factor A.

$$SS_A = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{bxn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_A = \frac{(-9)^2 + (-5)^2 + (-12)^2 + (-11)^2 + (-8)^2 + (-24)^2 + (-15)^2}{2 \times 3} - \frac{-84^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_A = 206 - 168 = 38$$

Suma de cuadrados para el factor B

$$SS_B = \sum_{j=1}^b \frac{Y_j^2}{axn} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_B = \frac{(-32)^2 + (-52)^2}{7 \times 3} - \frac{-84^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_B = 177.5 - 168 = 9.5$$

Suma de cuadrados subtotales

$$SS_{SUBTOTAL} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \frac{Y_{ijk}^2}{n} - \frac{Y_T^2}{axbxn}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = \frac{((-4)^2 + (-1)^2 + \dots + (-15)^2 + (-10)^2)}{3} - \frac{-84^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_{SUBTOTAL} = 221.3 - 168 = 53.3$$

### Suma de cuadrados de la interacción de factores (AxB)

$$SS_{AxB} = SS_{SUBTOTAL} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = 53.3 - 38 - 9.5 = 5.8$$

### Suma de cuadrados totales

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_T^2}{a \times b \times n}$$

$$SS_T = ((-4)^2 + (-4)^2 + (-4)^2 + \dots + (-10)^2 + (-10)^2) - \frac{-84^2}{7 \times 2 \times 3}$$

$$SS_T = 664 - 168 = 496$$

### Suma de cuadrados del error

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB}$$

$$SS_E = 496 - 38 - 9.5 - 5.8 = 442.7$$

### MEDIA DE CUADRADOS

#### Media de los cuadrados del factor A

$$MS_A = \frac{SS_A}{a - 1}$$

$$MS_A = \frac{38}{6} = 6.3$$

#### Media de los cuadrados del factor B

$$MS_B = \frac{SS_B}{b - 1}$$

$$MS_B = \frac{9.5}{1} = 9.5$$

#### Media de la interacción de factores AxB

$$MS_{AxB} = \frac{SS_{AxB}}{(a - 1) \times (b - 1)}$$

$$MS_{AxB} = \frac{73.1}{(6 \times 1)} = 1.0$$

### Media de los cuadrados del error

$$MS_E = \frac{SS_E}{(ab) \times (n - 1)}$$

$$MS_E = \frac{5.8}{(7 \times 2)(3 - 1)} = 15.81$$

### F<sub>0</sub> EXPERIMENTAL

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (A)

$$F_0(A) = \frac{MS_A}{MS_E}$$

$$F_0(A) = \frac{6.3}{15.81} = 0.4$$

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (B)

$$F_0(B) = \frac{MS_B}{MS_E}$$

$$F_0(B) = \frac{9.5}{15.81} = 0.6$$

#### Cálculo del F<sub>0</sub> (AxB)

$$F_0(AxB) = \frac{MS_{Axb}}{MS_E}$$

$$F_0(AxB) = \frac{1.0}{15.81} = 0.1$$

Tabla 92: Resumen del análisis ANOVA para los resultados de durabilidad.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Media de Cuadrados	F (Exp.)	F Teórico
A	6	38.0	6.3	0.4	2.45
B	1	9.5	9.5	0.6	4.2
A X B	6	5.8	0.9	0.1	2.45
ERROR	28	442.7	15.8		

**Como el FEXPERIMENTAL > FTEORICO**


**Se acepta: H1:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería mejor la durabilidad, Trujillo 2018.

**Y se rechaza H0:** El suelo, ceniza y cemento en un adobe constructivo para muro de mampostería no mejora la durabilidad, Trujillo 2018.

Tabla 93. Resumen del Cuadro de Normalidad de la hipótesis


Tests of Normality				
Ensayos	Cemento	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Compresión en estado endurecido (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	0.936	21	.184
	12%	0.936	21	.178
Compresión en estado saturado (kg/cm <sup>2</sup> )	9%	0.911	21	.059
	12%	0.909	21	.052
Durabilidad (%)	9%	0.908	21	.051
	12%	0.787	21	.000

ANEXO N°4. Ficha técnica del cemento Portland tipo I



**PACASMAYO**

**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



0-CC-F-04  
Versión 03

**Cemento Portland Tipo I**  
Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)


  

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.  
(\*) Requisito opcional.



**Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

**ANEXO N°5. Informe de ensayo DRX**



**INFORME DE ENSAYO**

**ANÁLISIS MINERALÓGICOS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

**INFORME DE ANÁLISIS**

Solicitado por : Srta. YENIFFER REYNA  
Fecha de ensayo : 06-09-2018

**RESULTADO DE ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

**Muestra CENIZA M200**

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	30
Plagioclasa (Oligoclasa)	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	4
Cristobalita	SiO <sub>2</sub>	3
Amorfo	-----	63

**Muestra CHACRA M200**

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	36
Plagioclasa (Oligoclasa)	(Ca,Na)(Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	34
Feldespato - K (Ortoclasa)	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	10
Mica (Muscovita)	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	8
Clorita (Clinocloro)	(Mg,Fe) <sub>5</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	7
Anfibol (Actinolita)	Ca <sub>2</sub> (Mg,Fe) <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>	4

( ) Mineral de la familia que se encuentra con mayor grado de certeza.

**OBSERVACIONES:**

- Los resultados solo comprende la identificación de las fases cristalinas de la muestra.
- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por el cliente, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento.



## I. ANEXOS

### CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DRX:

Equipo: Difractometro

Tubo Cu (40kV, 40mA): KAlfa1: 1.54060 Å

KAlfa2: 1.54439 Å

Filtro: Kbeta: Ni

Detector: LynxEye

Rango de medida desde  $2\theta = 5^\circ$  hasta  $2\theta = 70^\circ$

Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD).

Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).

Figura 1. Difractograma de la Muestra CENIZA M200 con los respectivos minerales identificados.

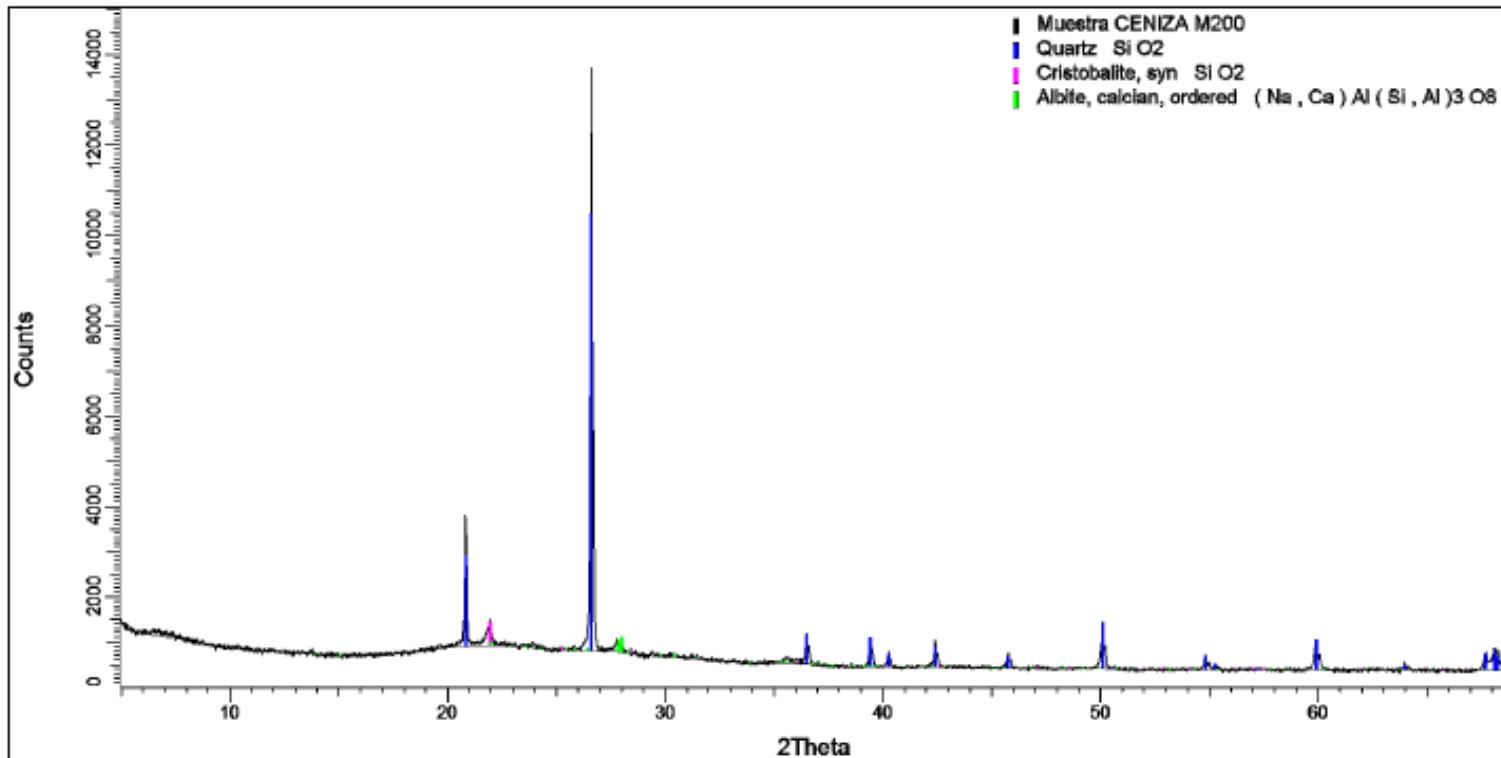
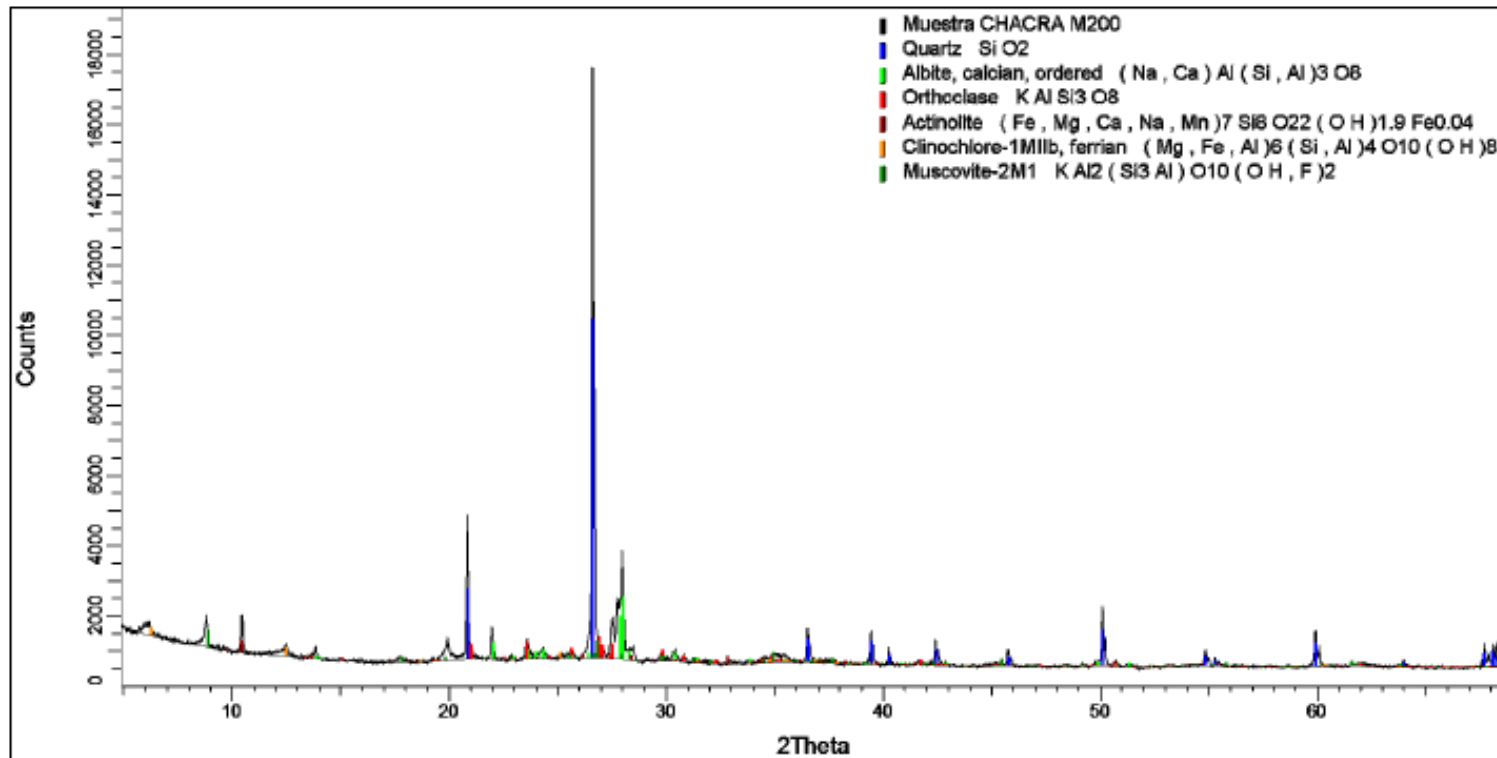


Figura 2. Difractograma de la Muestra CHACRA M200 con los respectivos minerales identificados.



**NEXO N°6.** Costo hora hombre (Perú, 2018-2019)

Tabla 94. Tabla de salarios y Beneficios sociales (Del 01/06/2018 al 31/05/2019)

ITEM	CONCEPTO (Vigente del 01/06/2018 al 31/05/2019 )	CATEGORIA					
		OPERARIO		OFICIAL		PEON	
		DIA	SEMANA	DIA	SEMANA	DIA	SEMANA
1.00	Jornal	67.20	403.20	53.70	322.20	48.10	288.60
2.00	Jornal dominical	11.20	67.20	8.95	53.70	8.02	48.12
3.00	Bonificación unificada de construcción (32%)	21.50	129.00	16.11	96.66	14.43	86.58
4.00	Bonificación por movilidad	7.20	43.20	7.20	43.20	7.20	43.20
<b>TOTAL SALARIOS</b>			<b>642.62</b>		<b>515.76</b>	<b>77.75</b>	<b>466.48</b>
	Descuento ONP 13%		77.93		61.43		55.03
	Descuento CONAF2%		9.41		7.52		6.73
<b>Pago Neto Semanal</b>		<b>92.55</b>	<b>555.29</b>	<b>74.47</b>	<b>446.81</b>	<b>67.45</b>	<b>404.72</b>

Tabla 95. Tabla de costo hora hombre (Del 01/06/2018 al 31/05/2019)

<b>COSTO DIA HOMBRE (DH) S/.</b>	92.55	74.47	67.45
<b>COSTO HORA HOMBRE (DH) S/.</b>	11.57	9.31	8.43

**ANEXO N°7.** Panel fotográfico



Figura 41. Contaminación de la empresa azucarera Casa Grande.



Figura 42. Recolección de la ceniza de la quema de caña de azúcar, Ascope.



Figura 43. Recolección de suelo de chacra del Trópico, Trujillo.



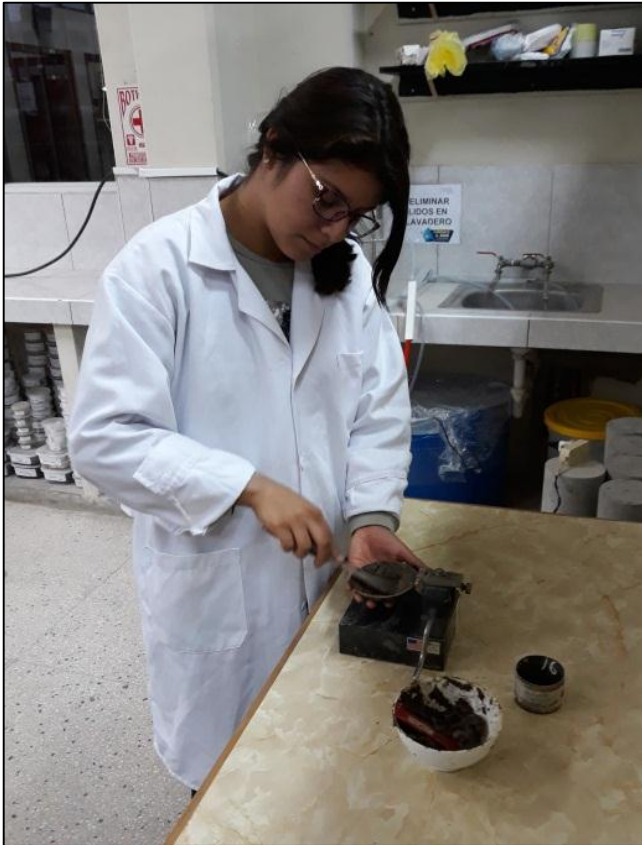


Figura 35. Ensayo limite plástico. Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 36. Lavado de ceniza de la caña de azúcar. Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 44. Tesista sacando los vacíos de la fiola con la muestra. Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 45. Ensayo de Conductividad de la ceniza. Laboratorio de química - UNT



Figura 48. Desmolde de adobe. Taller de Ingeniería materiales - UNT



Figura 46. Peso de los adobes para determinar el tiempo de secado. Taller de Ingeniería materiales - UNT



Figura 47. Adobes al 9 y 12% de Cemento Taller de Ingeniería materiales





Figura 49. Máquina para resistencia a compresión.  
Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 43. Ensayo de compresión de adobes.  
Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 44. Adobes suelo, ceniza (5-35%) y cemento al 12% después del ensayo a compresión.  
Taller de Ingeniera materiales - UNT





Figura 45. Ensayo de durabilidad en los adobes con distintos porcentajes de ceniza  
Taller de Ingeniería materiales - UNT

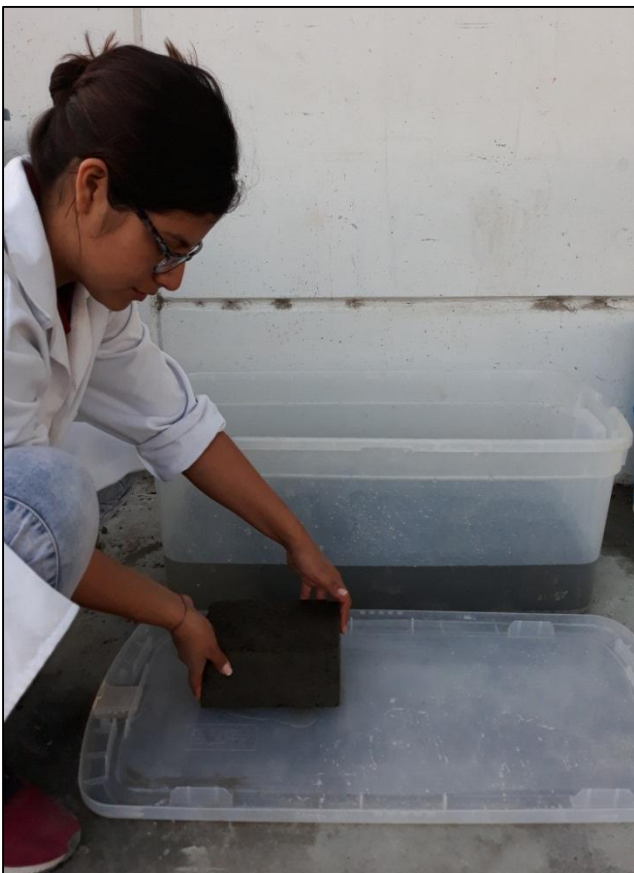


Figura 46. Retiro de adobes del ensayo de durabilidad.  
Laboratorio de concreto reciclado - UNT



Figura 47. Secado al horno de adobes después del ensayo de durabilidad.  
Laboratorio de concreto reciclado - UNT

**ANEXO N°8.** Sistema Unificado de clasificación de suelos – SUCS (Borselli, 2018)

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	<b>Gravas</b> Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW	
		Menos de 5% finos <sup>e</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^e$	GP	
		Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM	
		Más de 12% finos <sup>a,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC	
	<b>Arenas</b> 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	
		Menos de 5% finos <sup>b</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP	
	Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM		
	Más de 12% finos <sup>b,d</sup>	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC		
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	CL	
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) <sup>e</sup>	ML	
			Límite líquido: secado	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OL	OL
			Límite líquido: no secado		
	<b>Limos y arcillas</b> Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos $PI$ en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	CH	
		Orgánico	Gráficos $PI$ por debajo de "A" línea (figura 4.2)	MH	
		Límite líquido: secado	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$ ; vea la figura 4.2; zona OH	OH	
		Límite líquido: no secado			
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt	

<sup>a</sup>Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

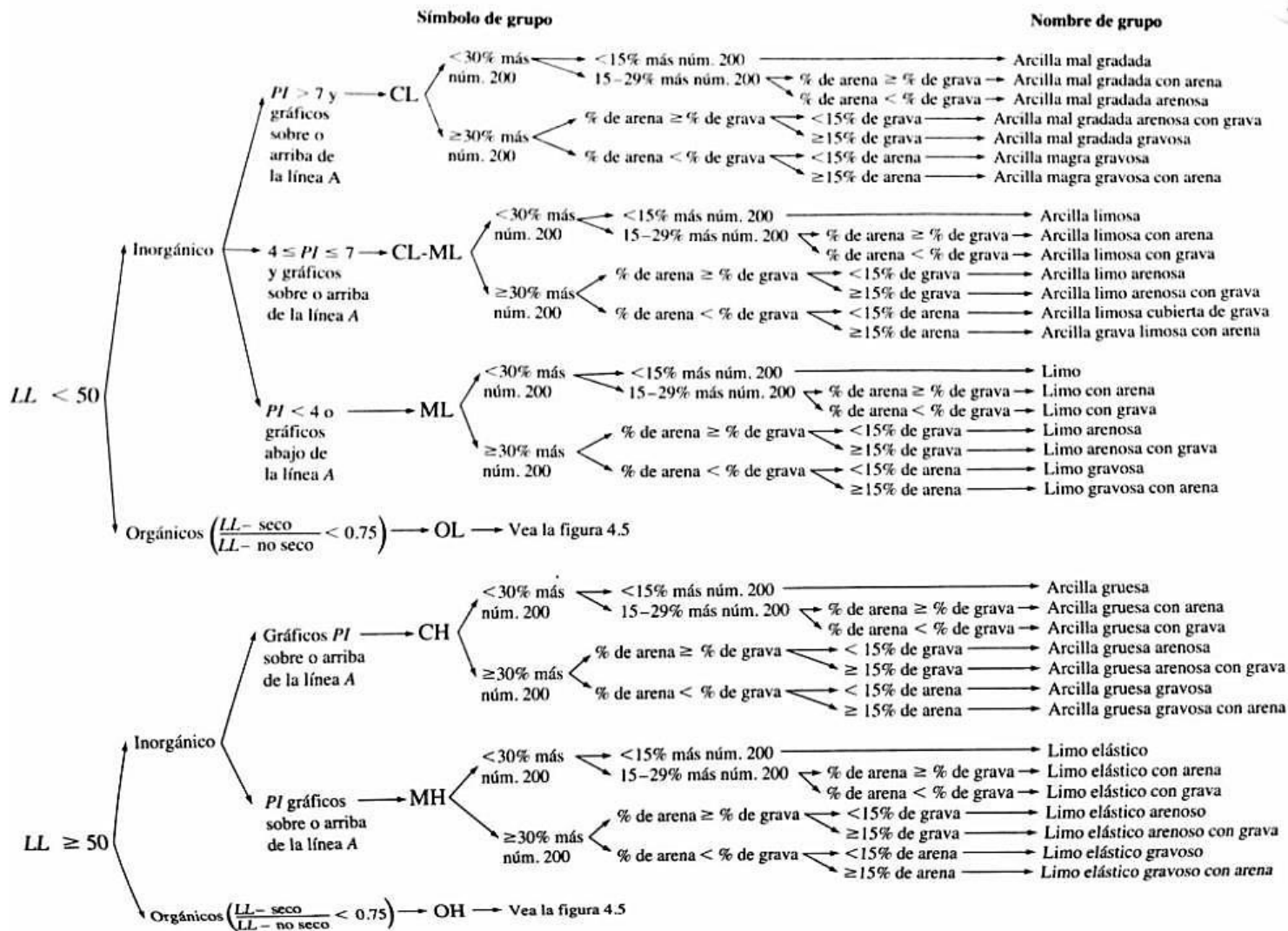
<sup>b</sup>Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

<sup>d</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.


<sup>e</sup>Si  $4 \leq PI \leq 7$  y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

Sistema Unificado de clasificación de suelos – SUCS (Borselli, 2018)





ANEXO N°9. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.080\_2006 y E.080\_2017

310	 <b>NORMAS LEGALES</b>	<b>El Peruano</b> <small>Martes 23 de mayo de 2006</small>
<b>NORMA E.080</b>		
<b>ADOBE</b>		
<p><b>Artículo 1.- ALCANCE</b>            La Norma 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.            El objetivo del diseño de construcciones de albañilería de adobe es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas.            Esta Norma se orienta a mejorar el actual sistema constructivo con adobe tomando como base la realidad de las construcciones de este tipo, existentes en la costa y sierra.            Los proyectos que se elaboren con alcances y bases distintos a los consideradas en esta Norma, deberán estar respaldados con un estudio técnico.</p>		
<p><b>Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES</b></p> <p>2.1. El proyecto arquitectónico de edificaciones de adobe deberá adecuarse a los requisitos que se señalan en la presente Norma.</p> <p>2.2. Las construcciones de adobe simple y adobe estabilizado serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico.</p> <p>2.3. Las construcciones de adobe se limitarán a un solo piso en la zona sísmica 3 y a dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.            Por encima del primer piso de adobe, podrán tenerse estructuras livianas tales como las de quincha o similares.</p> <p>2.4. No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones cauces de avalanchas, aluviones o huaycos o suelos con inestabilidad geológica.</p> <p>2.5. Dependiendo de la esbeltez de los muros, se deberá incluir la colocación de refuerzos que mejoren el comportamiento integral de la estructura.</p>		
<p><b>Artículo 3.- DEFINICIONES</b></p> <p><b>3.1. Adobe</b>            Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.</p> <p><b>3.2. Adobe Estabilizado</b>            Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.</p> <p><b>3.3. Mortero</b>            Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.</p> <p><b>3.4. Arriostre</b>            Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal.</p> <p><b>3.5. Altura Libre de Muro</b>            Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostres horizontales.</p> <p><b>3.6. Largo Efectivo</b>            Distancia libre horizontal entre elementos de arriostres verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.</p> <p><b>3.7. Esbeltez</b>            Relación entre la altura libre del muro y su espesor.</p> <p><b>3.8. Muro Arriestrado</b>            Es un muro cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales.</p> <p><b>3.9. Extremo Libre de Muro</b>            Es el borde vertical u horizontal no arriestrado de un muro.</p>		
<p><b>3.10. Vigas Collar o Soleras</b>            Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal (Ver Artículo 6 (6.3)).</p> <p><b>3.11. Contrafuerte</b>            Es un arriostre vertical construido con este único fin.</p> <p><b>Artículo 4.- UNIDAD O BLOQUE DE ADOBE</b></p> <p><b>4.1. Requisitos Generales</b>            La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: <b>arcilla</b> 10-20%, <b>limo</b> 15-25% y <b>arena</b> 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.            El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.</p> <p><b>4.2. Formas y Dimensiones</b>            Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.            Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:</p> <p>a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.            b) La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.            c) En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.</p> <p><b>4.3. Recomendaciones para su Elaboración</b>            Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños.            Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.            Secar los adobes bajo sombra.</p> <p><b>Artículo 5.- COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE</b></p> <p><b>5.1. Comportamiento Sísmico de las Construcciones de Adobe</b>            Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano.            Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.            Las construcciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración:</p> <p>a) Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.            b) Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.            c) Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.            d) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.</p> <p><b>5.2. Fuerzas Sísmicas Horizontales</b>            La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se determinará con la siguiente expresión:</p> $H = S U C P$ <p>Donde:</p> <p><b>S:</b> Factor de suelo (indicado en la Tabla 1),  <b>U:</b> Factor de uso (indicados en la Tabla 2),  <b>C:</b> Coeficiente sísmico (indicado en la Tabla 3) y  <b>P:</b> Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.</p>		

DIARIO OFICIAL DEL BICENTENARIO

**El Peruano**

FUNDADO EL 23 DE OCTUBRE DE 1825 POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO **Viernes 7 de abril de 2017**

**MINISTERIO DE VIVIENDA,  
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

**NORMA E.080**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
CON TIERRA REFORZADA**

**ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL  
N° 121-2017-VIVIENDA**

**NORMAS LEGALES**

**SEPARATA ESPECIAL**

**ANEXO N°10.** Normas Técnica Peruana

<b>NORMA TÉCNICA PERUANA</b>	<b>NTP 339.128 1999</b>
Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145	Lima, Perú
 <b>SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico</b>  SOILS. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils  <b>1999-12-15</b> <b>1ª Edición</b>	
R.0077-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26 I.C.S.: 93.020 Descriptores: análisis granulométrico, granulometría	Precio basado en 23 páginas <b>ESTA NORMA ES RECOMENDABLE</b>
<b>PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCCIONES E COMERCIO PAMUNOY CORREA S.A. SUCURSAL PERU</b>	



**NORMA TÉCNICA** **NTP 339.127**  
**PERUANA** **1998**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

**SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido  
de humedad de un suelo**

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

**1998-11-25**  
**1ª Edición**

R.0062-98/INDECOPI-CRT Publicado el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 93.020

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

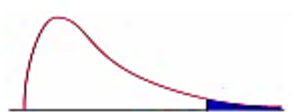


ANEXO N°11. Puntos porcentuales de la distribución  $F_{0.05, v1, v2}$

Figura 48. Puntos porcentuales de la distribución de  $F_{0.05, v1, v2}$

**Distribución F 0.05**

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha  
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador  
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

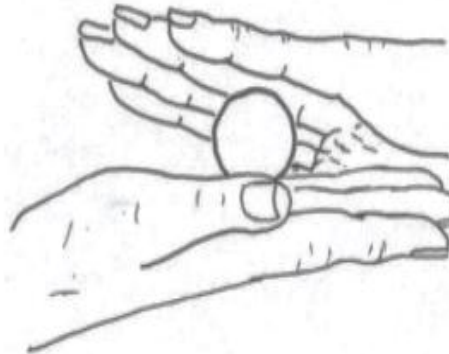
**ANEXO N°12.** Límites máximos permisibles para agua potable SUNASS

**Cuadro 7**  
**Límites máximos permisibles referenciales de los parámetros de calidad del agua potable**

Parámetro	LMP ref.	Referencias
Coliformes totales, UFC/100 mL	0 (ausencia)	1
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia)	1
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	1
pH	6,5-8,5	1
Turbiedad, UNT	5	1
Conductividad, 25 °C $\mu$ S/cm	1.500	3
Color, UCV-Pt-Co	20	2
Cloruros, mg/L	250	2
Sulfatos, mg/L	250	2
Dureza, mg/L	500	3
Nitratos, mg $\text{NO}_3^-$ /L	50	1
Hierro, mg/L	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) 2
Manganeso, mg/L	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) 2
Aluminio, mg/L	0,2	1
Cobre, mg/L	3	2
Plomo, mg/L	0,1	2
Cadmio, mg/L	0,003	1
Arsénico, mg/L	0,1	2
Mercurio, mg/L	0,001	1
Cromo, mg/L	0,05	1
Flúor, mg/L	2	2
Selenio, mg/L	0,05	2

**ANEXO N°13.** Norma E 0.80 - Prueba “Resistencia seca” (RNE, 2017)

1. Formar cuatro *bolitas* con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas (ver imagen adjunta). La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.



2. Dejar secar las cuatro *bolitas*. Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

3. Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (ver imagen adjunta). En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.

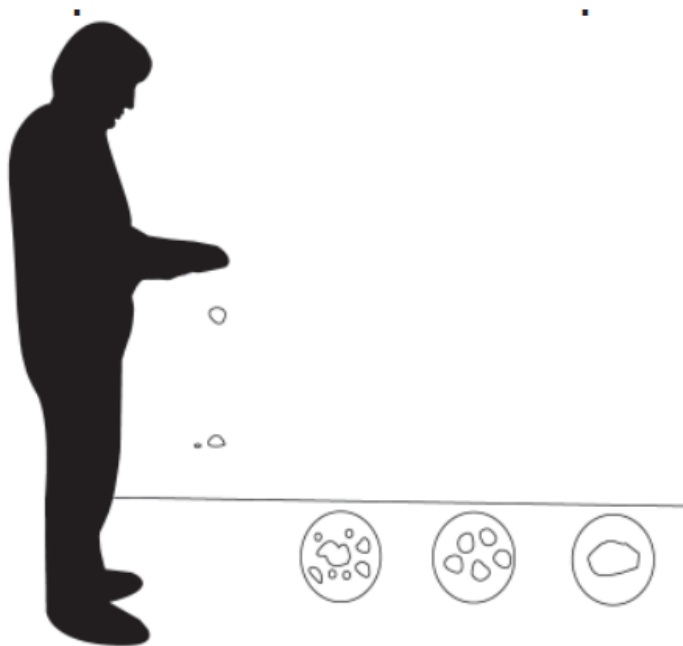


La prueba debe ser realizada por un adulto que participe en la construcción.

4. Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba. Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso. En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

**ANEXO N°14.** Norma E 0.80 Prueba "Contenido de humedad" (RNE ,2017)

- 1 Formar una bola con tierra de la zona del tamaño de un puño y comprimirla fuertemente. Soltarla a un suelo firme y plano desde una altura de 1.10 m.
- 2 Si la bola se desintegra en el piso, el suelo es demasiado seco.
- 3 Si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto.
- 4 Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto.





**Anexo N° 15. Certificado de ensayos en la Universidad Nacional de Trujillo de adición de cemento**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME N°01/JUN19

**CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO**

**Solicitante / DNI:** Yeniffer Madeley Reyna Noriega / 480478584

**Institución:** Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo

**Investigación:** "Influencia de la ceniza y cemento en el adobe para muro de mampostería sobre la compresión y durabilidad, Trujillo 2018"

**I. MUESTRA:**

**Especímenes:** Adobes artesanales estabilizados con adición ceniza y cemento, con una cantidad de 189 especímenes de 8.5 cm x 12.5 cm x 21.5 cm de alto, ancho y largo, respectivamente, realizados del 04 de Junio al 23 de Agosto del 2018.

**Muestreo:** Realizado por testista.

**II. ENSAYOS A APLICAR**

Según NTE 0.80

- Ensayo de resistencia a compresión en estado endurecido
- Ensayo de resistencia a compresión en estado saturado
- Ensayo de durabilidad

**III. PARÁMETROS DEL EQUIPO:** Se considera un error de  $\pm 0.5\%$

Compresión en estado endurecido Y Saturado				
Marca	Modo	Unidades	Velocidad de carga	Capacidad máxima
Ele International	Mode I: compresión	SI	0.05 KN/seg	2000 KN
Estufa de secado				
Marca	Modo	Unidades		Capacidad máxima
General Electric	Mode I: Secado	SI		400° C
Balanza digital				
Marca	Modo	Unidades		Capacidad máxima
Valtox	Mode I: Peso	SI		300Kg

Parámetros para el ensayo de durabilidad

Durabilidad		
Peso antes de sumergir	Peso después de sumergir	Variación de pérdida de peso
Kg	Kg	%

**Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado:** Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo, 06 de Junio del 2019

**Iván E. Vásquez Alfaro**  
ING. MATEIALES  
R. CIP 123509