

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE
ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%”**

TESIS PROFESIONAL

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

**Presentada por el Bachiller:
HOYOS SANGAY CARLOS FERNANDO**

**Asesor:
MCs. ING. JAIME AMORÓS DELGADO**

Cajamarca – Perú

2020

**Copyright © 2020 by
Carlos Fernando Hoyos Sangay
Todos los derechos reservados**

AGRADECIMIENTO

Primordialmente agradezco a Dios por darme la vida y brindarme la fortaleza, salud e inteligencia necesaria para sobrellevar toda esta etapa universitaria.

A mis padres que siempre están presentes en mis logros, triunfos y fracasos, que supieron guiarme por un camino de amor, humildad, responsabilidad, rectitud y respeto por mí mismo, por Dios y por los demás; pero sobre todo por brindarme su amor y apoyo sin peros ni condiciones en todo momento.

A mis hermanos por estar siempre a mi lado a pesar de los conflictos que tiene cualquier familia y por ser un ejemplo de perseverancia y moralidad.

A mi familia en general por brindarme su apoyo incondicional en el transcurso de esta investigación, entre ellos a Rogelio Trigoso por apoyarme en la elaboración del elemento base de esta investigación.

Al Ing. Marco Hoyos, por ser más que un padre un guía y apoyo incondicional en todo el desarrollo de esta investigación y durante toda mi vida.

A Tania Casaperalta, por ser la persona que me brindo su amor, cariño y paciencia sin buscar nada a cambio y por ser la inspiración que me faltaba para lograr culminar este trabajo de investigación.

A mis amigos por apoyarme siempre a seguir adelante y por ser parte de todo esto.

Al MCs. Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza, quien fue la persona que me asesoró desde el principio, en la elaboración del plan del proyecto y fue un apoyo fundamental en parte del proceso del desarrollo del presente trabajo.

A mi asesor, MCs. Ing. Jaime Amorós Delgado, quien me brindó su apoyo, guió, motivó y corrigió la presente tesis de investigación.

Carlos Fernando Hoyos Sangay

DEDICATORIA

Con todo mi aprecio, amor y cariño para todos aquellos que siempre estuvieron a mi lado en los buenos y en los malos momentos. Sobre todo, a mi madre Luz Sangay Terrones, a mi padre Marco Hoyos Saucedo y a mis hermanos. Quienes son la razón principal para seguir siempre adelante.

A la memoria del MCs. Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza

Carlos Fernando Hoyos Sangay

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
CONTENIDO.....	v
RESUMEN	xiv
ABSTRAC.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes Locales.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS	7
2.2.1. Adobe.....	7
2.2.1.1. Adobe tradicional.....	7
2.2.1.2. Adobe estabilizado.....	8
2.2.1.2.1. Efecto de los estabilizantes en el suelo.....	9
2.2.1.2.2. Adobe estabilizado con cal.....	9
2.2.2. Materiales para la elaboración de un adobe estabilizado con cal.....	10
2.2.2.1. El Suelo.....	10
2.2.2.1.1. Clasificación e identificación de suelos.....	11
2.2.2.1.1.1. Sistema unificado de clasificación de suelos.....	11
2.2.2.1.1.2. Identificación de suelos	14
2.2.2.1.2. Componentes del suelo adecuado para la elaboración de adobes.....	18
2.2.2.1.2.1. Arcilla.....	19
2.2.2.1.2.2. Limo, arena y grava.....	20

2.2.2.1.3. Propiedades del suelo como material de construcción.	20
2.2.2.1.3.1. Distribución granulométrica.	20
2.2.2.1.3.2. Componentes Orgánicos.....	23
2.2.2.1.3.3. Porosidad.	23
2.2.2.1.3.4. Superficie Específica.	23
2.2.2.1.3.5. Densidad.	23
2.2.2.1.3.6. Compactibilidad.....	24
2.2.2.1.3.7. Resistencia a la Compresión.....	24
2.2.2.1.3.8. Resistencia a la Flexión.	24
2.2.2.1.3.9. Módulo de elasticidad.....	24
2.2.2.1.4. Ensayos de suelos para analizar la composición del suelo.....	25
2.2.2.1.4.1. Ensayos de campo.	25
2.2.2.1.4.1.1. Ensayo de olor.	25
2.2.2.1.4.1.2. Ensayo de lavado.....	25
2.2.2.1.4.1.3. Ensayo de corte.....	25
2.2.2.1.4.1.4. Ensayo de sedimentación.....	26
2.2.2.1.4.1.5. Ensayo de caída de la bola.....	27
2.2.2.1.4.1.6. Ensayo de consistencia.....	27
2.2.2.1.4.1.7. Ensayo de plasticidad (Prueba del rollo).....	28
2.2.2.1.4.1.8. Ensayo de resistencia (Prueba del disco).....	29
2.2.2.1.4.2. Ensayos de laboratorio.....	29
2.2.2.1.3.2.1. Contenido de Humedad.	29
2.2.2.1.3.2.2. Peso Específico.....	30
2.2.2.1.3.2.3. Granulometría.....	31
A. ENSAYO: Análisis por Cribado (Tamizado por Lavado)	32
B. ENSAYO: La prueba del hidrómetro (densímetro) o AASHO Standard. (Norma ASTM D422, 2002).....	33
2.2.2.1.3.2.4. Límites de Consistencia o Límites de Atterberg.	40

A. Límite Líquido.....	41
B. Límite Plástico.....	45
C. Índice de Plasticidad.....	47
2.2.2.2. El estabilizante.....	47
2.2.2.2.1. La Cal.....	47
2.2.2.2.1.1. Ciclo de la cal.....	48
a) Uso de la cal en adobes estabilizados.....	49
2.2.2.2.2. Ichu.....	51
2.2.2.3. El Agua.....	51
2.2.3. Elaboración de un adobe estabilizado.....	53
2.2.3.1. Requisitos específicos para la construcción de edificaciones de adobe.	53
2.2.3.2. Dimensiones de las probetas de adobe.....	53
2.2.3.3. Recomendaciones para su elaboración.....	54
2.2.3.4. Elaboración de adobes.....	54
2.2.3.4.1. Mezcla.....	54
2.2.3.4.1.1. Mezcla para adobes Tradicionales.....	54
2.2.3.4.1.2. Mezcla para un adobe estabilizado con cal.....	56
2.2.3.4.1.3. Mezcla para un adobe estabilizado con cal e ichu.....	58
2.2.3.4.2. Elaboración de especímenes y ensayos de resistencia mecánica.....	58
2.2.3.4.2.1. Espécimen para compresión.....	61
2.2.3.4.2.2. Espécimen para flexión.....	62
2.2.3.4.2.3. Espécimen para absorción.....	62
2.2.4. Resistencia mecánica de materiales.....	62
2.2.4.1. Compresión.....	63
2.2.4.2. Flexión.....	63
2.2.4.3. Absorción.....	65
2.3. Definición de Términos Básicos.....	67

2.3.1. Adobe.....	67
2.3.2. Tierra	67
2.3.3. Arena fina	67
2.3.4. Arena gruesa.....	67
2.3.5. Arcilla.....	67
2.3.6. Limo.....	68
2.3.7. Barro	68
2.3.8. Cantera.....	68
2.3.9. Gavera.....	68
2.3.10. Moldeo.....	68
2.3.11. Mezcla	68
2.3.12. Suelo Estabilizado	68
2.3.13. Tendal	68
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	69
3.1. Ubicación Geográfica y Temporal de la Investigación.	69
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	69
3.1.2 Ubicación Temporal	70
3.2. Recursos, equipos y herramientas utilizados en la investigación.	71
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	73
3.3.1. POBLACIÓN	73
3.3.2. MUESTRA	73
3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
3.5. Metodología a seguir en el desarrollo del trabajo de investigación.	76
3.6. Procedimiento del Experimento	77
3.6.1. Ensayos de Campo.....	80
3.6.2. Ensayos de Laboratorio	80
3.6.2.1. Ensayos de Mecánica de Suelos – Propiedades Físicas	81
3.6.2.2. Ensayos de Resistencia de Materiales	81

3.6.2.2.1. Elaboración de testigos de adobe.....	81
3.6.2.2.2. Ensayo de testigos de adobe	91
3.6.2.3. Análisis de datos y presentación de resultados.....	91
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS, DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
.....	92
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO	92
4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
.....	94
4.2.1. Resistencia a la compresión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla	
I.1: Adobe tradicional con adición de ichu de 3 cm.	94
4.2.1. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
I.2: Adobe tradicional con adición de ichu de 6 cm.	95
4.2.2. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
I.3: Adobe tradicional con adición de ichu de 9 cm.	96
4.2.3. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla II:	
Adobe estabilizado con cal al 20%	97
4.2.4. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm por kg. de	
tierra (5 gr/kg).....	98
4.2.5. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg.	
de tierra (15 gr/kg).....	99
4.2.6. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg.	
de tierra (25 gr/kg).....	100
4.2.7. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg.	
de tierra (5 gr/kg).....	101
4.2.8. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla	
IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg.	
de tierra (15 gr/kg).....	102

4.2.9. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	103
4.2.10. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm por kg. de tierra (5 gr/kg).....	104
4.2.11. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	105
4.2.12. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm por kg. de tierra (25 gr/kg).....	106
4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.	107
4.3.1. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.1: Adobe tradicional con adición de ichu de 3 cm.....	107
4.3.2. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.2: Adobe tradicional con adición de ichu de 6 cm.....	108
4.3.3. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.3: Adobe tradicional con adición de ichu de 9 cm.....	109
4.3.4. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla II: Adobe estabilizado con cal al 20%	110
4.3.5. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	111
4.3.6. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	112
4.3.7. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	113

4.3.8. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	114
4.3.9. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	115
4.3.10. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	116
4.3.11. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	117
4.3.12. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	118
4.3.13. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	119
4.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN.	120
4.4.1. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla I.1, I.2 e I.3 (Adobe tradicional con adición de ichu de 3, 6 y 9 cm.).....	120
4.4.2. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla II: Adobe estabilizado con cal al 20%	120
4.4.3. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	121
4.4.4. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	121

4.4.5. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	122
4.4.6. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	122
4.4.7. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	123
4.4.8. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	123
4.4.9. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg).....	124
4.4.10. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg).....	124
4.4.11. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg).....	125
4.5. RESUMEN DE RESULTADOS.....	125
4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	127
4.6.1. Resistencia a la Compresión.....	127
4.6.2. Resistencia a la Flexión.....	139
4.6.3. Análisis estadístico de Resultados de Ensayos Absorción.....	151
4.7. Discusión de resultados.....	153
4.8. Contrastación de resultados.....	154
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
5.1. CONCLUSIONES.....	156

5.2. RECOMENDACIONES	156
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	157
ANEXOS	160

RESUMEN

El adobe considerado uno de los materiales de construcción más amigable con el medio ambiente, es uno de los principales en las zonas rurales de nuestro país; debido primordialmente a su fácil producción y sus favorables propiedades climáticas, que permiten la mitigación de ruidos externos y la calidez en sus ambientes. A pesar de poseer las mencionadas características no brindan una adecuada seguridad ante eventos sísmicos debido a que su poca resistencia a los esfuerzos mecánicos, así como por tener alta vulnerabilidad frente a la humedad. Por ello las investigaciones buscan mejorar estas propiedades desarrollándose temas como la estabilización con cal (punto de donde partimos en esta investigación), que permitan construir viviendas más resistentes, seguras, económicas y ecológicas. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la influencia de la fibra vegetal ichu variando la cantidad y el tamaño de éste, comparando un adobe tradicional con adobes estabilizados con cal al 20%. Se concluyó que al aumentar el tamaño cantidad de ichu, disminuye la resistencia a compresión hasta en 12.1% (14.943 kg/cm²) en comparación con la de la muestra patrón (17.002 kg/cm²), pero superando la resistencia mínima (12 kg/cm²) indicada en la NTE - E.080; lo contrario ocurre para el esfuerzo a flexión, el cual aumenta a medida que se aumenta el tamaño y cantidad de ichu llegando a 19.6% (10.162 kg/cm²) más que la muestra patrón (8.496 kg/cm²), lo que nos comprueba que la adición de ichu es una gran ventaja para mejorar esta resistencia mecánica.

Palabras claves: adobe, estabilizado, compresión, flexión, humedad, ecológico

ABSTRAC

The adobe, considered one of the most environmentally friendly construction materials, is one of the main ones in rural areas of our country; mainly due to its easy production and its favorable climatic properties, which allow the mitigation of external noises and the warmth in its environments. Despite having the aforementioned characteristics, they do not provide adequate security against seismic events due to their low resistance to mechanical stress, as well as their high vulnerability to humidity. For this reason, the research seeks to improve these properties, developing topics such as lime stabilization (the point from which we started in this research), which allow the construction of more resistant, safe, economic and ecological homes. This research was developed with the objective of determining the influence of ichu vegetable fiber by varying its quantity and size, comparing a traditional adobe with adobe stabilized with 20% lime. It was concluded that by increasing the amount of ichu size, the compressive strength decreases up to 12.1% (14,943 kg / cm²) compared to that of the standard sample (17,002 kg / cm²), but exceeding the minimum resistance (12 kg / cm²) indicated in NTE-E.080; the opposite occurs for the flexural stress, which increases as the size and quantity of ichu is increased, reaching 19.6% (10.162 kg / cm²) more than the standard sample (8.496 kg / cm²), which proves that the addition of ichu is a great advantage to improve this mechanical resistance.

Key Words: adobe, stabilization, compression, flexion, humidity, ecological.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La tierra en Ingeniería Civil como material para la fabricación de adobes utilizados en edificaciones, es de fácil disponibilidad y de bajo costo, por ello con los conocimientos de sus propiedades y usando herramientas muy elementales se viene usando en la construcción desde épocas preincaicas a la fecha, empleando suelos arcillo arenosos.

En la actualidad y generalmente en las zonas rurales se construyen viviendas mediante el uso de esta técnica tan antigua por ser un sistema de construcción de bajo costo tanto en elaboración como en mantenimiento, así como la facilidad de encontrar los elementos necesarios para su elaboración in situ y considerando que los adobes son de tamaño pequeño en base a suelo mezclado con agua (barro) y con paja cortada en proporciones inadecuadas ocasionando resistencias bajas a la compresión y la flexión.

El suelo es uno de los materiales de construcción más antiguos en el mundo, desde la época preincaica y el uso de este, combinado con agua y estabilizado con paja (adobe) en las comunidades rurales se prolongó a lo largo de nuestra historia fundamentalmente por ser de fácil acceso, y porque permitió crear viviendas con propiedades ambientales favorables, como la mitigación de ruido y la variación de la temperatura. Hoy en día aún existe un gran sector de la población que utiliza este sistema de construcción, específicamente el 34.84% de las viviendas en nuestro territorio están elaboradas en base de adobe y tapial según el censo realizado por el INEI, 2007. Pero estas viviendas por la baja resistencia a la compresión y flexión de sus unidades de albañilería no ofrecen una adecuada seguridad ante eventos sísmicos, siendo de necesidad mejorar el comportamiento de las propiedades mecánicas del adobe estabilizándolo con fibra vegetal, cal y otros, y así poder construir viviendas más seguras, económicas, ecológicas y sustentables.

Formulación del problema.

¿Cuál es la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe estabilizado con 20% de cal más ichu en diferentes tamaños y cantidades?

Hipótesis

A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumentará la resistencia a la compresión y flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

Justificación

En la investigación del Ingeniero Kelvin Cáceres Vásquez se determinó una resistencia máxima a compresión de 18.572 kg/cm² y una resistencia máxima a flexión de 9.792 kg/cm² para adobes fabricados con materiales de la misma cantera y usando el 20 % de cal como estabilizador de suelo y compactados, por lo que con esta investigación tratamos de determinar la influencia del ichu en la resistencia, según su tamaño con la finalidad de mejorar las condiciones del adobe.

Por otro lado; MALKANTHI (2019), en su investigación titulada Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt, obtuvo una resistencia a la compresión máxima de 1.7 N/mm² (17.34 kg/cm²) para adobes estabilizados con 10% de cal, pero con tan solo 15% de limo y arcilla, además logró una resistencia máxima de 5.5 N/mm² (56.08 kg/cm²) en adobes con la misma cantidad de limo y arcilla pero con la adición de 5% de cal más 5% de cemento; por ello en la presente investigación se determinará la influencia del ichu en adobes estabilizados con cal al 20% para comparar sus resistencias con las obtenidas en adobes con bajo contenido de finos y con adición de cemento. Además, considerando que actualmente en nuestra localidad se sigue utilizando el adobe como material de construcción por utilizar insumos de bajo costo, fácil disponibilidad y por tener una buena inercia térmica, ya que edificios de gran inercia térmica tienen variaciones térmicas más estables debido a que el calor acumulado durante el día se libera en el período nocturno, esto quiere decir que a mayor inercia térmica mayor estabilidad térmica logrando así un adecuado nivel de confort. Según Houben y Guillard (2003) el ladrillo de adobe tiene una inercia térmica de 380 Wh/m³k, pero este valor podría variar dependiendo de la tierra utilizada ya que la inercia térmica depende de la densidad y el calor específico del material.

Alcances de la investigación

Los resultados pueden ser aplicados por la población de Cajamarca y que garanticen fabricar un producto de mejor calidad respecto a los adobes fabricados tradicionalmente, siendo una de ellas la mejora de su resistencia a un bajo costo y usando una tecnología adecuada.

Delimitación

El tema de investigación y sus resultados son válidos para la zona de Cajamarca, puesto que los materiales explotados pertenecen a la cantera de la Cruz Blanca, ubicada en esta ciudad.

Limitaciones

En la presente investigación se limita a analizar el adobe como unidad, debido a que este trabajo tiene como finalidad obtener resultados referentes solo a la unidad de adobe.

OBJETIVOS

Determinar la resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe estabilizado con 20% de cal, más ichu en diferentes tamaños y cantidades.

Contenido

El presente trabajo de investigación está conformado por cinco capítulos:

El primer capítulo "INTRODUCCIÓN" tiene carácter informativo sobre el problema, la justificación e importancia de la investigación, además de sus alcances, objetivos e hipótesis.

El segundo capítulo "MARCO TEÓRICO", es un resumen corto y específico de algunas investigaciones hechas anteriormente sobre el tema, destacando los resultados y conclusiones de cada uno.

Además, se describe los fundamentos teóricos que se han utilizado como base para la investigación como son algunos aspectos y características del suelo como material de construcción, la cal como material estabilizante y más

importante, del elemento que se va a estudiar, el adobe y el adobe estabilizado; de tal manera que facilite al lector la comprensión de los capítulos posteriores.

El tercer capítulo “MATERIALES Y MÉTODOS”, se indica la ubicación geográfica de la cantera de donde proviene el suelo estudiado, además de donde se realizó la investigación; se describen los materiales, métodos utilizados y los diferentes procesos realizados, así mismo se detalla el procedimiento de la obtención de los materiales utilizados, la elaboración de los especímenes y el ensayo de estos; como punto final de este capítulo se detalla el tratamiento, análisis de datos y los resultados del trabajo de investigación.

El cuarto capítulo “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS”, contempla la interpretación, explicación y discusión de los resultados obtenidos.

El quinto capítulo “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”, expone las conclusiones finales de la investigación experimental para cada objetivo propuesto, además de las recomendaciones, que nos sugieren la ampliación de los conocimientos sobre el problema de investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

- Carcedo (2012) en su trabajo "*Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*" (Madrid – España): planteó como objetivo evaluar la resistencia de los bloques de tierra comprimida con el fin de mejorarla, tomando en cuenta: tamaño de partícula de sílice, compactación de los bloques de tierra, valoración de los estabilizantes usados. Llegó a la conclusión que la adición de una pequeña proporción de nanosílice en los bloques y la compactación otorgan un gran aumento de la resistencia a compresión de los mismos. Teniendo un aumento de hasta 65% para la muestra con adición de 1% de proporción en peso (54,161 KN) con respecto a la muestra sin nanosílice (32,522 KN).

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

- Martínez (2019) en su trabajo "*Influencia del tipo y porcentaje de fibras naturales sobre la compresión y flexión en adobes para construcciones de la libertad*" (Trujillo – Perú): planteó como objetivo determinar la influencia de las fibras naturales en adobes; logrando comprobar que, como material de refuerzo, ante esfuerzos de compresión, las fibras no aportan un valor agregado; al contrario, disminuyen su valor. Concluyendo que conforme se aumenta el porcentaje en peso de fibra, la resistencia va disminuyendo progresivamente, llegando a disminuir hasta un 32% con respecto a la muestra patrón que logró una resistencia de 23.36 km/cm².

Pero por el contrario para el caso de la resistencia a la flexión las fibras naturales si favorecen en el aumento de su valor. Concluyendo que ha medida que se va aumentando el porcentaje en peso, aumenta su resistencia, llegando al valor máximo de 15.77 kg/cm² para la muestra

con bagazo de caña al 1% en peso, la cual muestra un aumento de 96.63% con respecto a la muestra patrón (8.02 kg/cm²).

- Cáceres (2010) en su trabajo "*Mejora del adobe a partir de su estabilización con el material confitillo*" (Lima- Perú): planteó como objetivo establecer una nueva técnica de fabricación de unidades de tierra, a partir de su estabilización dimensional empleando material de granulometría regular, que permita y garantice mayores resistencias y durabilidad tanto en edificaciones nuevas, como en antiguas para la conservación y restauración del patrimonio edificado, logrando demostrar que el comportamiento de la unidad de adobe brinda a las edificaciones cualidades térmicas y permite mayor seguridad y durabilidad.

2.1.3. Antecedentes Locales.

- Cachi (2015) en su trabajo "*Incremento de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cemento para construcciones Ecológicas-económicas en Cajamarca*": planteó como objetivo evaluar si existe un incremento de la resistencia mecánica del adobe estabilizado, adicionado 7%, 10% y 13% en peso, de cemento Portland tipo ICO y comparándolo con el adobe tradicional. Obteniendo como resultados el incremento de la resistencia a la compresión en 19.91% (16.56 kg/cm²), 110.36% (29.05 kg/cm²) y 234.90% (46.26 kg/cm²) respectivamente, con respecto a la resistencia de la muestra patrón (13.81 kg/cm²). Además, en el caso de la resistencia a la flexión también se obtuvo un incremento de 17.50% (5.586 kg/cm²), 54.12% (7.327 kg/cm²) y 97.37% (9.383 kg/cm²) respectivamente; con respecto a la resistencia de la muestra patrón (4.754 kg/cm²).
- Jimenez & Llanos (1985) en su trabajo "*Estudio del Adobe fabricado en la ciudad de Cajamarca y su mejoramiento*": plantearon como objetivo mejorar la durabilidad de bloques de adobe corrientes a través de la estabilización; para lo cual se elaboraron especímenes a los

cuales los estabilizaron con paja ichu, aserrín, yeso, melaza y asfalto; logrando un incremento en su resistencia a la compresión, flexión y mejorando su durabilidad. Logrando obtener un aumento de la resistencia a la compresión simple con mejores resultados para: la muestra con 5% de aserrín (50.30 kg/cm²); la muestra con 8% de yeso + 1.5% de paja (29.72 kg/cm²) y para la muestra con 1.5% de paja (26.92 kg/cm²). Mientras que para el ensayo a flexión por tracción se obtuvo los mejores resultados para: la muestra con 5% de aserrín (11.07 kg/cm²), la muestra con 2.5% de paja ichu (10.12kg/cm²) y para la muestra con 1.5% de paja ichu (7.97 kg/cm²).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Adobe.

2.2.1.1. Adobe tradicional.

Se define el adobe como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. (Norma E080, 2017)

Los bloques de barro producidos a mano relleno de barro en moldes y secados al aire libre se denominan adobes. (Minke, 2005, pág. 72)

El adobe es una pieza maciza de barro sin cocer. Las dimensiones de la pieza varían entre 30 y 40 centímetros de largo y corresponde a una relación usual de 1:1/2:1/4 respecto a la dimensión mayor. (Cardona, 2004, pág. 3)

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

2.2.1.2. Adobe estabilizado.

Estos adobes se diferencian de los anteriores en que su composición ya no es simplemente de tierra húmeda, sino que contienen agentes estabilizadores para mejorar sus propiedades, en especial su resistencia mecánica y su resistencia a la acción erosiva del agua. Se compactan en las mismas prensas que los adobes compactados. Combinando un buen aditivo adecuadamente dosificado y mezclado, una buena humedad de la mezcla y una alta presión de moldeo se obtienen adobes estabilizados de calidad muy superior a la de los adobes compactados y, por su puesto, a la de los adobes simples. (Ferri Cortes, 2002, pág. 90)

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales, con el fin de mejorar sus condiciones de estabilidad ante la presencia de humedad.

(Oshiro Higa, pág. 9)

Un adobe estabilizado debe limitar la proporción del agua que asimila al 4% de su peso, requiriendo para ello la incorporación de una emulsión asfáltica que fluctúa entre 6 y 12 % de su peso total. Las paredes exteriores construidas con adobe así estabilizado (y su mortero) no ameritan de protección adicional y pueden ser dejadas expuestas, sin requerir frisado alguno. De hecho, la insistencia en recubrir paredes con alguna forma de friso impermeabilizado incrementa sustancialmente el costo de la obra. (Gonzalo Vélez, 2010)

El suelo estabilizado como material de construcción económica. (Oshiro Higa, pág. 26)

1. El suelo como material de construcción es aún utilizado extensamente en todo el mundo, particularmente para viviendas de bajo costo. La tierra apisonada, el adobe, son ejemplos de materiales para construir casas corrientemente empleadas, en países en proceso de desarrollo. La forma de lograr una larga duración es crítica, y no puede predecirse en tanto la protección del material no pueda efectuarse científicamente.

2. Por lo general, es aceptada la aceptación de estabilización de suelo como la realizada por el mezclado y compactación de suelo con pequeña cantidad de aglomerante.
3. En la búsqueda del suelo estabilizado, se han experimentado con diferentes aglomerantes tales como la cal, betún, resina, asfalto, cloruros, desechos industriales, etc.
4. Para la estabilización de suelo bajo variadas condiciones de clima y tipo de suelo, el uso del cemento ha encontrado una extensa aceptación debido a la facilidad de manejo, satisfactoria ejecución y sustancial ahorro en costo.
5. El cemento como aglomerante, tiende a reducir la contracción de la arcilla; disminuye notablemente la permeabilidad e incrementa la resistencia a la compresión. Eleva la resistencia a la flexión, así como a la expansión térmica.

2.2.1.2.1. Efecto de los estabilizantes en el suelo.

Según Ferri Cortez (2002), los estabilizantes más utilizados son:

- El cemento
- La cal
- El asfalto

Tabla N°01: Efectos de los estabilizantes en el suelo.

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

Fuente: Ferri Cortez (2002)

2.2.1.2.2. Adobe estabilizado con cal.

Se usa preferentemente con tierra arcillosa en proporciones del 2 al 8%, aumentando muchas veces su resistencia, pero no siempre, por eso es conveniente ensayar el resultado antes de adoptarlo definitivamente. Se reduce la capacidad de absorción de agua y los efectos de la erosión; se consigue aristas y caras listas, desaparecen las deformaciones

aumentando la estabilidad dimensional. Es el más adecuado para utilizarlo con suelos arcillosos.

Para su utilización se debe tener en cuenta:

- Unir la cal con la tierra y humedecer la mezcla, manteniéndola cubierta y húmeda durante 24 horas.
- A continuación, se pulverizan bien todos los terrones se mezcla y se utiliza en seguida.
- Igual que con el cemento debe mantenerse húmedo durante siete días cubriéndolo con elementos transpirables y protegidas del sol otros 7 días. (Ferri Cortes, 2002, pág. 91)

2.2.2. Materiales para la elaboración de un adobe estabilizado con cal.

Los materiales que componen un adobe estabilizado con cal y fibra vegetal son:

- Suelo (Cantera de la Cruz Blanca, Cajamarca, Perú)
- Cal
- Fibra Vegetal (Ichu)
- Agua

Figura N°01: Tierra, Cal, Ichu.



2.2.2.1. El Suelo

Para fabricar adobes es recomendable el uso de tierra areno-arcillosa con poco limo. Si la tierra tiene mucha arcilla, aumenta el riesgo de fisuración al secarse; si tiene demasiada arena o limo, puede carecer de cohesión interna adecuada y desgranar fácilmente, además de que disminuye su resistencia a compresión. (Neves & Borges Faria, 2011, pág. 18)

Hay gran diversidad de opiniones en cuanto a los porcentajes adecuados de cada componente (arcilla-limo-arena-grava) y algunos autores establecen valores sólo para cantidad de arcilla. En general los datos se basan en estudios de caso en distintos países y con distintas tierras. (Neves & Borges Faria, 2011, pág. 18)

Tabla N°02: Composición granulométrica de la tierra adecuada para la fabricación de adobe, según varios autores.

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

Fuente: Néves (2011)

2.2.2.1.1. Clasificación e identificación de suelos.

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa.

Primeramente, dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos; nacieron sí varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2001, pág. 152)

2.2.2.1.1.1. Sistema unificado de clasificación de suelos.

La forma originaria de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los

ingenieros. El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla N°03 y clasifica los suelos en dos amplias categorías. (Braja M., 1999, pág. 39)

- a) Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.
- b) Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N° 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcillas inorgánicas u O para limos y arcillas orgánicas. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Suelos Gruesos

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2001, pág. 152)

- a) Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo G(gravel).
- b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo S(sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla N°4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

- 1 Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo *W*.
- 2 Material prácticamente limpio de fino, mal graduado. Símbolo *P*
- 3 Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo *M*.
- 4 Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo *C*(clay). En combinación con los símbolos genéricos, da a lugar a los gruesos *GC* y *SC*.

Grupos GC y SC (Gravas y Arenas)

Como antes, el contenido de finos de estos grupos de suelos debe ser mayor que 12%, en peso, y por las mismas razones expuestas para los grupos *GM* y *SM*. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a lata plasticidad; es ahora requisito que los límites de plasticidad sitúen a la fracción que pase la malla N°40 sobre la Línea A, teniéndose, además, la condición de que el índice plástico sea mayor que 7.

Suelos Finos

También en este caso de sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a) Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (de sueco *mo* y *mjala*).
- b) Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (*clay*).
- c) Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (*organic*).

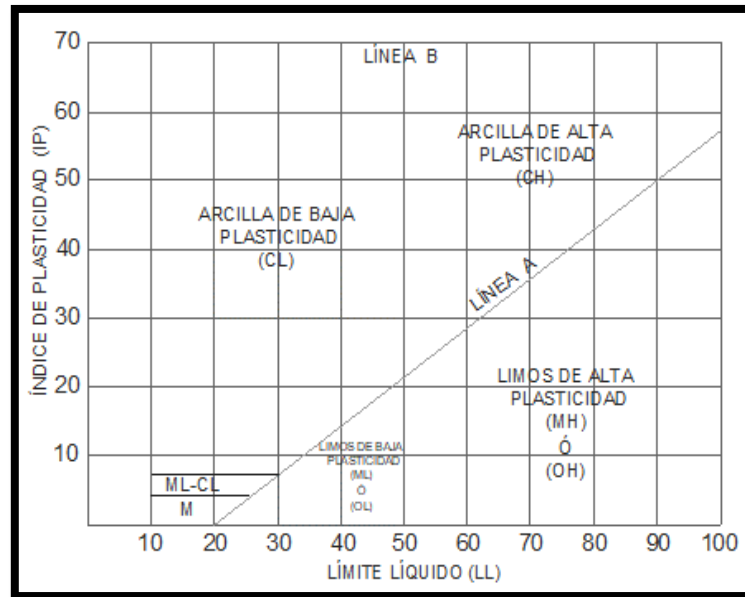
Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (*low compressibility*), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (*high compressibility*), teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

Ha de notarse que las letras L y H no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (LL e Ip), mientras que en el caso actual sólo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

También es preciso tener en cuenta que el término compresibilidad tal como aquí se trata, se refiere a la pendiente del tramo virgen de la curva

de compresibilidad y no a la condición actual del suelo inalterado, pues éste puede estar seco parcialmente o preconsolidado.

Figura N°02: Carta de plasticidad.



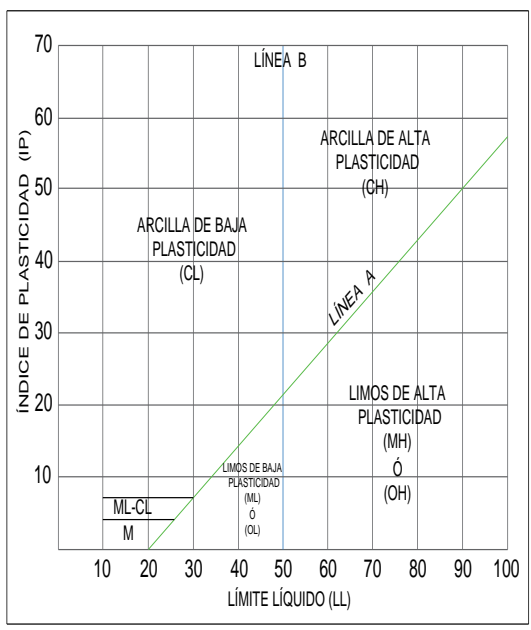
Fuente: Juárez Badillo (1974)

2.2.2.1.1.2. Identificación de suelos

El problema de la identificación de suelos es de importancia fundamental en la ingeniería; identificar un suelo es, en rigor, encasillarlo dentro de un sistema previo de clasificación. En el caso concreto de este trabajo, es colocarlo en alguno de los grupos mencionados dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; obviamente en el grupo que le corresponde según sus características.

Tabla N°03: Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S)

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA N°4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas.	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60}/D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		GRAVAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas.	* GM	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG DEBAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
				u		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG DARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla N° 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 cm COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA N°4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas.	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	Cu= D_{60}/D_{10} mayor de 6 ; Cc= $(D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.
	SP			Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos		
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas.		* SM	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG DEBAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.
				u		
	SC		Arena arcillosas, mezclas de arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200		LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor de 50.	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G- Gravas, S-Arena, O-Suelo Orgánico, P-Turba, M-Limo C- Arcilla, W-Bien Graduada, P-Mal Graduada, L-Baja Compresibilidad, H-Alta Compresibilidad
		CL		Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.				
LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido mayor de 50.		MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
		CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad , arcillas francas.		
		OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de mediana plasticidad.		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos			



Fuente: Juárez Badillo (1974)

Tabla N°04: Sistema Unificado de Clasificación, símbolo de grupo para suelos arenosos.

SÍMBOLO DEL GRUPO	CRITERIOS
SW	Menos de 5% pasa la malla N°200, $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6, $C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla N°200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla N°200; los límites de Atterberg se grafica debajo de la línea A, índice de plasticidad mayor que 7
SC	Más de 12% pasa la malla N°200; los límites de Atterberg se grafica arriba de la línea A, índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla N°200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL_ML.
SW-SM	EL porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	EL porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	EL porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	EL porcentaje que pasa la malla N°200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

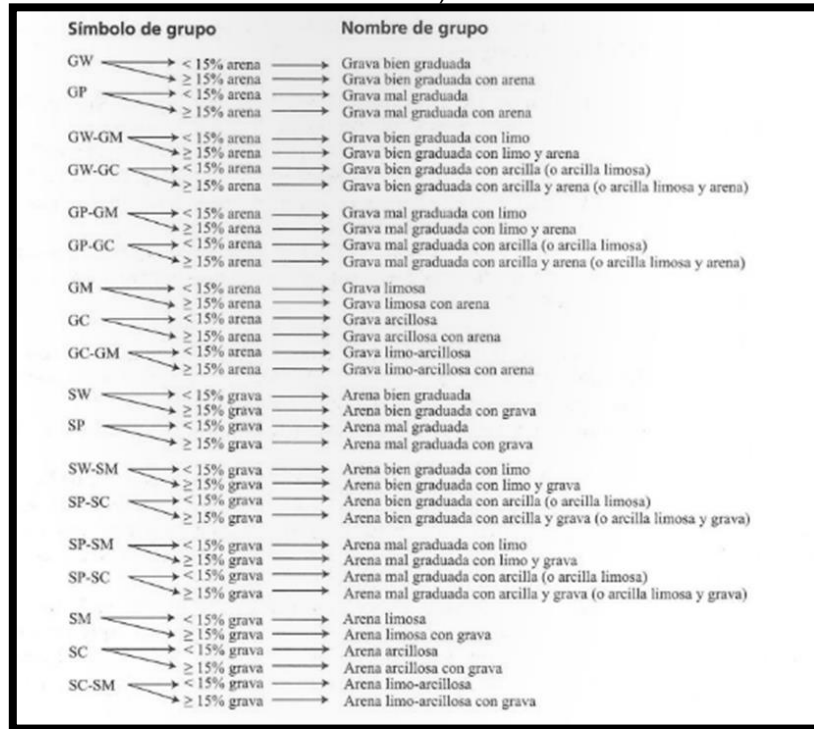
Fuente: Braja (1999)

Tabla N°05: Sistema Unificado de Clasificación, símbolo de grupo para suelos limosos y arcillosos.

SÍMBOLO DEL GRUPO	CRITERIOS
CL	Inorgánico: $LL < 50$; $IP > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en Carta de Plasticidad).
ML	Inorgánico: $LL < 50$; $IP > 4$; se grafica debajo de la línea A (véase zona ML en Carta de Plasticidad).
OL	Orgánico: $(LL - \text{seco horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase zona OL en Carta de Plasticidad)
CH	Inorgánico: $LL \geq 50$; IP se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CH en Carta de Plasticidad).
MH	Inorgánico: $LL \geq 50$; IP se grafica debajo de la línea A (véase zona MH en Carta de Plasticidad).
OH	Orgánico: $(LL - \text{seco horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase zona OH en Carta de Plasticidad)
CL-ML	Inorgánico, se grafica en la zona sombreada en la Carta de Plasticidad
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

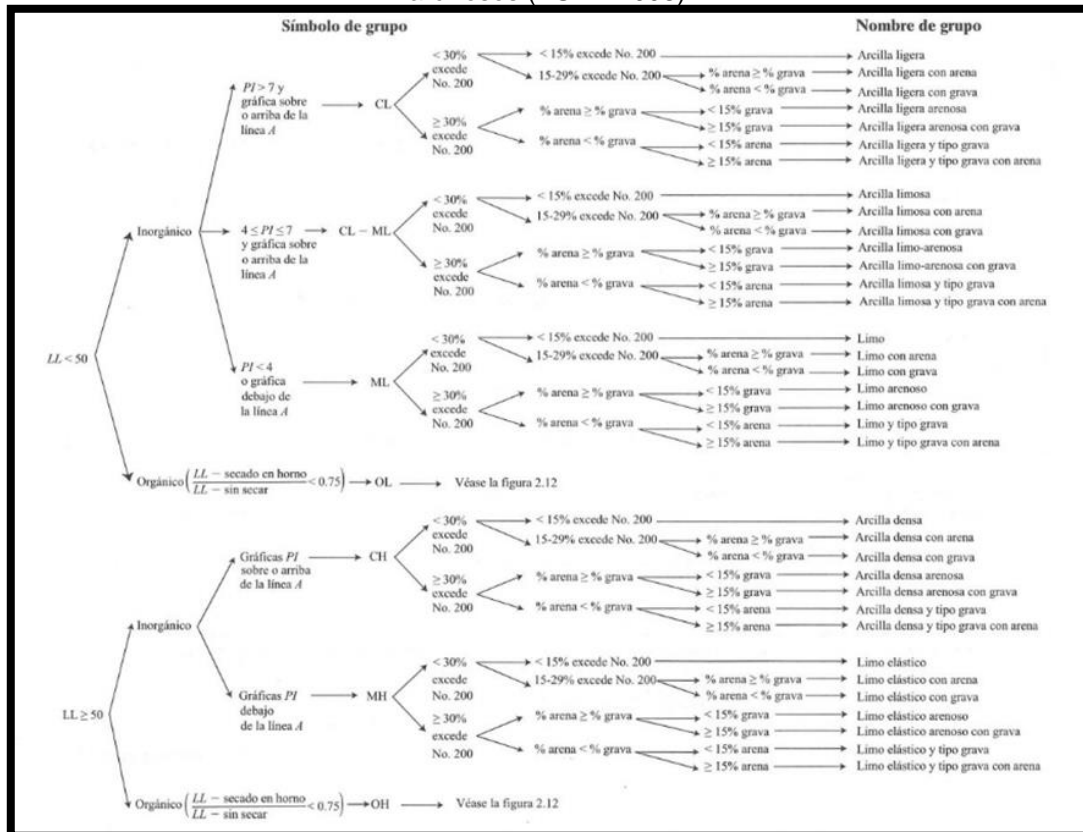
Fuente: Braja (1999)

Figura N°03: Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos tipo grava y arenosos (ASTM 1998).



Fuente: Braja (1999)

Figura N°04: Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos limosos, inorgánicos y arcillosos (ASTM 1998).



Fuente: Braja (1999)

2.2.2.1.2. Componentes del suelo adecuado para la elaboración de adobes.

Independientemente del origen del suelo, los tamaños de las partículas, en general, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos en general son llamados gravas, arena, limo, o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. Para describir los suelos por el tamaño de sus partículas, varias organizaciones desarrollaron límites de tamaño de suelo separado. La tabla n°5, muestra los límites de tamaño de suelo separado desarrollados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el Departamento de Agricultura de estados Unidos (USDA), la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte (AASHTO), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, y la Oficina de Restauración de Estados Unidos. En esta tabla n°5, el MIT se presenta únicamente para fines ilustrativos porque juega un papel importante en la historia del desarrollo de los límites de tamaño de suelo separado. Sin embargo, en la actualidad el Sistema Unificado es casi universalmente aceptado. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) que han sido adoptados por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (Braja M., 1999, pág. 2)

Tabla N°06: Límites de tamaño de suelos separados.

Nombre de la organización	Tamaño del grano(mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico Massachusetts	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>3	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U:S: Bureau of Reclamation: American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas < 0.075)	

Fuente: Braja (1999).

2.2.2.1.2.1. Arcilla.

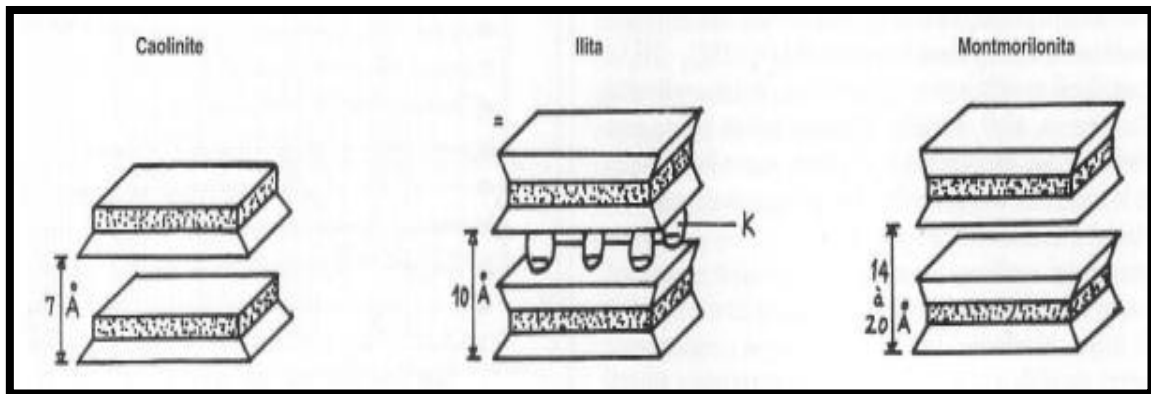
La arcilla es producto de la erosión del feldespato y otros minerales. El feldespato contiene óxido de aluminio, un segundo óxido metálico y bióxido de silicio. Uno de los más comunes tipos de feldespato tiene la fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$. Si durante la erosión, los componentes del potasio se disuelven, entonces una arcilla denominada caolinita es formada y tiene la fórmula $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Otro mineral arcilloso muy común es la montmorilonita con la fórmula $\text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 4\text{SiO}_2$. Adicionalmente existe una amplia variedad de minerales arcillosos como la illita que no se encuentra comúnmente.

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

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

La caolinita está constituida por dos láminas y posee una capacidad aglutinante baja debido a que cada capa de hidróxido de aluminio está conectada a una capa de óxido de silicio, en cambio en el mineral montmorilonita constituido por tres láminas, una capa de hidróxido de aluminio está siempre entre dos capas de óxido de silicio, desplegando así una capacidad aglutinante alta. La mayoría de los minerales de arcilla tienen cationes intercambiables. La capacidad aglutinante y la resistencia a la compresión de la tierra dependen del tipo y cantidad de cationes. (Minke, 2005, pág. 24)

Figura N°05: Estructura de los tres minerales arcillosos más comunes y su distancia intralaminar.



Fuente: Houben, Guillaud (1984)

2.2.2.1.2.2. Limo, arena y grava.

Las propiedades del limo y la arena son totalmente distintas a la arcilla. Estos son solo agregados sin fuerza aglutinante y están formados a partir de rocas erosionadas en cuyo caso tienen cantos filosos o por movimiento del agua en este caso son redondeados. (Minke, 2005, pág. 24)

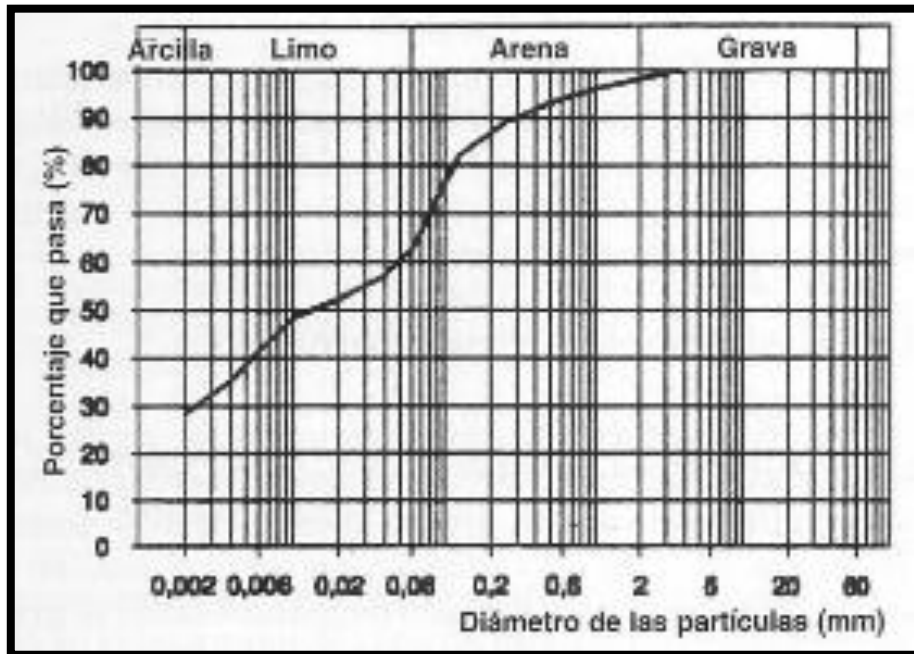
2.2.2.1.3. Propiedades del suelo como material de construcción.

2.2.2.1.3.1. Distribución granulométrica.

La tierra se caracteriza por sus componentes: arcilla, limo, arena y grava. La proporción de los componentes se presenta comúnmente en un gráfico como el que se muestra en las Figuras N° 03, 04 y 05. El eje vertical representa el peso en porcentajes del total de cada tamaño de grano, el cual se grafica en el eje horizontal usando una escala logarítmica. La curva se grafica acumulativamente, con cada tamaño de grano incluyendo todos los componentes finos.

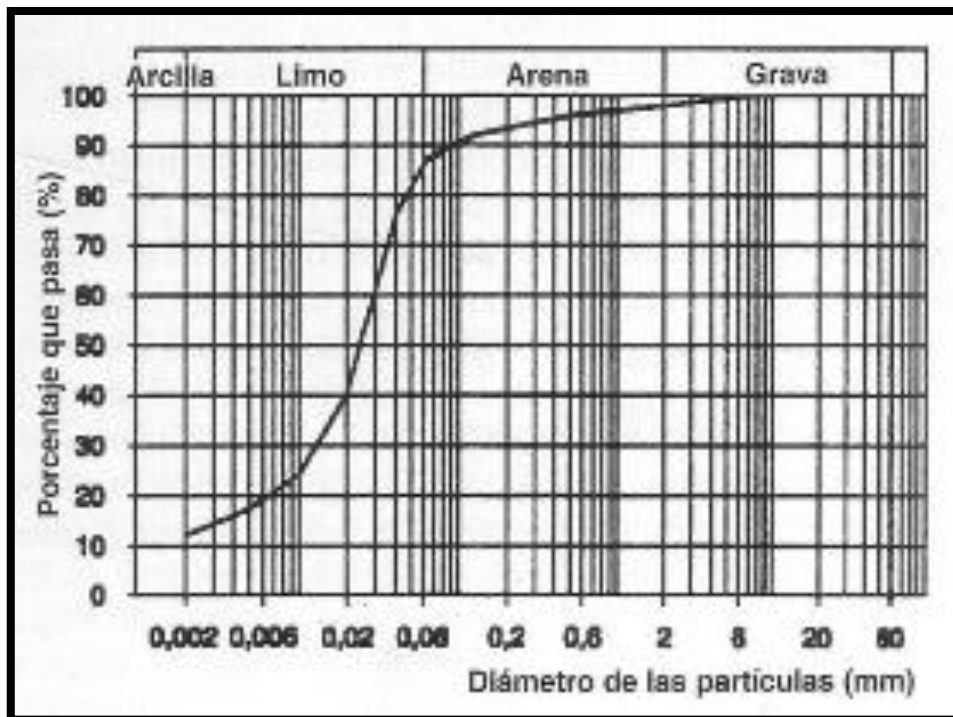
El grafico superior caracteriza un barro arcilloso con 28% de arcilla, 35% de limo, 33% de arena y 4% de grava. El gráfico del centro muestra un barro limoso con 76% limo y el gráfico inferior un barro arenoso con un 56% de arena. (Minke, 2005, pág. 24)

Figura N°06: Curva granulométrica de un barro arcilloso.



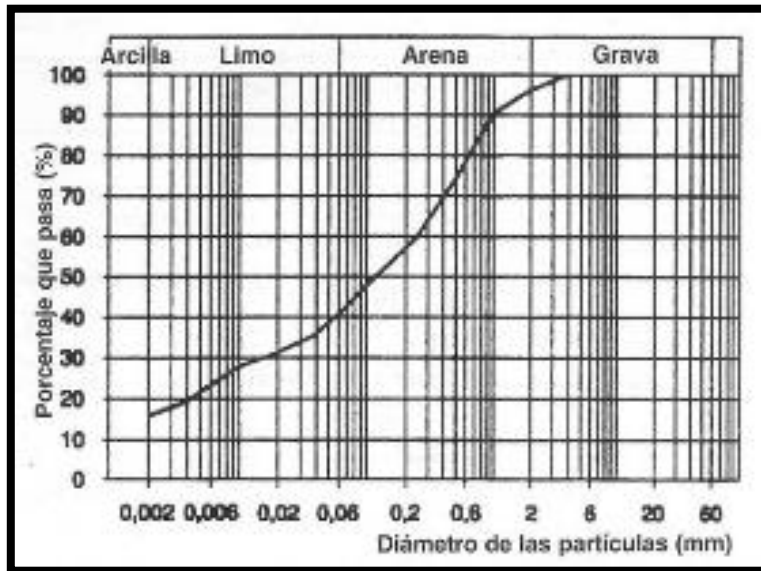
Fuente: Minke (1994)

Figura N°07: Curva granulométrica de un barro limoso.



Fuente: Minke (1994)

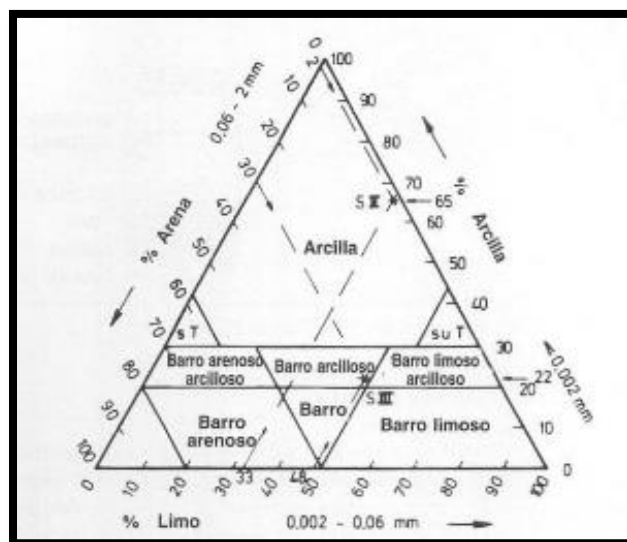
Figura N°08: Curva granulométrica de un barro arenoso.



Fuente: Minke (1994)

Otro método para describir gráficamente un barro con partículas no mayores de 2mm se muestra en la Figura N°06. En este caso los porcentajes de arcilla, limo y arena se pueden graficar en tres ejes de un triángulo y leer correlativamente. Por ejemplo, suelo marcado S III en este gráfico tiene 22% de arcilla, 48% de limo y 30% de arena

Figura N°09: Distribución granulométrica expresada en un diagrama trilineal (según Voth 1978).



Fuente: Minke (1994)

2.2.2.1.3.2. Componentes Orgánicos

Un suelo extraído de una profundidad menor a 40 cm contiene por lo general materia orgánica y humus (producto de la descomposición de plantas) el mismo está constituido fundamentalmente por partículas coloidales y es ácido ($\text{pH} < 6$). La tierra como material de construcción debería estar libre de materia orgánica y humus. En algunas condiciones fibras vegetales como paja pueden añadirse asegurándose de que estén secas, evitando así los riesgos por su descomposición. (Minke, 2005, pág. 24)

2.2.2.1.3.3. Porosidad.

El grado de porosidad se define por el volumen de todos los poros del barro. Más importante que el volumen de los poros son las dimensiones de los mismos. Mientras mayor la porosidad mayor la difusión de vapor y mayor la resistencia a las heladas. (Minke, 2005, pág. 24)

2.2.2.1.3.4. Superficie Específica.

La superficie específica de un suelo es la suma de superficies de todas las partículas. La arena gruesa tiene una superficie específica de aproximadamente $23 \text{ cm}^2/\text{g}$, el limo aproximadamente $450 \text{ cm}^2/\text{g}$ y la arcilla desde $10 \text{ m}^2/\text{g}$ (caolinita) hasta $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ (montmorillonita). Mientras mayor sea la superficie específica de la arcilla mayor será las fuerzas internas de adición que resultan importantes para la capacidad aglutinante y la resistencia a la compresión y tensión. (Minke, 2005, pág. 25)

2.2.2.1.3.5. Densidad.

La densidad se define por la relación de la masa seca con respecto al volumen (incluyendo los poros). Un suelo recientemente excavado tiene una densidad de 1200 a $1500 \text{ kg}/\text{m}^3$. Si este suelo se compacta como en técnicas de tapial o en bloques de suelo, su densidad varía de 1700 a $2200 \text{ kg}/\text{m}^3$ (o más, si contiene considerables cantidades de grava o agregados gruesos). (Minke, 2005, pág. 25)

2.2.2.1.3.6. Compactibilidad.

La compactibilidad es la capacidad de la tierra para ser compactada mediante presión estática o compactación dinámica reduciendo así su volumen. Para obtener la compactación máxima el suelo debe tener un contenido específico de agua lo que se denomina “contenido óptimo de agua” lo que permite llevar a las partículas a un estado más denso. Esto se mide con el ensayo Proctor. (Minke, 2005, pág. 25)

2.2.2.1.3.7. Resistencia a la Compresión.

La resistencia a la compresión de elementos de construcción secos hecho de tierra, como por ejemplo bloques de tierra y tierra compactada difiere generalmente de 5 a 50 kg/cm². Este depende no solo de la cantidad y tipo de arcilla sino también de la distribución granulométrica del limo, arena y agregados mayores, así como del método de preparación y compactación. (Minke, 2005, pág. 40)

La resistencia a la compresión mínima de una unidad es de 12 kg/cm². (Norma E080, 2017)

2.2.2.1.3.8. Resistencia a la Flexión.

La resistencia a la flexión del barro depende fundamentalmente del contenido de arcilla y de tipo de minerales de arcilla. La arcilla montmorilonita tiene una resistencia a la flexión mucho más alta que la arcilla caolinita. El valor más bajo, investigado por Hofmann, Schembra con caolinita alcanzó 1.7 kg/cm², el mayor con montmorilonita 223 kg/cm². Arcillas sin montmorilonita estudiadas por Hofmann, Schembra dieron resistencias a la flexión entre 17 y 918 N/cm². (Minke, 2005, pág. 41)

2.2.2.1.3.9. Módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad relaciona el esfuerzo con la deformación unitaria, en un material no lineal, ni isótropo como el adobe depende principalmente de las características de la tierra y también de factores como la fabricación, curado, secado; por ello no es una constante como lo es en otros materiales.

En el hormigón y el acero, el módulo de elasticidad está claramente definido, la parte elástica tiene un comportamiento lineal; diferente a lo que ocurre en el adobe que tiene un comportamiento muy irregular y diferente en cada espécimen, su parte elástica no está claramente definida.

2.2.2.1.4. Ensayos de suelos para analizar la composición del suelo.

Para verificar que un suelo es apropiado para una aplicación específica, es necesario conocer su composición. (Minke, 2005, pág. 26)

2.2.2.1.4.1. Ensayos de campo.

Los siguientes ensayos no son muy exactos, pero pueden hacerse en el sitio, en relativo corto tiempo y son a veces suficientemente exactos para estimar la composición del barro y determinar si la mezcla es aceptable para una aplicación específica. (Minke, 2005, pág. 26)

2.2.2.1.4.1.1. Ensayo de olor.

El barro puro es inodoro, pero tienen olor a moho si contiene humus o materia orgánica en descomposición. (Minke, 2005, pág. 26)

2.2.2.1.4.1.2. Ensayo de lavado

Una muestra de barro húmedo se frota entre las manos. Si las partículas se sienten claramente, esto indica que el barro es arenoso o gravoso, mientras que si la muestra es pegajosa pero las manos pueden limpiarse al frotarlas mientras se secan, esto es indicativo de un barro limoso. Si la muestra es pegajosa, haciendo necesario el uso de agua para lavarlas esto indica que el barro es arcilloso. (Minke, 2005, pág. 26)

2.2.2.1.4.1.3. Ensayo de corte

Una muestra húmeda de barro se moldea en forma de bola y se corta con un cuchillo. Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo. (Minke, 2005, pág. 26)

2.2.2.1.4.1.4. Ensayo de sedimentación

Sirve para determinar la proporción de los componentes principales (arena, limos y arcillas) del suelo. (Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti, 1993, págs. 42,43)

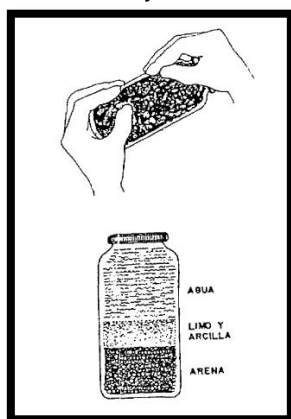
Los pasos a seguir de este ensayo son los descritos a continuación.

- Llenar con tierra tamizada (utilizar tamiz N°4) una botella de boca ancha de un litro de capacidad hasta la mitad de su altura y llenar la parte restante con agua limpia.
- Agitar vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de la tierra estén en suspensión.
- Poner la botella sobre una mesa y esperar que todas las partículas de arena reposen al fondo. Las partículas de arena reposarán inmediatamente. Las partículas de limos y arcilla durante algunas horas.
- Finalmente medir las capas para determinar la proporción de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcilla.

Desde el punto de vista de Houben, Guillaud (1984):

Se agita una muestra de barro con agua en un frasco, las partículas mayores se asientan primero en el fondo y las más finas arriba. A partir de esta estratificación se puede estimar la proporción de componentes. Es una interpretación errónea asumir que la medida de cada capa corresponde a la proporción de arcilla, limo, arena y grava como mencionan algunos autores (pag.7)

Figura N°10: Ensayo de sedimentación

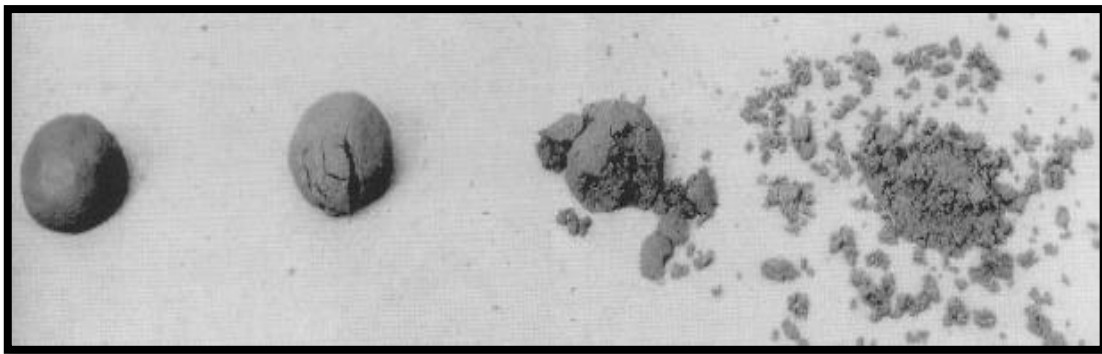


Fuente: Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti (1993)

2.2.2.1.4.1.5. Ensayo de caída de la bola

La mezcla a ensayar debe ser lo más seca posible y suficientemente húmeda como para formar una bola de 4 cm de diámetro. Cuando esta bola se deja caer desde una altura de 1.5 m sobre una superficie plana pueden ocurrir diferentes resultados como se muestra en la Figura N° 8. Si la bola se aplana levemente y muestra muy pocas o ninguna fisura, como en el ejemplo de la izquierda, esta tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla muy elevado. Por lo general esta mezcla debe rebajarse añadiendo arena. Si el ensayo muestra una apariencia como la del ejemplo de la derecha entonces esta tiene un muy bajo contenido de arcilla. Su capacidad aglutinante es por lo general insuficiente y no puede ser utilizada como material de construcción. En el caso de la tercera muestra a partir de la izquierda esta tiene una relativamente pobre capacidad aglutinante, pero usualmente una composición que le permite ser utilizada para adobes o tierra apisonada. (Minke, 2005, pág. 26)

Figura N°11: Ensayo de caída de la bola.



Fuente: Minke (1994)

2.2.2.1.4.1.6. Ensayo de consistencia

Se forma con tierra húmeda una bola de 2 a 3 cm de diámetro. Con esta bola se forma un rollo de 3mm de diámetro. Si el rollo se parte o desarrolla grandes fisuras antes de alcanzar 3mm de diámetro la mezcla deberá ser humedecida gradualmente hasta que el rollo se parta solamente cuando haya alcanzado un diámetro de 3mm. Con esta

mezcla se forma una bola nuevamente. Si no es posible formarla entonces el contenido de arena es muy alto y el de arcilla muy bajo.

Si la bola se puede deshacer entre los dedos pulgar e índice con mucha fuerza, el contenido de arcilla es alto y debe rebajarse añadiendo arena. Si la bola se deshace fácilmente entonces el barro contiene poca arcilla. (Minke, 2005, pág. 27)

2.2.2.1.4.1.7. Ensayo de plasticidad (Prueba del rollo)

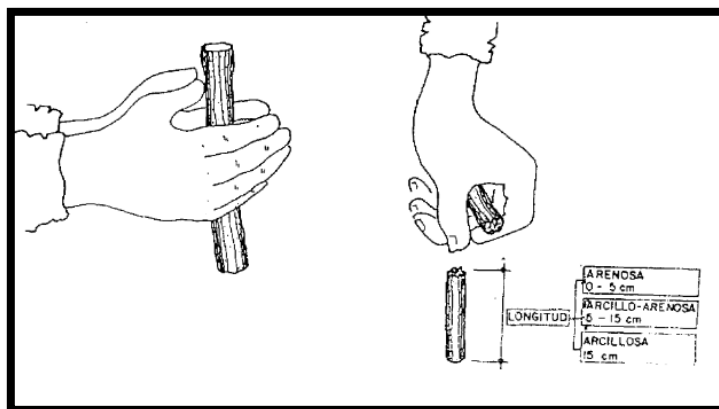
Sirve para determinar la calidad de la tierra y nos permite saber si ésta es arcillosa, arenosa o arcillo-arenosa.

Consiste en tomar con tierra humedecida un rollo de 1.5 cm de diámetro, suspenderlo en el aire y medir la longitud del extremo que se rompe. (Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti, 1993)

Se presentan tres casos:

- Tierra arenosa; cuando el rollo se rompe antes de alcanzar los 5 cm.
- Tierra arcillo-arenosa; cuando se rompe al alcanzar una longitud entre 5 y 15 cm.
- Tierra arcillosa; cuando el rollo alcanza una longitud mayor de 15 cm.

Figura N°12: Prueba de plasticidad (Prueba del rollo)



Fuente: Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti (1993)

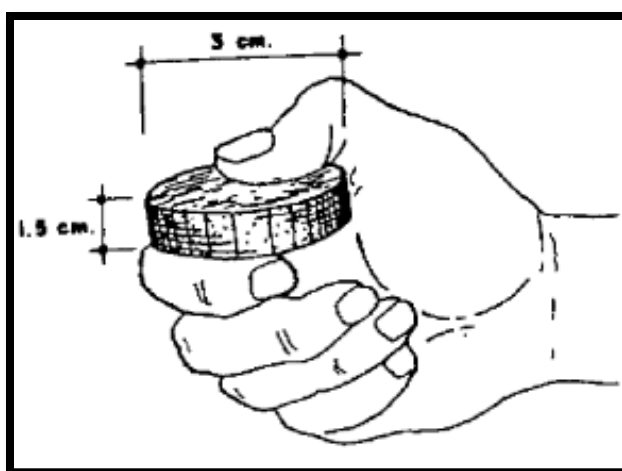
2.2.2.1.4.1.8. Ensayo de resistencia (Prueba del disco)

Consiste en amasar tierra húmeda y elaborar 5 discos de 3 cm de diámetro por 1.5 cm de espesor, dejarlos secar 48 horas y luego tratar de romperlos.

Se presentan dos casos:

- Baja resistencia; cuando el disco se aplasta fácilmente.
- Mediana o alta resistencia; cuando el disco se aplasta con dificultad o se rompe con un sonido seco. (Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti, 1993)

Figura N°13: Prueba de resistencia (Prueba del disco)



Fuente: Torres Cabrejos, Morales Morales, Rengifo, & Irala Candiotti (1993)

2.2.2.1.4.2. Ensayos de laboratorio.

2.2.2.1.3.2.1. Contenido de Humedad.

La NTP 339.127 define como humedad o contenido de humedad de un suelo a la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

La Norma ASTM D2216 explica el procedimiento a seguir para la obtención del contenido de humedad del suelo:

Materiales:

- Muestra extraída del estrato a estudiar.

Equipo:

- Balanza con aproximación a 0.01 gr.
- Horno con control de temperatura.
- Recipientes de aluminio o latón (taras)

Procedimiento:

- Se selecciona una fracción representativa del material a determinar la humedad (alterada o inalterada).
- Se pesa un recipiente (tara). Debe estar limpio y seco. (W_t)
- Se coloca la muestra en el recipiente y se pesa. ($W_{mh} + t$).
- Luego se lleva a un proceso de secado en un Horno por un tiempo de 24 horas a la temperatura aproximada de 110° C.
- Luego de las 24 horas se pesa el recipiente con el suelo seco ($W_{ms} + t$) (se recomienda volver a llevar al horno y se verifica después de una hora si el peso se mantiene constante. Además, la muestra no debe ser pesada inmediatamente sacada del horno, facilitar un enfriamiento de la muestra)
- Se realiza los cálculos correspondientes:

- Determinar el peso del agua presente en la muestra como la diferencia entre el peso húmedo y seco de la muestra.

$$W_w = W_{mh} + t - W_{ms} + t \dots\dots\dots (Fórmula N°01)$$

- Determinar el peso del suelo seco como la diferencia del peso luego de sacada la muestra del horno y el peso de la tara.

$$W_s = W_{ms} = W_{ms} + t - W_t \dots\dots\dots (Fórmula N°02)$$

- Calcular el contenido de humedad del suelo.

$$w (\%) = (W_w / W_s) 100 \dots\dots\dots (Fórmula N°03)$$

2.2.2.1.3.2.2. Peso Específico.

La norma ASTM D854 define al peso específico como el resultado de la relación entre el peso y el volumen. Es común en el área de la mecánica de suelos manejar de forma equívoca, el peso específico como densidad. En muchos casos en que se utilice el término densidad, deberá entenderse como peso específico. Según el tipo de parámetros involucrados, la densidad se definirá de diferentes maneras: Densidad

húmeda, densidad seca, densidad aparente, densidad saturada, etc.
Para hallar el peso específico se sigue el siguiente procedimiento.

Materiales:

- Muestra seca (aproximadamente de 100 a 120 gr.)
- Agua común o destilada (principalmente desairada)

Equipo:

- Balanza con aproximación a 0 01 gr.
- Bomba de vacíos o aspirador para producir vacío.
- Frasco volumétrico (Fiola) preferiblemente de 250 a 500 ml.
- Mortero y mango para morterear
- Tamiz N°4

Procedimiento:

- A una fiola (de 500 ml.) se llena con agua hasta la marca 500 ml. Y luego se lo pesa (Wfw).
- Se pesa la muestra seca que pase el tamiz N°4 (Ws)
- Luego se coloca la muestra dentro de la fiola vacía, y se vierte agua hasta cubrir la muestra y luego se agita la fiola con la mano.
- Se lleva la fiola a la bomba de vacío de 10 a 15 minutos por lo menos, hasta que no salgan más burbujas dentro de la fiola. (durante este tiempo agitar suavemente la mezcla, moviendo suavemente la fiola)
- Luego de retirar la fiola de la bomba de vacío, añadir cuidadosamente agua hasta la marca de 500 ml. Y se pesa de nuevo (Wfws). Peso del frasco con agua y muestra.
- Cálculo del peso específico:

$$\gamma_s = W_s / (W_s + W_{fw} - W_{fws}) \dots\dots\dots (Fórmula N°04)$$

2.2.2.1.3.2.3. Granulometría

Comprende dos clases de ensayos: El de tamizado para las partículas grueso – granulares (gravas, arenas) y el de sedimentación para la fracción fina del suelo (limos, arcillas) que no son discriminables por tamizado. Las muestras deben ser estadísticamente representativas.

Rango de tamices, según el ASTM C 33:

Tabla N°07: Tamaño de tamices

DESIGNACION	ABERTURA (Φ)	DESIGNACION	ABERTURA (Φ)
3 “	75 mm	N°16	1180 μ
2 “	50 mm	N°20	850 μ
1 ½ “	37.5 mm	N°30	600 μ
1 “	25 mm	N°40	425 μ
¾ “	19 mm	N°50	300 μ
3/8 “	9.5 mm	N°60	250 μ
N°4	4.75 mm	N°100	150 μ
N°8	2.36 mm	N°140	106 μ
N°10	2 mm	N°200	75 μ

Fuente: ASTM C 33 (2002)

Serie típica: 4, 10, 20, 40, 60, 140, 200

Serie alterna: 4, 10, 30, 50, 100, 200

A. ENSAYO: Análisis por Cribado (Tamizado por Lavado)

La Norma NTP 339.128 establece el método para el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada, cuyo procedimiento a seguir es el siguiente:

Materiales:

- Suelo arcilloso – limos: 200 gr
- Suelo arenoso con finos, de 200 a 500 gr.

Equipo:

- Juego de tamices, dependiendo del tipo de suelo (generalmente se recomienda: N° 4, 10, 20, 40, 60, 140, 200).
- Mortero y mango de mortero
- Balanza de sensibilidad a 0.1 gr
- Estufa con control de temperatura
- recipientes (taras).

Procedimiento:

- Se seca una muestra, y se pesa la muestra seca Pms (Antes del lavado).
- Se coloca la muestra en un recipiente, empapar la muestra con agua por varias horas considerando el tipo de material.

- Colocar la muestra empapada en la malla N° 200 y lavar cuidadosamente el material utilizando agua a chorro. (si es necesario apoyarse con un cepillo), hasta que el agua que pase a través del tamiz mantenga su transparencia (tener cuidado de no causar daño al tamiz y evitar la pérdida de suelo que eventualmente pueda salpicar fuera del tamiz).
- Se recupera las partículas retenidas en la malla N° 200 colocándolas en un recipiente y se las seca en la estufa Generalmente 24 horas y a 105° C.
- La muestra ya seca, se pasa por el juego de tamices agitándolos ya sea mecánica o manualmente.
- Se pesa el material retenido en cada tamiz (PR), y se determina el peso del suelo perdido durante el lavado, lo cual nos indica el suelo que pasa el tamiz N° 200.
- Se calcula los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz:

$$\% PR = 100 * PR / Pms \dots\dots (Fórmula N°05)$$
- Se determina los porcentajes de los pesos retenidos acumulados (%PAR)
- Luego se calcula los complementos a 100% que son los porcentajes pasantes acumulativos por los tamices:

$$\% PASA = 100 - \%PAR \dots\dots (Fórmula N°06)$$
- Se dibuja la curva granulométrica en escala semilogarítmica a partir del tamaño que corresponde a la malla N° 200, teniendo como abscisa y en escala logarítmica a los tamaños de los tamices en mm y en la ordenada a los (%) porcentajes acumulados que pasa.
- Se clasifica al suelo según su granulometría.

B. ENSAYO: La prueba del hidrómetro (densímetro) o AASHO Standard. (Norma ASTM D422, 2002)

Se toma una probeta con agua al cual se le coloca suelo, se agita hasta que sea uniforme la suspensión; luego se deja en reposo para ir midiendo mediante un densímetro graduado los pesos específicos relativos de una suspensión de un suelo que cambian en un transcurso del tiempo (minutos, horas, días), calibrando dicho densímetro a 20 grados y con escala de 0.995 a 1,060.

Los pesos específicos de la suspensión disminuyen a medida que las partículas se asientan. La profundidad del densímetro, variable con la densidad de la suspensión (ARQUIMEDES), es la base para calcular esa distribución de tamaños de granos finos que pasa la malla N° 200. El sistema se calcula con la Ley de Stokes.

Para la determinación de los tamaños de las partículas y su distribución granulométrica, se usa un nomograma a base a la Ley de Stokes. Para poder utilizar este nomograma es necesario conocer las especificaciones del densímetro, o sea, es necesario calibrarlo. (Norma ASTM D422, 2002)

a) Calibración del densímetro

La calibración de un hidrómetro consiste en la determinación de la altura de caída (Hg) en función de las lecturas realizadas. Aplicando el nomograma (según la Ley de Stokes) es necesario llevar a cabo la calibración de cada densímetro, ya que las alturas de caída (Hg) que corresponden a lecturas del peso específico del líquido, son siempre distintos en los densímetros.

La calibración comprende los siguientes pasos:

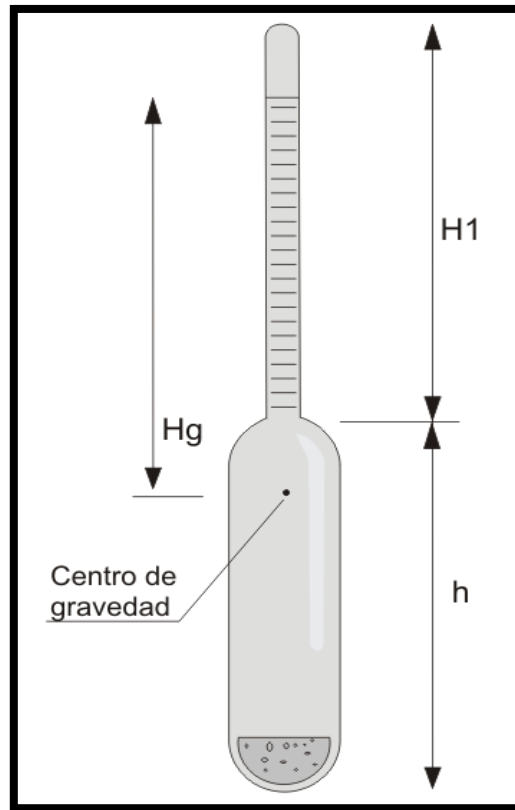
- Determinación del volumen del bulbo del densímetro (Vb),
- Sumergir el bulbo al agua (dentro de una probeta y medir el aumento del volumen del agua)
- Determinación del área de la probeta (Ap) (1,000 ml) en uso:
- Determinar dos marcas y medir el volumen entre ellas y su distancia, luego dividir el volumen entre la distancia medida.
- Medir la distancia entre los dos extremos del bulbo (h).
- Medir los diferentes valores H1 (las distancias entre el extremo superior del bulbo y las diferentes lecturas del peso específico relativo).
- Calcular las alturas de caída Hg que corresponden a las alturas del peso específico relativo). Relativo de la suspensión:

$$Hg = H_1 + \frac{1}{2} (h - (Vb / Ap)) \dots\dots (Fórmula N°07)$$

En el nomograma (ábaco para el análisis granulométrico por sedimentación) se encuentran esos valores Hg, al lado izquierdo de la escala para las lecturas del densímetro.

Se anota al lado derecho de esa misma escala los datos correspondientes del peso específico o sea las lecturas correspondientes del densímetro en uso.

Figura N°14: Gradación del densímetro.



Fuente: Medina Gonzáles (2007).

b) Corrección de las lecturas del densímetro en uso por menisco y uso de defloculante.

Durante la prueba por sedimentación, debe utilizarse un defloculante (silicato de sodio) que impide el descenso demasiado rápido de las partículas. A fin de impedir que las partículas menores de suelo se unan entre sí formando granos más pesados y por consecuencia mayor velocidad de sedimentación, haciendo cometer errores.

Las lecturas del peso específico relativo de la suspensión, debe corregirse por el cambio de la densidad del agua, debido a la adición del defloculante (agua + defloculante) (C´d)- (Se mezcla la cantidad de defloculante que vaya a usarse con agua que salga una suspensión con 1000 ml.; se le agita y mide la densidad inicial. Esta suspensión solo sirve como referencia para la lectura inicial, luego se descarta).

$$C_d = (C'd - 1.0) 1000 \dots\dots (Fórmula N°08)$$

Para la corrección por menisco, hacer dos lecturas muy cuidadosamente, una en la parte superior y otra en la parte inferior del menisco. Su diferencia será la corrección por menisco.

$$C_m = (\text{Lect. sup.} - \text{Lect. Inf.}) 1000 \dots\dots (Fórmula N°09)$$

c) Cantidad de la muestra por ensayar.

Se realiza en suelos en que la mayor parte del material, pasa el tamiz N° 80 o puede ser del suelo que pasa el tamiz N° 200.

La cantidad de la muestra del suelo por someter a la prueba de sedimentación, depende del tipo de suelo.

- suelo arenoso. 50 - 150 grs
- Suelo cohesivo sin arena. 30 – 50 grs.
- Arcillas grasosas. 10 – 30 grs.

d) Equipo necesario para la prueba de sedimentación.

- Una balanza. Con 0.1 ó 0.01 gr de aproximación.
- Un hidrómetro graduado para medir pesos específicos relativos calibrado a 20° C (68° F) y con escala de 0.995 a 1.110 gr/cm³.
- Un batidor mecánico – eléctrico (homogenizador).
- Un termómetro con aproximación de 0.1° C.
- Una probeta graduada de 1,000 ml.
- Defloculante (silicato de sodio (Na₃ Si O₃) – 1 gr o 5 ml / 20 cc de agua) (hexametáfosfato sódico (Na PO₃)₆ - 45.7 gr/Lt).
- Espátulas, probetas, estufa, etc.

e) Ejecución del ensayo.

- Pesar una cantidad de 30 ó 50 gr de suelo seco (Ps)

- Añadir 5 ml. de solución de silicato de sodio a 300 ml. de agua y mezclar una parte con el suelo, de modo que alcance esta la consistencia de una pasta suave.
- Añadir el resto de la suspensión (300 ml.) a esta pasta para agitarla en el homogenizador durante 15 minutos.
- Pasar la muestra mezclada con agua y defloculante a la probeta graduada de 1000 ml. Añadiendo agua para completar las 1000 ml.
- Agitar la probeta tapada con la mano, invirtiéndola frecuentemente durante 1 minuto.
- Colocar la probeta inmediatamente después sobre una mesa fija y que no le llegue directamente los rayos del sol, hechar a andar al mismo tiempo un cronómetro e introducir el densímetro a la probeta. Hacer las lecturas (t) en periodos de 15", 30", 1, 2, 5, 15, 30, 60 minutos; 2, 4, 8, 16 horas etc. Midiendo a la vez la temperatura (T) (según cada lectura).
- Determinar las lecturas R del densímetro, $R = (\gamma - 1.0) 1000$
- Determinar el correspondiente coeficiente de corrección por temperatura (Ct) (ábacos o tablas).
- Averiguar los diámetros de las partículas, según el nomograma (ábaco para análisis granulométrico por sedimentación) y,
- Determinar los porcentajes correspondientes a cada tamaño de grano empleando la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{100 \gamma_s (R + C t - C_d - C_m)}{P_s (\gamma_s - 1)} \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 10)$$

Donde:

Ps: Peso de la muestra seca en el ensayo.

γ_s : Peso específico relativo de los sólidos (de averiguarse por ensayos anteriores).

R: Medida corregida de la lectura (densímetro).

Cm: Corrección del densímetro por menisco.

Cd: Corrección de la lectura del densímetro por defloculante.

Ct: Coeficiente de corrección por temperatura. (según ábaco)

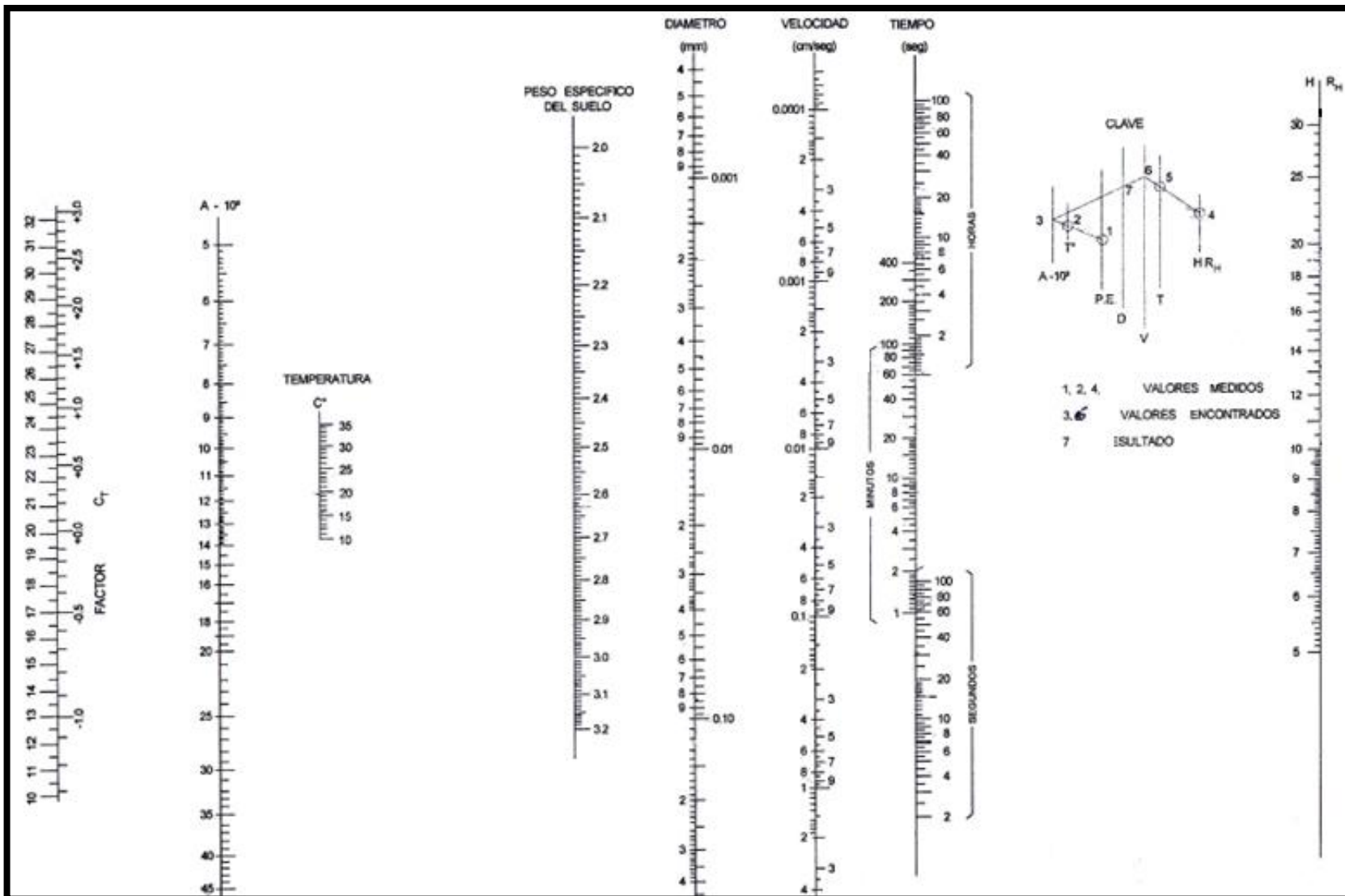
Coeficientes de corrección por temperatura (Ct):

Tabla N°08: Valores de coeficiente de corrección por temperatura Ct.

Temperatura (C°)	Densímetro calibrado a:	
	15 °C	20 °C
10	-0.5	-1.25
11	-0.4	-1.18
12	-0.3	-1.1
13	-0.2	-1
14	-0.1	-0.88
15	0	-0.77
16	0.1	-0.64
17	0.2	-0.5
18	0.4	-0.39
19	0.5	-0.19
20	0.7	0
21	0.9	0.19
22	1.1	0.37
23	1.3	0.58
24	1.5	0.8
25	1.8	1.02
26	2	1.28
27	2.2	1.51

Fuente: Juárez Badillo (2001).

Figura N°15: Monograma para cálculo de diámetro de partículas.



Fuente: Juárez Badillo (2001).

En un análisis combinado (método de cribado y método de suspensión) se debe determinar el porcentaje del total de la muestra, mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ del total} = \frac{X*Y}{100} \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 11)$$

X: % material pasa malla N° 200 determinado en el análisis granulométrico por lavado.

Y: % averiguado en el ensayo de sedimentación.

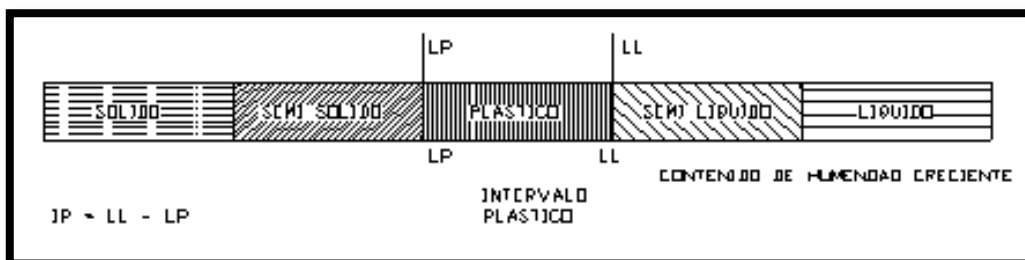
2.2.2.1.3.2.4. Límites de Consistencia o Límites de Atterberg.

La NTP 339.129 explica que los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo, al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido.

- Límite líquido (LL)- Es la humedad del suelo por la cual éste pasa (frontera) del estado semi líquido al plástico.
- Límite plástico (LP)- Es la humedad del suelo por la cual éste pasa (frontera) del estado plástico al semi sólido, la diferencia entre los valores de los límites de plasticidad se llama Índice Plástico (IP).
- Límite de contracción o retracción (LC). - Es la humedad del suelo por la cual éste pasa del estado semi- sólido al sólido.

Los límites de plasticidad (LL y LP) han sido definidos en términos de ciertas técnicas de laboratorio.

Figura N°16: Límites de Consistencia de un Suelo

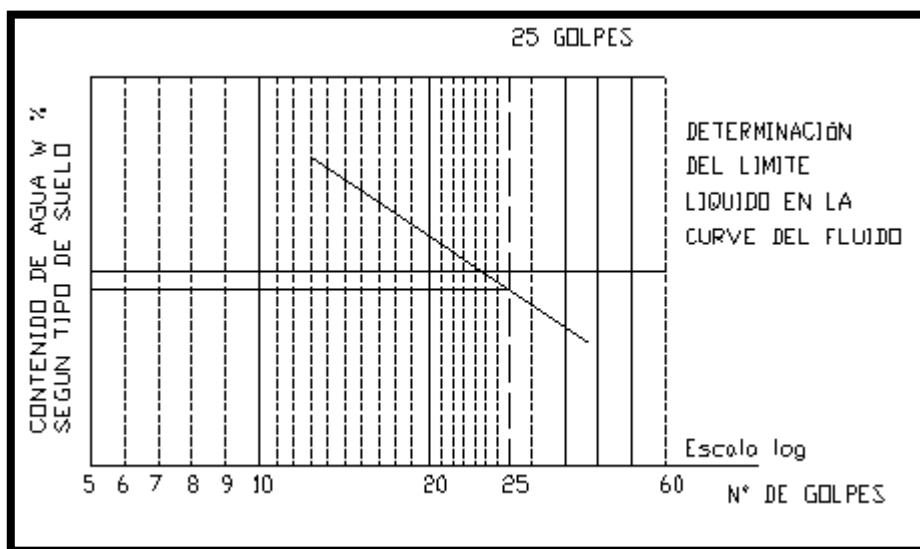


Fuente: Juárez Badillo (2001).

A. Límite Líquido.

Con el propósito de determinar el contenido de agua de un suelo que corresponde al límite líquido se emplea una técnica basada en el uso de la copa de Casagrande. Copa de bronce, de ciertas dimensiones, en la cual se coloca una pasta de suelo hasta una cierta altura distinta y se hace que la copa caiga periódicamente, golpeándose contra una base. La altura de caída es de 1 Cm. El suelo dentro de la copa será ranurado mediante un acanalador (la ranura debe tener dimensiones específicas).

Figura N°17: Determinación del Límite Líquido en la Curva de Fluido

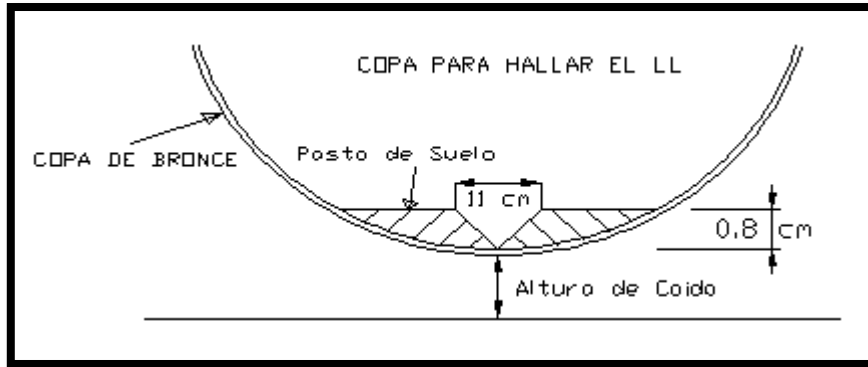


Fuente: Juárez Badillo (2001).

El contenido de agua que tenga el suelo cuando cierre la ranura en el fondo de la capa; dándole un número de 25 golpes, corresponde al valor para el límite líquido.

Para encontrar este contenido de humedad (según 25 golpes), se lleva a cabo el ensayo varias veces con pastas de diferentes consistencias; o sea de distintos contenidos de agua, luego se entra en el gráfico para hallar el valor buscado. Este gráfico tiene por abscisa una escala logarítmica donde están apuntados los números de golpes y una ordenada que refieren a porcentajes de agua.

Figura N°18: Esquema de Copa de Casagrande



Fuente: Juárez Badillo (2001).

Material:

- Suelo seco que pasa la malla N° 40, aproximadamente 100g

Equipo:

- Tamiz N° 40
- Copa de Casagrande.
- Acanalador
- Espátula.
- Balanza de precisión, con sensibilidad a 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Probeta graduada.
- Mortero y mango.
- Pipetas.
- Regla metálica graduada

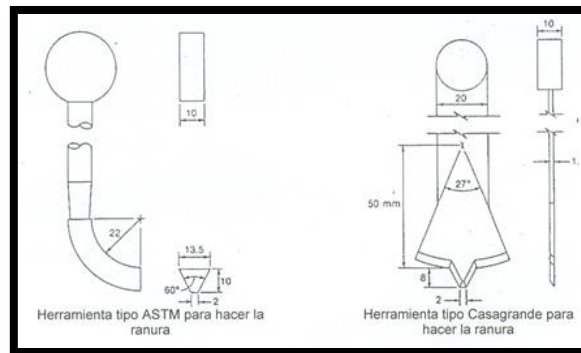
Ajuste y control de la copa de Casagrande.

Ajustar la altura de caída de la taza, para lo cual se gira la manivela hasta que la taza se eleve a su mayor altura. Utilizando el calibrador de 10 mm, se verifica que la distancia entre el punto de percusión y la base sea de 10 mm exactamente, de ser necesario, se aflojan los tornillos de fijación y se mueve el ajuste hasta obtener la altura de caída requerida. Además se debe verificar periódicamente que:

- No se produzca juego lateral de la taza por desgaste del pasador que la sostiene,

- Los tornillos que conectan la taza con el apoyo estén apretados,
- El desgaste de la taza no sobrepase la tolerancia de masa,
- El desgaste de la base no exceda de 0.1 mm de profundidad. Cuando esto suceda se debe pulir nuevamente.
- El desgaste del ranurador no sobrepase las tolerancias dimensionales.

Figura N°19: Herramientas para hacer la ranura



Fuente: Juárez Badillo (2001).

Procedimiento:

- Colocar la muestra dentro de un recipiente adecuado que permita mezclarlo con agua.
- Adicione agua y empiece un proceso de homogenización, de tal forma que el agua se incorpore totalmente a la muestra de suelo.
- Cuando el suelo y el agua formen una masa uniforme y consistente, colocar una porción en el recipiente del equipo de Casagrande, con la ayuda de la espátula verifique que el nivel de la muestra de suelo no supere el borde del recipiente y que el nivel máximo entre la base del recipiente y el suelo sea de 10 mm. El exceso de suelo retírelo y retórnelo al recipiente donde está realizando la mezcla.
- Con la ayuda del ranurador (pasar manteniéndolo perpendicular a la superficie interior de la taza), divida la muestra del suelo que está en el recipiente del equipo de Casagrande en dos mitades, mediante un movimiento suave a lo largo del diámetro de éste, de atrás hacia la parte frontal. El movimiento debe ser cuidadoso propiciando la construcción de la ranura en un solo movimiento y de manera que esta llegue hasta el fondo, y quede limpia y no se dañen los bordes de las mitades de suelo generadas.

- Una vez hecho el surco o ranura, con la ayuda de la manivela del equipo, damos golpes sin parar a la cuchara a una velocidad aproximada de 2 golpes/segundo, hasta que las dos mitades se junten (cierren) aproximadamente 12.7 mm. Se debe registrar el número de golpes en los cuales se cerró dicha ranura.
- Se toma del equipo parte de la muestra de suelo (10 gr), procurando tomarla del sector donde se cerró la ranura (junta en el fondo del surco). La muestra tomada es llevada a un recipiente, se registra su peso y se somete a secado para determinar su humedad.
- Luego, retirar el resto de la muestra al recipiente de mezclado, limpiar y secar la copa de Casagrande, así como al ranurador.
- Este proceso se repite 3 veces, adicionando agua o extendiendo la muestra para someterla a secado, facilitando así la obtención de otros puntos con diferente humedad y número de golpes. Se recomienda que el número de golpes para cerrar la ranura deben estar comprendidos entre 10 y 35.
- Cálculos:
- Determinar el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso respecto al peso del suelo seco:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots (Fórmula N°12)$$

Donde:

Ww: Peso del agua presente dentro de la muestra. Se determina como la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra.

Ws: Peso seco de la muestra.

Recuerde que en varias ocasiones es necesario tener en cuenta el peso del recipiente en que la muestra es llevada al horno.

- Elaboración de la curva de Flujo:
 - El objetivo de este procedimiento es obtener los puntos suficientes para construir un gráfico semilogarítmico con el número de golpes como abcisa en escala logarítmica vs. Contenido de humedad como ordenada en escala aritmética.

- Dibujar los puntos correspondientes a los resultados de cada una de las tres (o más) ensayos efectuados y construir una recta (curva de flujo).
- Expresar el Límite Líquido del suelo como la humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la abscisa de 25 golpes aproximando al entero más próximo.

B. Límite Plástico.

Se define como Límite Plástico al contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, donde el suelo cambia de estado plástico a semi-sólido.

El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y quebradizo. (deleznables). El contenido de agua en el cual un suelo no puede ser más deformado al enrollarlo en 3.2 mm (1/8 pulgadas) en diámetro de hebra sin desmenuzarlo. (Norma ASTM D4318, 1984)

Material:

- Suelo seco que pasa la malla N° 40, aproximadamente 100 g.

Equipo:

- Tamiz N° 40
- Balanza de precisión, con sensibilidad a 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Mortero y mango.
- Espátula.
- Patrón de comparación (alambre o plástico de 3 mm de diámetro).
- Placa de vidrio esmerilado.
- Probeta graduada de 25 ml de capacidad.
- Pipetas.
- Recipientes (taras)

Procedimiento:

- Colocar la muestra dentro de un recipiente adecuado que permita mezclarlo con agua.

- Adicione agua y empiece un proceso de homogenización, de tal forma que el agua se incorpore a la muestra de suelo.
- Cuando el agua ha sido tal que forme una masa consistente, con la ayuda de la mano moldee una especie de balón, el cual deberá dividirse en dos, tres o cuatro pedazos más pequeños según la cantidad de muestra (cm³).
- Tome uno de esos pedazos, y con una suave y uniforme presión (peso de la mano), ruédela sobre el vidrio esmerilado hasta ir formando rollos, los cuales en el proceso de rodado disminuirán poco a poco su tamaño.
- El proceso de rodado se realizará hasta que, al llegar a un diámetro de 3 mm, el cilindro o rollito se empiece a resquebrajar a lo largo del diámetro (caso contrario doblar, amasar nuevamente y volver a conformar el rollito. Si el material está seco, agregar agua y homogenizar completamente; si está muy húmedo, amasarlo de modo que seque al contacto con las manos hasta alcanzar la consistencia requerida)
- En ese momento tome los rollitos con esas características, llévelos a un recipiente, tome su peso y determine la humedad.
- El proceso de llevar los rollitos hasta el diámetro deseado en las condiciones necesarias se repite de igual forma con los otros baloncitos separados originalmente, de manera que se puedan completar tres recipientes con rollitos.

Nota: En ningún caso debe procurarse obtener la disgregación exactamente a los 3 mm de diámetro del rollito (por ejemplo, reduciendo la velocidad de amasado)

Cálculos:

Determinar el contenido de agua, expresado en porcentaje de peso respecto al peso del suelo seco:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots\dots (Fórmula N°12)$$

Dónde:

Ww: Peso del agua presente dentro de la muestra. Se determina como la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra.

Ws: Peso seco de la muestra.

Recuerde que en varias ocasiones es necesario tener en cuenta el peso del recipiente en que la muestra es llevada al horno.

Determinación del Límite Plástico:

Se debe determinar como mínimo tres valores de humedad, los cuales no deben tener diferencias mayores a 2 % entre sí, el promedio de ellos representa el valor del Límite Plástico.

C. Índice de Plasticidad

Se define como el rango de contenido de agua sobre el cual un suelo se compara plásticamente. Numéricamente, es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. (Norma ASTM D4318, 1984)

2.2.2.2. El estabilizante

En un adobe es posible el agregado de aglomerantes tales como el cemento, la cal y el yeso, para mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión o su estabilidad ante la humedad. La cal puede ser agregada antes de preparar la mezcla dado que su endurecimiento es lento; diferente del cemento, que sólo puede ser usado hasta 1:30 hs después de adicionar agua a causa del proceso de rápido endurecimiento. (Neves & Borges Faria, 2011)

2.2.2.2.1. La Cal

La cal es el ligante más antiguo después del yeso y el único utilizado hasta la industrialización de la edificación. "Antigua" como los egipcios, como los griegos y los romanos, se obtiene calentando una piedra calcárea, hecha esencialmente de carbonato cálcico, a temperaturas bastante altas. La piedra de cal se reduce en trozos (si ya no son por ejemplo piedras de río), se introduce en el horno y se calcina a una temperatura entre 700° y 900°

C, para obtener la calcinación del calcar en cal viva (óxido cálcico CaO). La roca caliza es una roca formada por sedimentación de lodos ricos en carbonato de calcio y compactación posterior a través de miles de años. El Carbonato de Calcio natural se forma de los restos de animales y vegetales ya que estos organismos concentran altas reservas del mineral tomado de la atmósfera a partir del bióxido de carbono y calcio disueltos en el agua marina. (Saavedra Vera, 2013)

Según Saavedra Vera (2013), existen los siguientes tipos de cal:

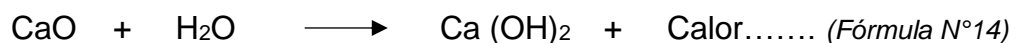
Cal Viva

Es el resultado de la calcinación del carbonato de calcio (CaCO₃) a más de 1000°C, ya que éste se descompone dando dióxido de carbono y óxido de calcio o cal viva.



Cal Hidratada

Es el nombre comercial del hidróxido de calcio, que se forma al agregarse agua al óxido de calcio o cal viva para que una vez apagada (hidratada) pueda utilizarse. Los albañiles, cuando vierten agua sobre cal viva, dicen que la “apagan”. Cal apagada es el nombre vulgar del hidróxido de calcio. El apagado exotérmico; es decir, que en este proceso se desprende gran cantidad de calor que evapora parte del agua utilizada. La cal “apagada” tiene un volumen tres veces mayor que el de la cal viva.



2.2.2.2.1.1. Ciclo de la cal

El ciclo de la cal comienza, con la explotación de la roca caliza, que posteriormente es triturada y calcinada a una temperatura mayor a los 1000 °C para obtener la cal viva, misma que al contacto con agua en la correcta proporción, se hidrata para dar origen a la cal apagada que

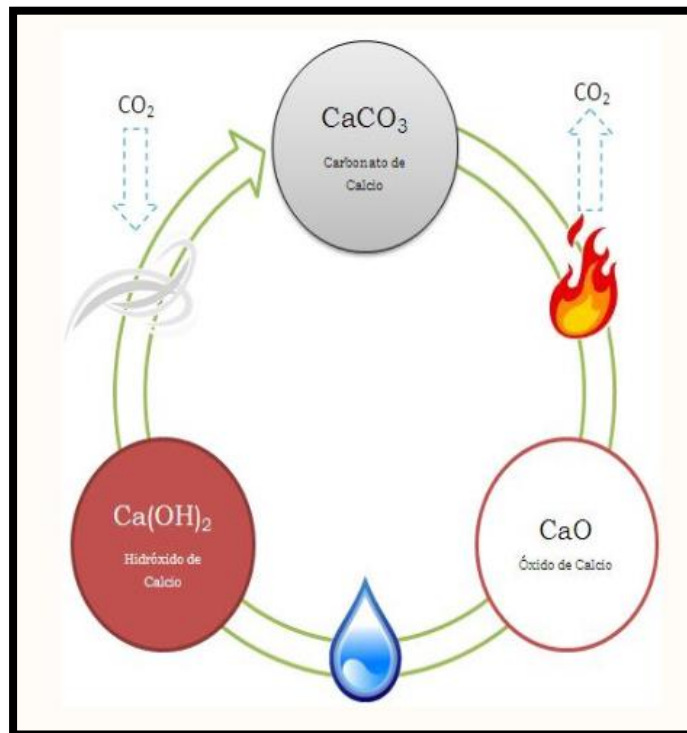
conocemos comúnmente. A este material solemos suministrarle algún agregado fino y agua, para la obtención de mezclas de albañilería. Ahora, una vez que la cal ya aplicada en la construcción entra en contacto con el dióxido de carbono de la atmósfera y se recarbonata:

*Recarbonatación:



Es decir, se convierte en roca, de ahí la durabilidad de las edificaciones antiguas, la resistencia que las mezclas de cal alcanzan al paso del tiempo es superior a la de cualquier otra mezcla, no produce sales nocivas y por su elasticidad, evita retracciones posteriores.

Figura N°20: Ciclo de la cal



Fuente: Janet Saavedra (2013)

a) Uso de la cal en adobes estabilizados

La tendencia a construir con materiales predominantes en la región, ha permitido optimizar recursos y abatir costos de transporte. Por ello es preferible buscar soluciones locales que sean habitables y funcionales.

Las construcciones con adobes estabilizados con cal hidratada, son una opción que además de ser ecológica y económica, proporciona beneficios como aislamiento térmico, impermeabilidad y alta resistencia a los movimientos o vibraciones, creando estructuras más duraderas. La cal hidratada estabiliza la masa de arcilla del adobe, facilitando la correcta modelación de las piezas a presión, misma que es vital para la obtención del tamaño y forma deseados.

Algunos porcentajes de cal adicionados a un suelo desembocan en un cambio de la estructura interna de estos modificando sus propiedades mecánicas, este se torna menos plásticos y la resistencia a la compresión en suelos ricos en caolinita aumenta a mediano y largo plazo, los suelos estabilizados en cal y con pequeña proporción de materia orgánica pueden ser similares en resistencia a los estabilizados con cemento.

El mezclado de la cal con el suelo debe hacerse con cuidado para obtener una mezcla homogénea, cuando se trate de suelos muy plásticos la mezcla debe hacerse en un tiempo de dos o cuatro días con el fin de dejar la cal para ablandar los terrones de suelo, la cal provoca un crecimiento durante el moldeado que causa una caída en la resistencia.

En bajos contenidos de cal como el 2%, la compactación es inmediata, contraria a los suelos con alto contenido de cal caso en el cual se deberá de 2 a 6 horas previas a la compactación, el contenido de agua para compactar tendrá que ser cercano al óptimo por el lado derecho.

La resistencia a la compresión en el tiempo se ve favorecida debido al surgimiento de minerales producto de la reacción entre la cal y las arcillas, este fenómeno se prolonga varias semanas. (Caballero Anaya & Martinez Barajas, 2009)

2.2.2.2. Ichu

Ichu (del quechua ichu, nombre indígena de la planta en cuestión). Formación de gramíneas de las punas y otros niveles altos de montaña, en que domina la gramínea *Stipa ichu*. El término procede del Perú y Bolivia, y el tipo de vegetación abarca también las alturas andinas del norte de Chile y noroeste de la Argentina. (Font Quer, 1982, pág. 39)

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

Durante el proceso de mezclado, se añade paja al barro, aproximadamente en un 20 % en volumen, para controlar las fisuras. (Igarashi Hasegawa, 2009, pág. 19)

2.2.2.3. El Agua

El agua es el agente que permite que las reacciones químicas de los estabilizantes se generen y el elemento que hace que la tierra gane plasticidad, básicamente mediante su absorción por parte de la arcilla. Por lo tanto, el agua es el componente que activa las propiedades de todos los demás para producir la pieza de tierra. (Carcedo Fernández, 2012)

La humedad óptima del bloque de tierra es la que consiga una mayor densidad del bloque. La cantidad de agua vertida en la mezcla debe asegurar una plasticidad suficiente evitando el exceso y el defecto, tanto dejando demasiado fluida la mezcla, por un lado, provocando una disminución de la resistencia, o dejando disgregado el esqueleto por el otro, debido a una falta de cohesión entre partículas.

Se puede conseguir el valor de esta humedad mediante ensayo de compactación Proctor normal o modificado, o mediante el pesado sucesivo de bloques, añadiendo o disminuyendo la cantidad de agua hasta alcanzar la máxima densidad.

Durante el secado de la pieza a la sombra, el agua poco a poco desaparecerá dejando que las reacciones químicas se produzcan en el interior de la pieza.

Para cuando el adobe esté completamente seco sus componentes habrán producido la máxima resistencia en cuanto a las posibilidades de esa combinación. (Norma E080, 2017)

EL agua debe ser limpia o provenir de manantiales naturales. No se debe utilizar agua contaminada.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidas dentro de los siguientes límites:

- a) El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3ppm).
- b) El contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 g/l (5000 ppm).
- c) El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.0.
- d) El contenido de sulfatos, expresado como ion SO_4 , será menor de 0.6 g/l (600 ppm).
- e) El contenido de cloruros, expresado como ion Cl , será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- f) El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en NaHCO_3 , será menor de 1 g/l (1000 ppm).
- g) Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm.

Después de haberse secado durante una noche, todavía deben curar los bloques lentamente durante 4 ó 5 días más. El exceso de agua puede dañarlos en este período. El sol los curará demasiado rápido, reduciendo su fuerza, en climas muy cálidos, los bloques deben ser conservados húmedos durante este período. En el cualquier clima debe evitarse que se curen demasiado rápido. Los primeros cuatro días debe regárseles ligeramente con agua dos veces por día. Si se usa cal como estabilizante, el tiempo de curado debe ser el doble.

2.2.3. Elaboración de un adobe estabilizado.

2.2.3.1. Requisitos específicos para la construcción de edificaciones de adobe.

Condiciones de la tierra a utilizar: Una vez comprobada la presencia de arcilla de un suelo es necesario equilibrarla u optimizarla para que se controlen o eviten las fisuras de secado y se mejore la resistencia seca.

Control de fisuras mediante la adición de paja: El material más eficiente para controlar el agrietamiento del adobe y del mortero, durante el secado, es la paja. El límite de cantidad de paja, es definido por el costo y la comodidad para realizar la mezcla.

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. 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 represente más del 12% de 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. (Norma E080, 2006)

2.2.3.2. Dimensiones de las probetas de adobe

Según la norma E080 (2017) 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:

Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.

La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.

En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

Figura N°21: Molde metálico de 30 cm x 15 cm x 8 cm



Figura N°22: Molde metálico de 10 cm de arista



2.2.3.3. Recomendaciones para su elaboración

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.

2.2.3.4. Elaboración de adobes.

2.2.3.4.1. Mezcla

2.2.3.4.1.1. Mezcla para adobes Tradicionales

Procedimiento

- Se toma el peso de la tierra (cernida o tamizada) que se utilizará (Pt) en estado seco.
- Se pesa cierta cantidad de paja o ichu cortada de 10 cm aproximadamente (Pp1) y Agua potable (Pa1).
 - Este paso será modificado por razones del objetivo de la investigación, de tal manera que se cortará el ichu en las medidas indicadas, de 3, 6 y 9 cm; y se pesará de acuerdo a la mezcla que se hará los cuales serán de 5, 15 y 25 gr por kg de tierra.

- Luego se realiza el proceso de humedecimiento de la tierra (dormido) por dos o más días, para activar la mayor cantidad de partículas de arcilla. Posteriormente se efectúa el amasamiento, en donde se va agregando agua hasta alcanzar una consistencia pastosa, cuando la mezcla está en dicho estado se comienza a agregar paja y se sigue con el amasado. La mezcla final no debe tener acumulaciones o exceso de paja, de peso (P_m), llegado a ese estado se toma el peso sobrante tanto del agua (P_{a2}) y de la paja (P_{p2}); hallando así los pesos requeridos tanto del agua (P_a) y de la paja (P_p) mediante las siguientes operaciones:

$$P_a = P_{p1} - P_{p2} \dots\dots (Fórmula N°16)$$

$$P_p = P_{p1} - P_{p2} \dots\dots (Fórmula N°17)$$

- Los pesos expresados en porcentaje serían:

$$P_t = X\%$$

$$P_a = Y\%$$

$$P_p = Z\%$$

$$P_m = 100\%$$

Además:

$$P_m = P_t + P_a + P_p \dots\dots (Fórmula N°18) \quad y$$

$$100\% = X\% + Y\% + Z\% \dots\dots (Fórmula N°19)$$

- Con la mezcla realizada, se moldea un adobe y se toma su peso fresco (P_{Af}) sirviendo este peso para el ajuste de pesos necesarios de materiales entrantes para un adobe.

- En el ajuste de pesos para elaborar un adobe, el peso fresco de dicho adobe se considera como el nuevo 100% de materiales entrantes, los que no varían son los porcentajes en peso de la tierra, agua y paja ($X\%$, $Y\%$ y $Z\%$) de la mezcla inicial, utilizándose estos porcentajes para hallar los nuevos pesos de la tierra, agua y paja para un adobe con las siguientes operaciones:

$$P_t(\text{ para un adobe}) = \frac{P_{Af} * X}{100} \dots\dots (Fórmula N°20)$$

$$Pa(\text{ para un adobe}) = \frac{PAf * Y}{100} \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 21)$$

$$Pp(\text{ para un adobe}) = \frac{PAf * Z}{100} \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 22)$$

- La tierra posee su contenido natural de humedad por lo que el peso anteriormente encontrado deberá ser corregido por humedad. Para la corrección por humedad de la tierra se utilizará el contenido de humedad encontrada en laboratorio.

W% contenido de humedad de la tierra.

$$Ptn = \left(1 + \frac{W\%}{100}\right) * Pt(\text{para un adobe}) \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 23)$$

- Para encontrar el agua efectiva se restará el aporte de agua de la tierra en estado natural, se calculará con el contenido de humedad.

$$Pae = Pa(\text{ para un adobe}) - Pt(\text{para un adobe}) * \left(\frac{W\%}{100}\right) \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 24)$$

- Haciendo los cálculos de los materiales constitutivos para un m³ (tierra húmeda, paja y agua efectiva) se prosigue al cálculo de las proporciones en peso y en obra de los materiales.

$$\frac{Ptn}{Ptn} : \frac{Pp(\text{ para un adobe})}{Ptn} : \frac{Pae}{Ptn}$$

2.2.3.4.1.2. Mezcla para un adobe estabilizado con cal.

Procedimiento:

- Se toma el peso de la tierra (cernida o tamizada) que se utilizará (Pt) en estado seco.
- El peso de la cal (Pc) será un porcentaje (U%) del peso de la tierra (Pt).

$$Pc = U\% * Pt \dots\dots\dots (\text{Fórmula N}^\circ 25)$$

- El peso del agua (Pa) será calculada con la humedad óptima (Wo%) para alcanzar el mayor grado de compactación (ensayo de Proctor Modificado)

$$Pa = Wo\% * (Pt + Pc) \dots\dots (Fórmula N°26)$$

- Luego se realiza el proceso de mezclado de la tierra con la cal; siguiendo con el humedecimiento y apisonado de la mezcla, para activar la mayor cantidad de partículas de arcilla.

- Los pesos expresados en porcentaje serian:

$$Pt = X\%$$

$$Pc = Y\%$$

$$Pa = Z \%$$

$$Pm = 100\%$$

Además:

$$Pm = Pt + Pa + Pc \dots\dots (Fórmula N°27) \quad y$$

$$100\% = X\% + Y\% + Z\% \dots\dots (Fórmula N°28)$$

- Con la mezcla realizada se elabora un adobe y se toma su peso fresco (PAf) sirviendo este peso para el ajuste de pesos necesarios de materiales entrantes para un adobe.

- En el ajuste de pesos para elaborar un adobe, el peso fresco de dicho adobe se considera como el nuevo 100% de materiales entrantes, los que no varían son los porcentajes en peso de la tierra, cal y agua (X%, Y% y Z%) de la mezcla inicial, utilizándose estos porcentajes para hallar los nuevos pesos de la tierra, cal y agua para un adobe con las siguientes operaciones:

$$Pt(\text{ para un adobe}) = \frac{PAf * X}{100} \dots\dots (Fórmula N°29)$$

$$Pc(\text{ para un adobe}) = \frac{PAf * Y}{100} \dots\dots (Fórmula N°30)$$

$$Pa(\text{ para un adobe}) = \frac{PAf * Z}{100} \dots\dots (Fórmula N°31)$$

- La tierra posee su contenido natural de humedad por lo que el peso anteriormente encontrado deberá ser corregido por humedad. Para

la corrección por humedad de la tierra se utilizará el contenido de humedad encontrada en laboratorio.

$$P_{tn} = \left(1 + \frac{W\%}{100}\right) * P_t(\text{para un adobe}) \dots\dots (Fórmula N°32)$$

- Para encontrar el agua efectiva, se calculará con el contenido de humedad encontrada en laboratorio (W%) y la humedad óptima para lograr un mayor grado de compactación (Wo%).

$$P_{ae} = P_c * W_o\% + \left(\frac{P_{tn}}{1+W\%}\right) * (W_o\% - W\%) \dots\dots (Fórmula N°33)$$

- Haciendo los cálculos de los materiales constitutivos para un m³ (tierra húmeda, cal y agua efectiva) se prosigue al cálculo de las proporciones en peso y en obra de los materiales.

$$\frac{P_{tn}}{P_{tn}} : \frac{P_c}{P_{tn}} : \frac{P_{ae}}{P_{tn}}$$

2.2.3.4.1.3. Mezcla para un adobe estabilizado con cal e ichu.

El procedimiento para la elaboración de esta mezcla será el mismo que el anterior, con un único cambio que es el siguiente:

Se cortará el ichu en las medidas indicadas, de 3, 6 y 9 cm; y se añadirá de acuerdo a la cantidad que se pide en cada mezcla (5, 15 o 25 gr) por kg de tierra, la adición del ichu será después del batido de la mezcla de suelo, cal y agua.

2.2.3.4.2. Elaboración de especímenes y ensayos de resistencia mecánica.

Para la elaboración de los especímenes primeramente es necesario calcular la cantidad de materiales que se necesita para una unidad de adobe de cada medida para luego calcular la cantidad total de materiales que se necesita para realizar el total de especímenes por cada tipo de tratamiento que se realizarán.

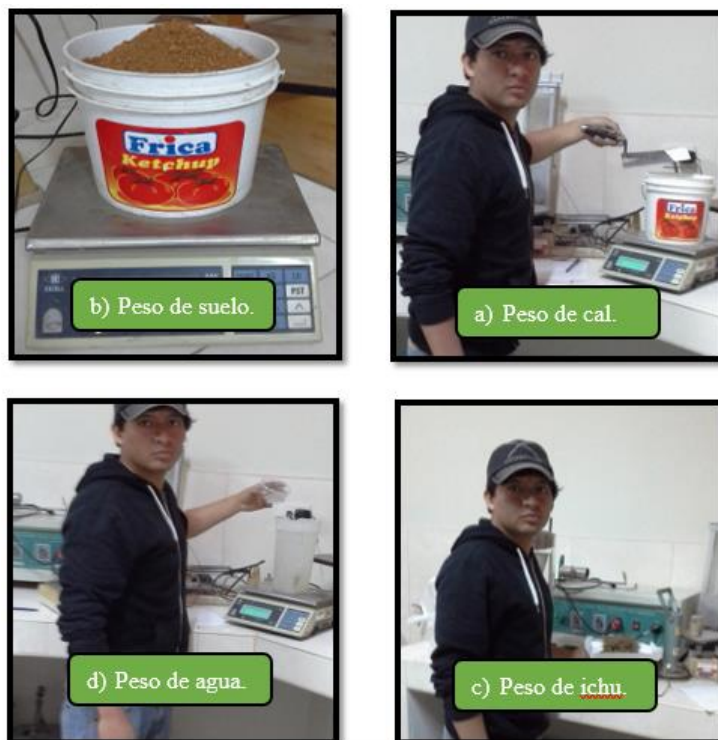
Figura N°23: Medición de material entrante por unidad de adobe.



El proceso de elaboración del adobe dependiendo de los materiales que se utilizaron de acuerdo con la mezcla se detalla en las siguientes figuras:

- Se pesaron los materiales requeridos para cada mezcla.

Figura N°24: Peso de materiales requeridos según cada tipo de mezcla: a) Peso de suelo; b) Peso de cal; c) Peso de Agua; d) Peso de ichu



- Una vez obtenidos los pesos de los materiales a utilizar realizamos la mezcla y el batido según indica cada tratamiento.

Figura N°25: Mezcla y batido del suelo según el tratamiento requerido: a) Mezcla de suelo con agua; b) Mezcla de suelo con cal y agua



- Luego del batido y al obtener una consistencia fluídica se agrega el ichu según lo indica cada tratamiento.

Figura N°26: Agregado de Ichu y mezcla lista para moldar.



- Ahora se coloca la mezcla ya lista a los moldes previamente untados de un agente desmoldante, en este caso agua; y se procede a enrasar y a desmoldar cuidadosamente.

Figura N°27: Moldado y desmoldado de adobes.



- Después del desmoldado de todas las probetas tomamos el peso fresco y se dejan secar bajo sombra (adobes tradicionales); para los adobes estabilizados con cal se los deja reposar tapados con una membrana impermeable durante un día teniendo cuidado de que se mantengan húmedos en este lapso de tiempo, luego para el curado son sumergidos en agua por 14 días y finalmente se los deja secar bajo sombra por 10 días.
- Una vez secos se toman las dimensiones y el peso de cada una de las probetas; además se resana con yeso algunos desniveles o imperfecciones que tengan nuestros adobes y así quedan listos para los ensayos a realizar.

2.2.3.4.2.1. Espécimen para compresión

Los especímenes para este ensayo se elaboraron basándose en la norma E.080 del 2017, la cual establece:

Resistencia Última: $F'c1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$

La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.

Los cubos de adobes o muestras de tapial deberán cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

El molde que se utilizó para la elaboración de estos especímenes se muestra en la **figura N°22** y las mezclas que se utilizaron son las descritas en el apartado **2.2.3.4.1**.

2.2.3.4.2.2. Espécimen para flexión

Para los ensayos a flexión nos basamos en la Norma ASTM C67, Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

Los ensayos a flexión se realizaron en especímenes con las siguientes medidas: Largo: 30 cm, ancho: 15 cm, altura: 8 cm.

El molde que se utilizó para la elaboración de estos especímenes se muestra en la **figura N°21** y las mezclas que se utilizaron son las descritas en el apartado **2.2.3.4.1**.

De igual forma que para el ensayo de compresión se realizaron 6 especímenes por cada muestra de mezcla.

2.2.3.4.2.3. Espécimen para absorción

Se utilizó la misma cantidad de especímenes y con las mismas dimensiones que los especímenes para el ensayo a compresión.

2.2.4. Resistencia mecánica de materiales

Esfuerzos admisibles de un adobe

En la norma E080 se explican los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño, donde consideran la variabilidad de los materiales a usarse. Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos.

- Resistencia a la compresión de la unidad:

$$f_o = 12 \text{ kg/cm}^2$$

2.2.4.1. Compresión

La resistencia a la compresión se define como:

$$f_c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dónde:

P: Peso o carga aplicada a compresión kg.

A: Área de la probeta cm².

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última (f_c) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_c mínimo aceptable de 12 kg/cm².

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

Para este ensayo se tomarán lecturas de la deformación en milímetros cada 100 o 200 kilogramos de carga según su resistencia, hasta su colapso, se tomará el tiempo de duración del ensayo y se analizará el tipo de falla.

2.2.4.2. Flexión

Para este ensayo se toman lecturas de la deformación en milímetros cada 50 kilogramos de carga hasta su colapso, se tomará el tiempo de duración del ensayo y se analizará el tipo de falla. (Ríos Pérez, 2010)

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

El término “alargado” se aplica cuando una dimensión es preponderante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente a flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

Se dice que una viga trabaja a flexión simple y cuando en cualquier sección de esa viga existe un momento flector y un esfuerzo cortante; cuando en cualquier sección de esa viga solo existe momento flector se dice que la viga trabaja a flexión pura; y si en cualquier sección de la misma viga existe momento flector, esfuerzo cortante y esfuerzo normal, la viga trabaja a flexión compuesta.

En flexión simple, en una sección cualquiera existirá momento flector y esfuerzo cortante. El momento flector origina tensiones que se calculan, por la fórmula de Navier. Como en sección simple el momento flector no permanece constante a lo largo de la viga cada sección tendrá una curvatura diferente.

$$\sigma(x,y) = \frac{Mf(x)y}{I_f}$$

Donde:

σ : es la tensión según el eje

$Mf(x)$: es el momento aplicado

y : es la distancia desde el baricentro (centro de gravedad de la sección) a la fibra considerada.

I_f : es el segundo momento de inercia de la sección con respecto al eje de flexión.

Usualmente el módulo resistente, se calcula como:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

Donde:

$$I = \frac{b * d^2}{12}$$

$$c = \frac{d}{2}$$

$$M = \frac{P * L}{4}$$

Remplazando los valores anteriores, tenemos la fórmula para esfuerzo de flexión:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (Fórmula N°34)$$

Donde:

σ : es la esfuerzo o resistencia a flexión (kg/cm²)

P: es la carga aplicada (Kg)

L: es la distancia entre los apoyos del espécimen (cm)

b: es el ancho del espécimen (cm)

d: es el espesor o peralte promedio del espécimen (cm)

2.2.4.3. Absorción

La meteorización por el ataque del agua capilar procedente de la lluvia, ha comprometido en muchos casos la construcción con tierra. El agua al entrar de nuevo en contacto con la estructura aglomerante de las arcillas, reduce las fuerzas de tensión superficial del agua ínter laminar, los débiles enlaces de Wan der Waals, y los enlaces electro covalentes en segunda instancia e incluso en determinadas condiciones de alcalinidad o acides, rompen los fuertes enlaces covalentes. Por ello se hace indispensable recovar el material o bien estabilizar su estructura para generar uniones de carácter covalente e irreversible. (Ríos Pérez, 2010)

Procedimiento del ensayo de absorción:

- Cuando se trata de un adobe que ha estado expuesto al ambiente durante algún tiempo y, por tanto, se sospecha que han podido absorber humedad, se deben desecar en una estufa calentada a 110°C. Se recomienda que las probetas se desequen en estufa a 110°C durante 24 horas, pesándolas a las 21 y a las 24 horas de desecación. Si la diferencia de peso es inferior al 0,1 por 100, se dan por desecadas. En caso contrario, se continúa desecando y pesando cada 3 horas hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas sea inferior al límite señalado.
- Se sumergen las probetas en agua hasta un tercio de su altura aproximadamente, colocándolas de canto. Después de 2 horas se eleva el nivel de agua hasta los dos tercios de su altura, y pasadas 2 horas se eleva el nivel de agua hasta 5 cm por encima de las probetas. A las 24 horas de comenzar el ensayo en húmedo, se saca del agua cada probeta, se seca con un paño húmedo y se pesa.

La capacidad de absorción de agua se calcula mediante la expresión:

$$\%Abs. = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \dots\dots (Fórmula N°35)$$

Donde:

%Abs. = Porcentaje de absorción de agua.

P1= Peso del espécimen seco (gr)

P2= Peso del espécimen saturado (gr)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Adobe

Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad. (Norma E080, 2017)

2.3.2. Tierra

Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa. (Norma E080, 2017)

2.3.3. Arena fina

Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias. (Norma E080, 2017)

2.3.4. Arena gruesa.

Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N.º 30 y N.º 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio. (Norma E080, 2017)

2.3.5. Arcilla

Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm). (Norma E080, 2017)

2.3.6. Limo

Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm. (Norma E080, 2017)

2.3.7. Barro

Mezcla de tierra y agua y otros elementos en menor proporción. (Moromi Nakata, 2012)

2.3.8. Cantera

Lugar de donde se extrae la tierra para hacer los adobes. (Moromi Nakata, 2012)

2.3.9. Gavera

Término empleado en los países de idioma español, caja de madera cepillada donde se moldea el barro para hacer los adobes. Este molde puede ser con fondo o sin él. (Moromi Nakata, 2012)

2.3.10. Moldeo

Proceso que consiste en darle forma a la unidad de albañilería (adobe). (Moromi Nakata, 2012)

2.3.11. Mezcla

Producto o resultante de combinar la tierra con otros materiales. (Moromi Nakata, 2012)

2.3.12. Suelo Estabilizado

Suelo al que se ha incorporado otros materiales con el fin de mejorar sus condiciones de estabilidad, en forma especial, ante la humedad. (Moromi Nakata, 2012)

2.3.13. Tendal

Área destinada para el tendido y secado del adobe. (Moromi Nakata, 2012)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

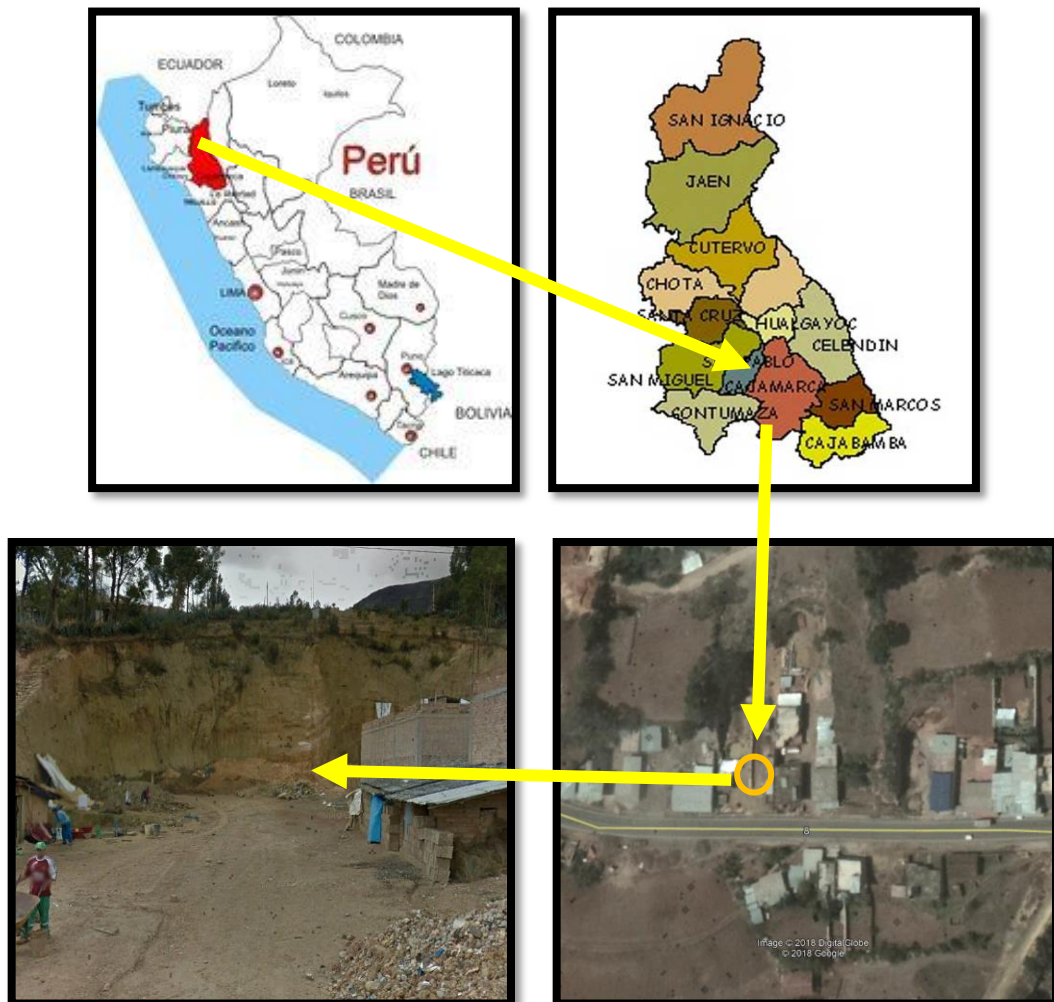
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y TEMPORAL DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1 Ubicación Geográfica

Esta investigación se realizó en la cantera Cruz Blanca ubicada geográficamente en:

Departamento : Cajamarca.
Provincia : Cajamarca.
Distrito : Cajamarca.
Dirección : Av. Independencia – Cuadra 18

Figura N°28: Ubicación geográfica de la cantera en estudio.



Fuente: Google Earth

Coordenadas : Norte : 9 204 460

Este : 774 911

Altitud : 2871 m.s.n.m.

- Además, esta investigación también se realizó en la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

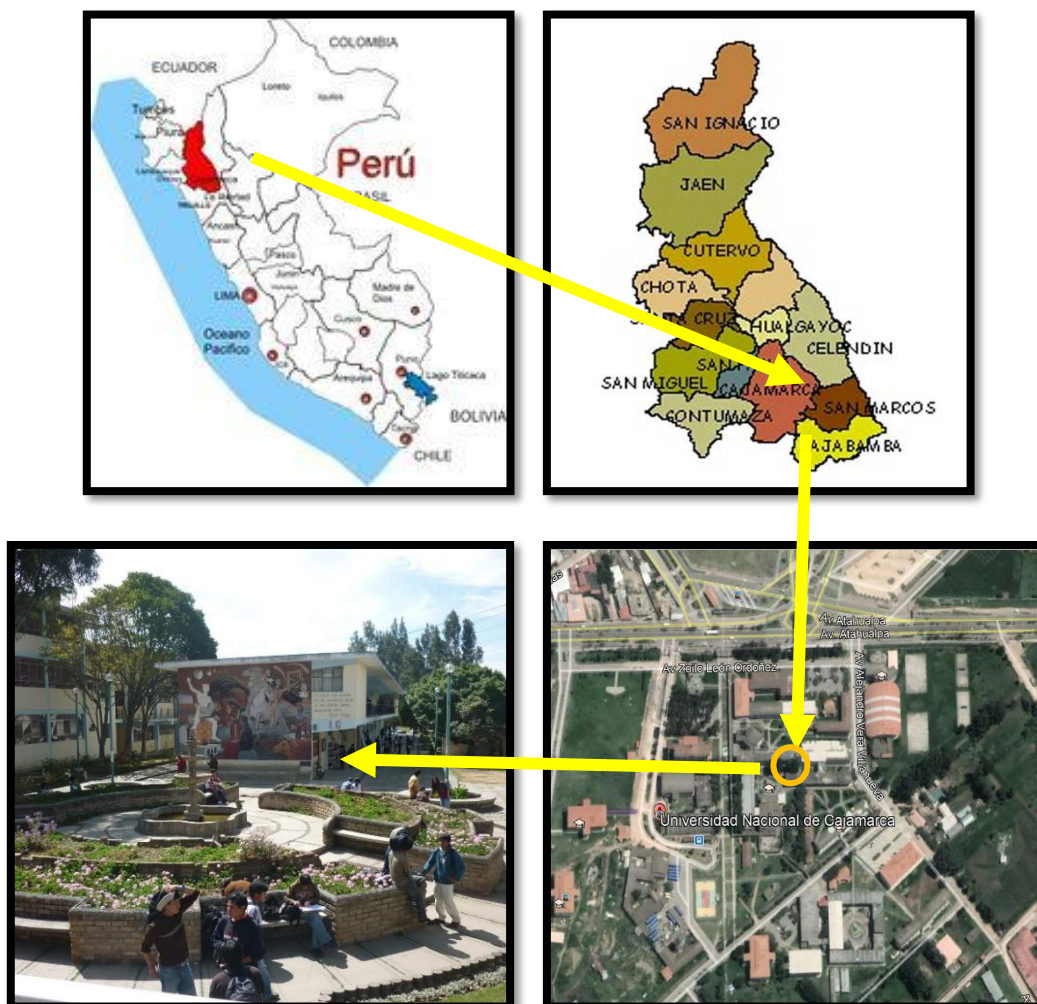
Departamento : Cajamarca.

Provincia : Cajamarca.

Distrito : Cajamarca.

Dirección : Av. Atahualpa N°1050.

Figura N°29: Ubicación geográfica de la Universidad Nacional de Cajamarca.



Fuente: Google Earth

Coordenadas : Norte : 9 207 046

Este : 776 622

Altitud : 2683 m.s.n.m.

3.1.2 Ubicación Temporal

La investigación se realizó en el transcurso de los meses de febrero del 2018 a enero del 2019.

3.2. RECURSOS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

Recursos Humanos:

- Tesista: Bach. Ing. HOYOS SANGAY CARLOS FERNANDO.
- Asesor: ING. JAIME AMORÓS DELGADO.
- Responsables de laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Responsables de laboratorio externo.
- Familiares, amigos y otros.

Recursos Materiales:

- Suelo.
- Cal hidratada.
- Fibra vegetal(ichu).
- Agua Potable.
- Yeso (para resane de probetas).

Equipos:

- **Equipo de protección personal:**
 - Casco.
 - Chaleco.
 - Botas de jebe.
 - Guantes.

- **Para ensayos de mecánica de suelos:**
 - Recipientes de aluminio o latón (taras).
 - Fiola de 500 ml.
 - Probeta de 100 ml.
 - Probeta de vidrio de 1000ml.
 - Juego de tamices.
 - Balanza con precisión de 1 gr.
 - Balanza con precisión a 0.01 gr.
 - Horno con control de temperatura.

- Bomba de vacíos.
 - Copa de Casagrande.
 - Ranurador o acanalador.
 - Espátula.
 - Cápsula de porcelana.
 - Placa de vidrio.
 - Densímetro con graduaciones de 0.95 a 1.1 y divisiones de 0.01.
 - Agitador mecánico.
- **Para elaboración y ensayo de especímenes de adobe:**
 - Máquina Universal para Compresión.
 - Balanza de 30kg.
 - Jarras graduadas.
 - Baldes.
 - Deformímetro (micrómetro).
 - Costales.
 - Bolsas.
 - Manguera.
 - Tanque de curado.
 - Cronómetro.
 - Molde metálico rectangular de 30cm x 15cm x 8cm (para 2 probetas).
 - Molde metálico cubico de 10cm de arista (para 4 probetas).
- **Para el registro y proceso de datos:**
 - Cámara fotográfica.
 - Computadora.

Herramientas:

- Libreta de apuntes.
- Pico.
- Palanas.
- Carretilla.

- Tamiz.
- Cuchillo.
- Martillo.
- Comba.
- Wincha.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

La población está conformada por todos los adobes que se fabrican en la zona, con tierra proveniente de la cantera Cruz Blanca ubicada en la ciudad de Cajamarca.

3.3.2. MUESTRA

La muestra a estudiar consta de 234 probetas de adobe fabricados con tierra de la cantera Cruz Blanca ubicada en la ciudad de Cajamarca, se detalla en la tabla N°09.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de experimentos es un proceso con el que se planea un experimento y así poder obtener datos que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos, para poder tener conclusiones válidas y objetivas.

En la tabla N°09 podemos observar el diseño del experimento para las diferentes mezclas ya establecidas, variando la cantidad y el tamaño del ichu o fibra vegetal que se adicionara a cada muestra para observar e identificar la influencia que tiene este en un adobe estabilizado con cal al 20%, comparándolo con un adobe tradicional y un adobe estabilizado con cal al 20% sin la adición de fibra vegetal. Para los ensayos de compresión y flexión se consideró realizar adobes estabilizados con cal a un 20% más la adición de fibra vegetal de tamaños 3cm, 6cm y 9 cm en cantidades de 5, 15 y 25 gramos; en total 6 adobes por cada tamaño y cada cantidad de adición de fibra vegetal. Además, para el ensayo de absorción de agua se consideró realizar 6 adobes para cada tamaño y cantidad de adición de fibra vegetal del mismo modo que para los anteriores ensayos.

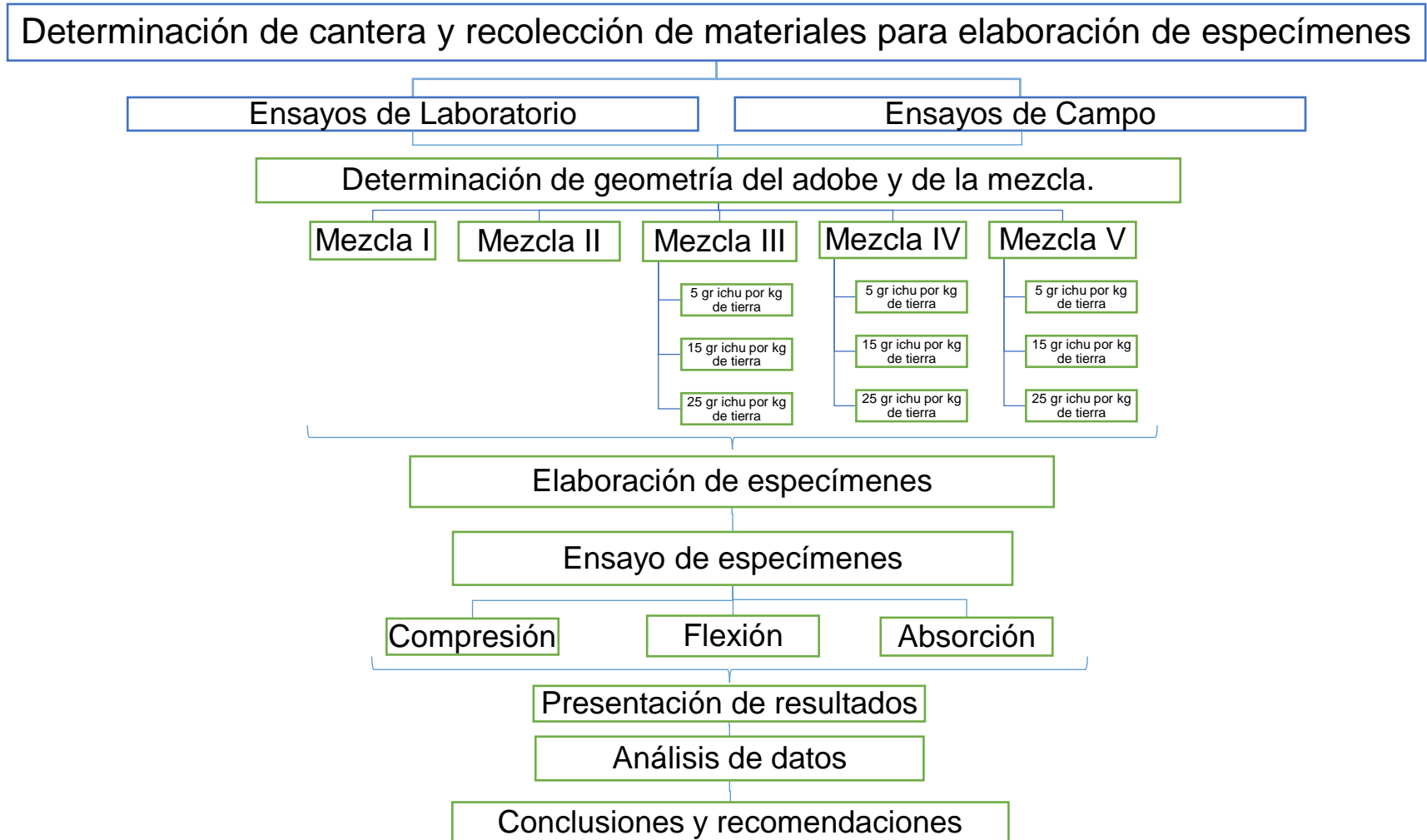
Tabla N°09: Diseño del experimento

MEZCLA I: ADOBE TRADICIONAL		
Factores	Réplicas	Variable Respuesta
Suelo + fibra vegetal de 3cm	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
Suelo + fibra vegetal de 6cm	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
Suelo + fibra vegetal de 9cm	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
MEZCLA II: ADOBE ESTABILIZADO CON 20% DE CAL		
Factores	Réplicas	Variable Respuesta
Suelo	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
MEZCLA III: ADOBE ESTABILIZADO CON 20% DE CAL + FIBRA VEGETAL DE 3 CM DE LONGITUD		
III.1. Suelo estabilizado con cal + 5 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
III.2. Suelo estabilizado con cal + 15 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
III.3. Suelo estabilizado con cal + 25 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
MEZCLA IV: ADOBE ESTABILIZADO CON 20% DE CAL + FIBRA VEGETAL DE 6 CM DE LONGITUD		
IV.1. Suelo estabilizado con cal + 5 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
IV.2. Suelo estabilizado con cal + 15 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
IV.3. Suelo estabilizado con cal + 25 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua

MEZCLA V: ADOBE ESTABILIZADO CON 20% DE CAL + FIBRA VEGETAL DE 9 CM DE LONGITUD		
V.1. Suelo estabilizado con cal + 5 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
V.2. Suelo estabilizado con cal + 15 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua
V.3. Suelo estabilizado con cal + 25 gr de fibra vegetal por kg de tierra	6	Compresión
	6	Flexión
	6	Absorción de agua

3.5. METODOLOGÍA A SEGUIR EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Figura N°30: Diagrama de secuencia del experimento.



Para hallar el módulo de elasticidad, se obtuvo para cada incremento de esfuerzo su respectiva deformación, se calculó la pendiente entre punto y punto de la gráfica de esfuerzo vs deformación, con esas pendientes se determinó la variación entre cada una, considerando el módulo de elasticidad del adobe aquella que tenga un rango de pendientes que no presente una gran variación.

3.6. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El procedimiento para la presente investigación siguió la secuencia del esquema elaborado anteriormente (figura 30), teniendo como primer paso determinar la cantera y recolectar el suelo y la cal, así como también la fibra vegetal o ichu que utilizaremos para elaborar nuestros especímenes de adobe; los materiales seleccionados fueron los siguientes:

➤ **Tierra extraída de la cantera Cruz Blanca:**

La cantera seleccionada de la cual se extrajo el suelo fue la cantera Cruz Blanca cuya ubicación geográfica la podemos observar en el apartado 3.1.1. Esta cantera fue seleccionada por contar con un material que es muy usado actualmente para la elaboración de adobes para su posterior venta. La tierra conseguida fue estudiado y ensayado para observar si es apta para construcción.

Figura N°31: Tierra extraída de la cantera seleccionada.



➤ **Cal:**

El lugar de donde se consiguió la cal es un horno ubicado en:

Departamento : Cajamarca.

Provincia : Cajamarca.

Distrito : Baños del Inca.
Dirección : Av. Manco Capac

Con coordenadas y altitud:

Coordenadas : Norte : 9 208 962
Este : 782 302

Altitud : 2827 m.s.n.m.

Figura N°32: Ubicación de horno de cal.



Fuente: Google Earth

Figura N°33: Horno de cal.



La cal utilizada es una cal viva, la cual proviene de la cantera Puyllucana. Se optó por comprar esta cal viva debido a que no se encontró cal hidrata; es por ello que una vez conseguida la cal viva se procedió a agregarle agua para

conseguir la cal que necesitábamos, el proceso de conversión se indica en la fórmula N°14.

Figura N°34: Agregado de agua a la cal viva



Una vez terminado el proceso de hidratación de la cal, esta pasa de un estado de piedra a polvo aumentando su volumen cuatro veces más, quedando como en la figura N° 32.

Figura N°35: Transformación de cal viva a cal hidratada



➤ **Fibra vegetal o Ichu:**

La fibra vegetal o ichu se consiguió de la zona donde se encuentra la cantera de donde llevamos el suelo. Como nuestra investigación consiste en la influencia de esta en diferentes cantidades y tamaños procedemos a cortarla en las longitudes necesarias que son de 3, 6 y 9 cm.

Figura N°36: Corte de ichu en 3, 6 y 9 cm.



3.6.1. Ensayos de Campo

Para saber si la tierra que se iba a utilizar en la presente investigación era apropiado para el fin destinado que eran fabricar adobes se hicieron algunas pruebas preliminares que son estos ensayos de campo, para lo cual se recogió una muestra de suelo de la cantera seleccionada y se hicieron estas pruebas los cuales no son muy precisos, pero pueden ser útiles debido a que se realizan previamente a realizar los ensayos de laboratorio y nos servirían para tener una primera opinión de si es un suelo apto para utilizarlo como material de construcción. Estos ensayos se realizaron basándonos en lo descrito en el apartado 2.2.2.1.4.1. (Ver anexo F.4)

3.6.2. Ensayos de Laboratorio

Estos ensayos son muy importantes y útiles para conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo que vamos a utilizar para la elaboración de nuestros especímenes de adobe que son el motivo de estudio de la presente

investigación, estos ensayos se realizaron basándonos en lo descrito en el apartado 2.2.2.1.4.2.

3.6.2.1. Ensayos de Mecánica de Suelos – Propiedades Físicas

Los ensayos de mecánica de suelos son útiles para hallar las propiedades físicas del suelo a utilizar para lo cual utilizamos el equipo necesario proporcionado por la Universidad Nacional de Cajamarca en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería de esta institución.

Previamente a la realización de los ensayos elegimos una muestra de suelo utilizando el método de cuarteo que consiste en dividir una cantidad de suelo en cuatro partes y elegir una, la cual será la muestra a ensayar. (Ver anexo B)

3.6.2.2. Ensayos de Resistencia de Materiales

Estos ensayos son muy importantes en esta investigación debido a que gracias a estos podremos saber la resistencia de los especímenes elaborados con cada muestra de mezcla y así compararlos para determinar la influencia de la fibra vegetal o ichu en cada uno de ellos.

Para los ensayos de resistencia de materiales previamente elaboramos tantos especímenes como lo descrito en la tabla N°09.

3.6.2.2.1. Elaboración de testigos de adobe

Para la elaboración de especímenes nos basamos en lo descrito en el apartado 2.2.3.4., teniendo que realizar diferentes tipos de mezclas como lo indica en la tabla N°09; pero básicamente se siguieron tres procedimientos bien diferenciados: Para un adobe tradicional, un adobe estabilizado con cal y para un adobe estabilizado con cal e ichu.

- Procedimiento N°01: Adobe Tradicional con la adición de ichu en las cantidades especificadas en la tabla N°09.

Se siguieron los siguientes pasos:

- Previamente elegimos la tierra a utilizar, tamizándolo y separando de este las piedras de tamaño mayor a 5mm y elementos extraños.
- Luego calculamos la cantidad de materiales entrantes por unidad de adobe siguiendo lo descrito en el apartado 2.2.3.4.1.1, luego se calcula la cantidad total de materiales requeridos para realizar la totalidad de especímenes necesarios para los ensayos.
- Al tener nuestra tierra medida y separada la humedecemos por dos días para lograr que las partículas de arcilla se activen.
- Al pasar estos dos días procedemos a realizar la mezcla añadiendo agua y amasando hasta lograr una consistencia pastosa, luego vamos agregando poco a poco el ichu sin dejar de amasar hasta terminar de verter la totalidad de ichu pesado para cada uno de nuestros tratamientos evitando que nuestra mezcla tenga excesos de la fibra vegetal para no tener mayores problemas al momento de moldear.
- Al tener nuestra masa bien mezclada se procede con el moldaje de los dos tamaños indicados para los ensayos de compresión, flexión y absorción.
- Finalmente se deja secar en un lugar protegido del sol y del viento, haciendo el curado según lo indica el apartado 2.2.2.3.1.

El procedimiento para la realización del adobe tradicional se muestra en las siguientes imágenes:

Figura N°37: Tamizado de la tierra, separando las piedras de tamaño mayor a 5mm y agentes extraños.



Figura N°38: Medida de cantidad de tierra que entra en una unidad de adobe.



Figura N°39: Pesaje de los materiales para la mezcla del adobe tradicional.



Figura N°40: Humedecimiento de la tierra utilizada.



Figura N°41: Amasado del barro y el agregado del ichu.



Figura N°42: Moldeado de testigos de adobe tradicional – flexión.



Figura N°43: Moldeado de testigos de adobe tradicional: compresión - absorción



Figura N°44: Adobes a compresión y flexión.



Figura N°45: Curado de adobes.



- Procedimiento N°02: Adobe estabilizado con cal con la adición de ichu en las cantidades descritas en la tabla N°7.

Se siguieron los siguientes pasos:

- Previamente elegimos la tierra a utilizar, tamizándolo y separando de este las piedras de tamaño mayor a 5mm y elementos extraños.
- Luego calculamos la cantidad de materiales entrantes por unidad de adobe siguiendo lo descrito en el apartado 2.2.3.4.1.2, luego se calcula la cantidad total de materiales requeridos para realizar la totalidad de especímenes necesarios para los ensayos.
- Al tener nuestra tierra, cal, ichu y agua medidos totalmente para cada mezcla que vamos a realizar procedemos a mezclar en primer lugar el suelo con la cal hidratada hasta obtener una mezcla que demuestre uniformidad entre todas sus partículas.
- A continuación, se procede a agregar el agua medida en forma uniforme y constante revolviendo y amasando la mezcla cuidadosamente hasta llegar a obtener una consistencia pastosa.
- Luego, si el tipo de tratamiento a realizar lo requiere, vamos agregando poco a poco el ichu según la medida de la mezcla a realizar sin dejar de amasar hasta terminar de verter la totalidad de ichu pesado para cada uno de nuestros tratamientos.
- Al tener nuestra masa bien mezclada se procede con el moldaje de los dos tamaños indicados para los ensayos de compresión, flexión y absorción.
- Finalmente se deja secar en un lugar protegido del sol y del viento, haciendo el curado según lo indica el apartado 2.2.2.3.1.

El procedimiento para la realización de las diferentes mezclas estabilizadas con cal detalladas en la tabla N°09 se muestra en las siguientes imágenes:

Figura N°46: Tamizado de la tierra separando las piedras de tamaño mayor a 5mm y agentes extraños.



Figura N°47: Medida de cantidad de suelo que entra en una unidad de adobe



Figura N°48: Pesaje de tierra para adobes estabilizados con cal más ichu.



Figura N°49: Pesaje de cal para adobes estabilizados con cal más ichu.



Figura N°50: Pesaje de agua para adobes estabilizados con cal más ichu.



Figura N°51: Pesaje de ichu para adobes estabilizados con cal más ichu.



Figura N°52: Agregado de cal.



Figura N°53: Combinación de la cal con el suelo.



Figura N°54: Agregado de agua y amasado de la mezcla.



Figura N°55: Agregado de ichu y amasado de la mezcla.



Figura N°56: Moldaje y des moldaje de testigos de adobe a compresión – absorción.



Figura N°57: Moldaje y des moldaje de testigos de adobe a flexión.



Figura N°58: Totalidad de probetas de adobe de las diferentes mezclas realizadas: compresión, flexión y absorción.



Figura N°59: Adobes para prueba de interperismo.



3.6.2.2.2. Ensayo de testigos de adobe

Una vez elaborados los adobes estabilizados como los tradicionales, se determina su peso en estado fresco; a los tradicionales se los deja secar bajo sombra, pero a los estabilizados se los dejará reposar manteniéndolos húmedos y cubierto por una membrana impermeable durante 24 horas, una vez cumplido este tiempo se sumergen en agua por 14 días de curado e inmediatamente después se deja secar por 10 días en un ambiente que no esté expuesto al sol.

Al momento de observar que nuestros adobes estén totalmente secos procedemos a pesarlos nuevamente, obteniendo un peso seco.

Además, procedemos a medir con vernier los lados más pequeños como los de las aristas de los especímenes para compresión y absorción, además la altura del espécimen a flexión; y con regla los lados más largos de cada uno de nuestros especímenes de flexión, esto debido a que las medidas no serán del mismo tamaño que del molde debido a la contracción por humedad.

Una vez obtenidas las medidas de cada testigo de adobe se procede a realizar cada uno de los ensayos de resistencia descritos en el apartado 2.2.4. Como son el ensayo a compresión, flexión y absorción.

3.6.2.3. Análisis de datos y presentación de resultados.

En esta parte de la investigación se analizaron todos los datos obtenidos durante todo el proceso basándonos en la estadística descriptiva.

En el análisis descriptivo o estadística descriptiva se sustituye o reduce el conjunto de datos obtenidos por un pequeño número de valores descriptivos, como pueden ser: el promedio, la mediana, la media geométrica, la varianza, la desviación típica, etc.

Una vez analizados todos los datos obtenidos, los resultados son presentados en gráficos, tablas y porcentajes, los cuales nos sirven para facilitar la realización de comentarios y conclusiones de acuerdo a nuestros objetivos planteados. Para ello utilizamos como herramienta el programa Microsoft Office Excel.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS, DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y CLASIFICACIÓN DEL SUELO

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos en los distintos ensayos de mecánica de suelos, además de la clasificación de suelos obtenida en base a ellos.

Tabla N°10: Propiedades físicas del suelo utilizado en esta investigación

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay	
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca	
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)	
Contenido de Humedad	3.85%
Peso Específico	2.64
Límite Líquido	26%
Límite Plástico	12.28%
Índice de Plasticidad	13.72%

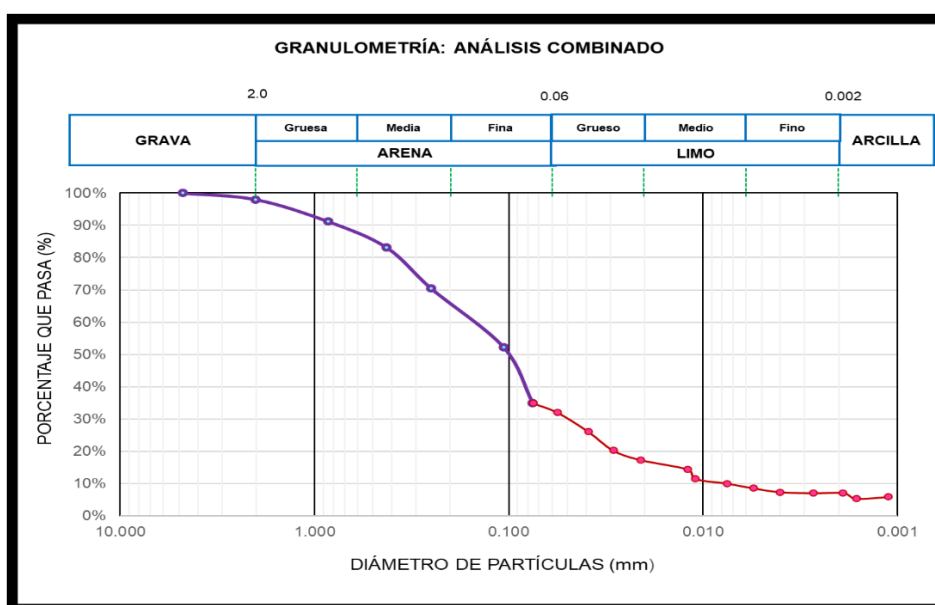
Tabla N°11: Composición Granulométrica del suelo utilizado en esta investigación

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO	
GRAVA	2.04%
ARENA	68.05%
LIMO	24.90%
ARCILLA	7.05%

Tabla N°12: Análisis Combinado para hallar la granulometría del suelo utilizado

GRANULOMETRÍA: ANÁLISIS COMBINADO (Norma ASTM D421)				
Tesisista: Carlos Fernando Hoyos Sangay				
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca				
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)				
TAMIZ	DIÁMETRO	%	% PASA	% RETENIDO
ANÁLISIS POR CRIBADO				
N° 4	4.750		100.00%	0.00%
N° 10	2.000		97.96%	2.04%
N° 20	0.850		91.17%	8.83%
N° 40	0.425		83.11%	16.89%
N° 60	0.250		70.37%	29.63%
N° 100	0.106		52.22%	47.78%
N° 200	0.075	64.27%	34.88%	65.12%
MÉTODO DEL HIDRÓMETRO				
	0.075	64.27%	34.88%	65.12%
	0.056	58.87%	31.95%	68.05%
	0.039	48.08%	26.09%	73.91%
	0.029	37.28%	20.23%	79.77%
	0.021	31.88%	17.30%	82.70%
	0.012	26.48%	14.37%	85.63%
	0.011	21.08%	11.44%	88.56%
	0.008	18.38%	9.98%	90.02%
	0.006	15.68%	8.51%	91.49%
	0.004	13.50%	7.32%	92.68%
	0.003	12.98%	7.05%	92.95%
	0.002	12.98%	7.05%	92.95%
	0.002	9.74%	5.29%	94.71%
	0.001	10.80%	5.86%	94.14%
	0.001	10.28%	5.58%	94.42%

Figura N°60: Análisis Combinado para hallar la granulometría del suelo utilizado



4.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

4.2.1. Resistencia a la compresión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.1: Adobe tradicional con adición de ichu de 3 cm.

Tabla N°13: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																	
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos				
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6		
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		14.851		
Mezcla:		I.1 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 3cm)											Varianza		0.007		
Tamaño de ichu:		3 cm.											Desviación Estandar		0.085		
Cantidad de ichu:		Variable											Coeficiente de Variación		0.006		
Cantidad de Cal:		0.00%											Xmín		14.719		
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		14.936		
Edad:		24 días											Rango		0.216		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados				
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.	
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.160	2160.000	9.521	9.630	9.524	0.00087	1.552	1777.311	91.716	1350	14.719	0.028	
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.119	2119.000	9.496	9.625	9.530	0.00087	1.534	1761.128	91.726	1370	14.936	0.028	
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.072	2072.000	9.366	9.458	9.490	0.00084	1.482	1762.903	89.756	1340	14.929	0.030	
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.010	2010.000	9.503	9.600	9.403	0.00086	1.406	1639.030	90.269	1340	14.845	0.030	
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.012	2012.000	9.362	9.461	9.371	0.00083	1.412	1701.152	88.659	1320	14.889	0.031	
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.194	2194.000	9.564	9.580	9.598	0.00088	1.590	1808.054	91.949	1360	14.791	0.029	
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.095	2094.500	9.469	9.559	9.486	0.00086	1.496	1741.596	90.679	1346.667	14.851	0.029	

4.2.1. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla I.2: Adobe tradicional con adición de ichu de 6 cm.

Tabla N°14: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	14.494		
Mezcla:	I.2 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 6cm)												Varianza	0.103		
Tamaño de ichu:	6 cm.												Desviación Estandar	0.321		
Cantidad de ichu:	Variable												Coefficiente de Variación	0.022		
Cantidad de Cal:	0.00%												Xmín	14.064		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	14.902		
Edad:	24 días												Rango	0.837		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.145	2145.000	9.341	9.520	9.522	0.00085	1.508	1780.914	90.649	1340	14.782	0.033
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.098	2098.000	9.388	9.763	9.759	0.00089	1.512	1690.402	95.277	1340	14.064	0.033
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.123	2123.000	9.393	9.350	9.910	0.00087	1.456	1672.907	92.659	1320	14.246	0.032
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.234	2234.000	9.448	9.695	9.679	0.00089	1.528	1723.476	93.838	1350	14.387	0.032
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.125	2125.000	9.306	9.486	9.621	0.00085	1.486	1749.655	91.265	1360	14.902	0.035
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.100	2100.000	9.491	9.532	9.710	0.00088	1.540	1753.095	92.556	1350	14.586	0.032
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.138	2137.500	9.395	9.558	9.700	0.00087	1.505	1728.408	92.707	1343.333	14.494	0.033

4.2.2. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla I.3: Adobe tradicional con adición de ichu de 9 cm.

Tabla N°15: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesis:		Carlos Fernando Hoyos Sangay										Resultados Estadísticos				
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%										Tamaño de Muestra		6		
Norma de referencia:		NTP E0.80										Promedio		14.260		
Mezcla:		I.3 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 9cm)										Varianza		0.063		
Tamaño de ichu:		9 cm.										Desviación Estandar		0.251		
Cantidad de ichu:		Variable										Coefficiente de Variación		0.018		
Cantidad de Cal:		0.00%										Xmín		13.951		
Cantidad de Probetas:		6										Xmáx		14.619		
Edad:		24 días										Rango		0.669		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.040	2040.000	9.803	9.670	9.450	0.00090	1.462	1632.037	91.382	1320	14.445	0.035
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.210	2210.000	9.636	9.825	9.586	0.00091	1.558	1716.725	94.182	1330	14.122	0.035
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.124	2124.000	9.464	9.627	9.754	0.00089	1.528	1719.392	93.902	1310	13.951	0.038
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.010	2010.000	9.480	9.632	9.374	0.00086	1.518	1773.463	90.290	1320	14.619	0.039
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.980	1980.000	9.607	9.558	9.850	0.00090	1.462	1616.428	94.146	1350	14.339	0.036
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.054	2054.000	9.749	9.640	9.650	0.00091	1.456	1605.451	93.026	1310	14.082	0.036
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	2.070	2069.667	9.623	9.659	9.611	0.00089	1.497	1677.249	92.821	1323.333	14.260	0.037

4.2.3. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla II: Adobe estabilizado con cal al 20%

Tabla N°16: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla II

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesis:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio	17.002		
Mezcla:		II. (Adobe estabilizado con cal - sin ichu)											Varianza	0.067		
Tamaño de ichu:		0											Desviación Estandar	0.259		
Cantidad de ichu:		0											Coefficiente de Variación	0.015		
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín	16.612		
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx	17.362		
Edad:		24 días											Rango	0.750		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.888	1888.000	9.707	9.790	9.851	0.00094	1.464	1563.843	96.441	1630	16.901	0.037
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.878	1878.000	9.909	9.924	9.840	0.00097	1.456	1504.699	97.652	1670	17.102	0.037
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.931	1931.000	10.002	9.951	10.056	0.00100	1.508	1506.685	100.067	1690	16.889	0.038
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.912	1912.000	10.039	10.115	9.760	0.00099	1.488	1501.401	98.722	1640	16.612	0.035
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.857	1857.000	9.973	9.833	9.665	0.00095	1.440	1519.318	95.036	1650	17.362	0.033
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.882	1882.000	9.729	9.802	9.757	0.00093	1.458	1566.961	95.638	1640	17.148	0.036
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.891	1891.333	9.893	9.903	9.822	0.00096	1.469	1527.151	97.260	1653.333	17.002	0.036

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°17: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	16.424		
Mezcla:	III.1. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)												Varianza	0.013		
Tamaño de ichu:	3 cm.												Desviación Estandar	0.113		
Cantidad de ichu:	5 gr.												Coefficiente de Variación	0.007		
Cantidad de Cal:	0.2												Xmín	16.282		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	16.594		
Edad:	24 días												Rango	0.312		
Resumen																
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.962	1962.000	9.910	9.952	9.861	0.00097	1.538	1581.435	98.137	1610	16.406	0.036
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.930	1930.000	9.963	9.911	9.762	0.00096	1.508	1564.426	96.751	1580	16.331	0.036
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.835	1835.000	9.765	9.849	9.724	0.00094	1.412	1509.821	95.772	1580	16.498	0.041
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.922	1922.000	9.951	9.877	9.945	0.00098	1.498	1532.552	98.227	1630	16.594	0.037
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.909	1909.000	10.084	9.947	9.728	0.00098	1.492	1529.045	96.764	1590	16.432	0.038
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.982	1982.000	9.893	9.892	10.058	0.00098	1.558	1582.864	99.494	1620	16.282	0.036
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.923	1923.333	9.928	9.905	9.846	0.00097	1.501	1550.024	97.524	1601.667	16.424	0.037

4.2.5. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°18: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	15.891		
Mezcla:	III.2. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)												Varianza	0.041		
Tamaño de ichu:	3 cm.												Desviación Estandar	0.203		
Cantidad de ichu:	15 gr.												Coefficiente de Variación	0.013		
Cantidad de Cal:	20.00%												Xmín	15.711		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	16.219		
Edad:	24 días												Rango	0.508		
Resumen																
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.930	1930.000	9.917	9.971	9.878	0.00098	1.506	1541.832	98.494	1550	15.737	0.037
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.924	1924.000	9.800	9.845	9.948	0.00096	1.502	1564.921	97.938	1570	16.031	0.037
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.931	1931.000	9.880	9.816	9.993	0.00097	1.508	1556.016	98.091	1560	15.904	0.039
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.918	1918.000	9.837	9.879	9.922	0.00096	1.494	1549.443	98.019	1540	15.711	0.036
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.919	1919.000	9.972	10.033	9.894	0.00099	1.502	1517.347	99.267	1610	16.219	0.038
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.944	1944.000	10.012	10.009	9.901	0.00099	1.520	1531.980	99.099	1560	15.742	0.033
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.928	1927.667	9.903	9.926	9.923	0.00098	1.505	1543.590	98.485	1565.000	15.891	0.037

4.2.6. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°19: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	15.323		
Mezcla:	III.3. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)												Varianza	0.047		
Tamaño de ichu:	3 cm.												Desviación Estandar	0.216		
Cantidad de ichu:	25gr.												Coefficiente de Variación	0.014		
Cantidad de Cal:	20.00%												Xmín	15.154		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	15.649		
Edad:	24 días												Rango	0.495		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Área (m ²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm ²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.872	1872.000	9.877	10.001	10.359	0.00102	1.448	1415.084	103.600	1570	15.154	0.039
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.880	1880.000	9.855	9.790	10.052	0.00097	1.458	1503.369	98.409	1530	15.547	0.038
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.873	1873.000	10.026	9.951	9.914	0.00099	1.450	1465.969	98.654	1500	15.205	0.037
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.890	1890.000	9.837	9.877	9.940	0.00097	1.466	1517.958	98.177	1490	15.177	0.036
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.865	1865.000	10.003	10.124	10.036	0.00102	1.448	1424.707	101.604	1590	15.649	0.039
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.914	1914.000	9.889	9.971	10.025	0.00099	1.490	1507.339	99.959	1520	15.206	0.038
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.882	1882.333	9.915	9.952	10.054	0.00099	1.460	1472.404	100.067	1533.333	15.323	0.038

4.2.7. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°20: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		16.265	
Mezcla:		IV.1. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)											Varianza		0.043	
Tamaño de ichu:		6 cm.											Desviación Estandar		0.208	
Cantidad de ichu:		5 gr.											Coefficiente de Variación		0.013	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		15.930	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		16.459	
Edad:		24 días											Rango		0.529	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Área (m ²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm ²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.858	1858.000	10.004	9.976	10.082	0.00101	1.484	1474.881	100.578	1620	16.107	0.036
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.820	1820.000	9.719	9.787	9.576	0.00091	1.442	1583.106	93.720	1540	16.432	0.038
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.889	1889.000	9.887	9.957	9.994	0.00098	1.518	1542.906	99.510	1630	16.380	0.041
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.834	1834.000	9.825	9.797	9.778	0.00094	1.464	1555.483	95.795	1560	16.285	0.038
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.787	1787.000	9.880	9.740	9.669	0.00093	1.428	1534.726	94.176	1550	16.459	0.040
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.831	1831.000	9.641	9.642	9.831	0.00091	1.464	1601.969	94.791	1510	15.930	0.037
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.837	1836.500	9.826	9.817	9.822	0.00095	1.467	1548.845	96.428	1568.333	16.265	0.038

4.2.8. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°21: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		15.455	
Mezcla:		IV.2. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)											Varianza		0.028	
Tamaño de ichu:		6 cm.											Desviación Estandar		0.167	
Cantidad de ichu:		15 gr.											Coefficiente de Variación		0.011	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		15.271	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		15.742	
Edad:		24 días											Rango		0.471	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F´c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.845	1845.000	9.936	9.888	9.850	0.00097	1.456	1504.545	97.397	1510	15.504	0.038
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.850	1850.000	9.898	9.918	9.670	0.00095	1.440	1516.926	95.907	1480	15.432	0.038
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.825	1825.000	9.881	9.877	9.776	0.00095	1.454	1523.973	96.558	1520	15.742	0.040
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.842	1842.000	9.906	9.997	9.863	0.00098	1.472	1507.061	98.600	1510	15.314	0.037
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.843	1843.000	9.888	9.791	9.905	0.00096	1.456	1518.348	96.980	1500	15.467	0.038
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.841	1841.000	9.943	9.948	9.874	0.00098	1.474	1509.215	98.227	1500	15.271	0.037
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.841	1841.000	9.909	9.903	9.823	0.00096	1.459	1513.345	97.278	1503.333	15.455	0.038

4.2.9. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°22: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	15.137		
Mezcla:	IV.3. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)												Varianza	0.051		
Tamaño de ichu:	6 cm.												Desviación Estandar	0.227		
Cantidad de ichu:	25gr.												Coefficiente de Variación	0.015		
Cantidad de Cal:	20.00%												Xmín	14.859		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	15.471		
Edad:	24 días												Rango	0.612		
Resumen																
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.936	1936.000	9.884	10.005	9.955	0.00098	1.486	1509.481	99.600	1480	14.859	0.039
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.888	1888.000	9.939	9.484	10.224	0.00096	1.490	1546.077	96.964	1470	15.160	0.036
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.851	1851.000	9.873	9.887	10.054	0.00098	1.494	1522.292	99.404	1490	14.989	0.037
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.816	1816.000	9.921	9.970	9.919	0.00098	1.448	1475.877	98.892	1530	15.471	0.037
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.811	1811.000	9.909	9.826	9.767	0.00095	1.424	1497.415	95.971	1470	15.317	0.038
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.801	1801.000	9.860	9.934	9.784	0.00096	1.430	1492.171	97.194	1460	15.021	0.039
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.851	1850.500	9.898	9.851	9.951	0.00097	1.462	1507.219	98.004	1483.333	15.137	0.038

4.2.10. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°23: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		15.934	
Mezcla:		V.1. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)											Varianza		0.122	
Tamaño de ichu:		9 cm.											Desviación Estandar		0.349	
Cantidad de ichu:		5 gr.											Coefficiente de Variación		0.022	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		15.319	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		16.370	
Edad:		24 días											Rango		1.050	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.844	1844.000	10.013	10.055	9.921	0.00100	1.506	1507.729	99.756	1580	15.839	0.036
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.828	1828.000	9.920	9.988	10.042	0.00099	1.460	1467.379	100.299	1600	15.952	0.037
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.775	1775.000	9.737	9.755	9.957	0.00095	1.448	1531.044	97.131	1590	16.370	0.041
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.836	1836.000	9.837	9.838	9.983	0.00097	1.498	1550.534	98.213	1580	16.088	0.038
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.801	1801.000	9.767	9.841	10.013	0.00096	1.444	1500.384	98.538	1580	16.034	0.039
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.783	1783.000	9.958	9.937	9.985	0.00099	1.442	1459.452	99.221	1520	15.319	0.037
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.811	1811.167	9.872	9.902	9.984	0.00098	1.466	1502.754	98.860	1575.000	15.934	0.038

4.2.11. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°24: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		15.210	
Mezcla:		V.2. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)											Varianza		0.040	
Tamaño de ichu:		9 cm.											Desviación Estandar		0.199	
Cantidad de ichu:		15 gr.											Coefficiente de Variación		0.013	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		14.951	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		15.443	
Edad:		24 días											Rango		0.492	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F´c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.821	1821.000	9.827	9.857	10.001	0.00097	1.492	1540.138	98.580	1520	15.419	0.039
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.836	1836.000	9.910	9.947	9.811	0.00097	1.468	1517.913	97.590	1490	15.268	0.036
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.828	1828.000	9.963	10.022	9.934	0.00099	1.476	1488.051	99.559	1500	15.067	0.038
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.798	1798.000	9.866	9.949	9.958	0.00098	1.464	1497.781	99.072	1530	15.443	0.038
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.819	1819.000	9.961	9.998	9.794	0.00098	1.462	1498.895	97.920	1480	15.114	0.037
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.882	1882.000	9.855	9.924	10.042	0.00098	1.488	1515.093	99.657	1490	14.951	0.039
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.831	1830.667	9.897	9.950	9.923	0.00098	1.475	1509.645	98.730	1501.667	15.210	0.038

4.2.12. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°25: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN																	
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos				
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6		
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		14.943		
Mezcla:		V.3. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)											Varianza		0.074		
Tamaño de ichu:		9 cm											Desviación Estandar		0.272		
Cantidad de ichu:		25gr.											Coefficiente de Variación		0.018		
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		14.644		
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		15.377		
Edad:		24 días											Rango		0.733		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados				
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Área (m²)	Carga Rot. (kg)	F'c-Obt. (kg/cm²)	Defor. Unit.	
I.1.1	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.793	1793.000	9.830	9.845	9.999	0.00097	1.448	1496.383	98.440	1490	15.136	0.038	
I.1.2	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.790	1790.000	10.099	10.113	9.938	0.00101	1.422	1401.013	100.503	1500	14.925	0.039	
I.1.3	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.801	1801.000	10.031	9.978	9.864	0.00099	1.430	1448.422	98.423	1460	14.834	0.038	
I.1.4	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.788	1788.000	10.056	10.045	9.970	0.00101	1.454	1443.757	100.149	1540	15.377	0.039	
I.1.5	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.803	1803.000	9.991	10.164	10.145	0.00103	1.488	1444.366	103.114	1510	14.644	0.037	
I.1.6	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.792	1792.000	10.131	10.020	10.021	0.00102	1.450	1425.400	100.410	1480	14.740	0.036	
Promedios	10.000	10.000	10.000	0.00100	1.795	1794.500	10.023	10.028	9.990	0.00100	1.449	1443.224	100.173	1496.667	14.943	0.038	

4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

4.3.1. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.1: Adobe tradicional con adición de ichu de 3 cm.

Tabla N°26: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																	
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																	
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Resultados Estadísticos				
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Tamaño de Muestra		6		
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		6.523		
Mezcla:		I.1 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 3cm)											Varianza		0.154		
Tamaño de ichu:		3 cm.											Desviación Estandar		0.392		
Cantidad de ichu:		Variable											Coeficiente de Variación		0.060		
Cantidad de Cal:		0.00%											Xmín		6.025		
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		6.912		
Edad:		24 días											Rango		0.887		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados				
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla	
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.555	4598.611	7.400	28.600	14.900	0.00315	12.430	3941.732	150.00	6.508	0.09	Frágil	
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.080	4466.667	7.400	28.300	14.700	0.00308	11.980	3891.538	140.00	6.078	0.08	Frágil	
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.900	4416.667	7.300	28.600	14.500	0.00303	11.775	3889.592	150.00	6.872	0.10	Frágil	
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.085	4468.056	7.500	28.400	14.500	0.00309	11.950	3869.192	140.00	6.025	0.07	Frágil	
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.381	4550.278	7.600	28.700	14.600	0.00318	12.250	3846.695	160.00	6.745	0.07	Frágil	
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.176	4493.333	7.300	28.900	14.600	0.00308	12.055	3913.755	150.00	6.912	0.08	Frágil	
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.196	4498.935	7.417	28.583	14.633	0.00310	12.073	3892.084	148.333	6.523	0.082	Frágil	

4.3.2. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.2: Adobe tradicional con adición de ichu de 6 cm.

Tabla N°27: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		7.087	
Mezcla:		I.2 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 6cm)											Varianza		0.131	
Tamaño de ichu:		6 cm.											Desviación Estandar		0.361	
Cantidad de ichu:		Variable											Coeficiente de Variación		0.051	
Cantidad de Cal:		0.00%											Xmín		6.706	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		7.707	
Edad:		24 días											Rango		1.001	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.679	4355.278	7.700	29.000	14.700	0.00328	12.580	3832.433	170.00	7.022	0.11	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.756	4654.444	7.600	29.400	14.800	0.00331	12.575	3802.641	180.00	7.707	0.12	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.784	4662.222	7.500	29.000	14.700	0.00320	12.659	3959.340	160.00	6.966	0.11	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.858	4682.778	7.600	29.100	14.600	0.00323	12.723	3940.307	170.00	7.287	0.11	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.787	4663.056	7.600	29.500	14.900	0.00334	12.645	3785.271	160.00	6.832	0.09	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.646	4623.889	7.800	28.200	14.500	0.00319	12.525	3927.046	170.00	6.706	0.10	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.585	4606.944	7.633	29.033	14.700	0.00326	12.618	3874.506	168.333	7.087	0.107	Frágil

4.3.3. Resistencia a la flexión de los especímenes de adobe realizados con la mezcla I.3: Adobe tradicional con adición de ichu de 9 cm.

Tabla N°28: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla I.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	7.593		
Mezcla:	I.3 (Adobe Tradicional más fibra vegetal de 9cm)												Varianza	0.106		
Tamaño de ichu:	9 cm.												Desviación Estandar	0.326		
Cantidad de ichu:	Variable												Coefficiente de Variación	0.043		
Cantidad de Cal:	0.00%												Xmín	7.204		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	8.056		
Edad:	24 días												Rango	0.852		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.793	4664.722	7.500	28.900	14.500	0.00327	12.672	3877.179	170.00	7.472	0.14	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.683	4634.167	7.500	28.400	14.500	0.00309	12.518	4053.100	170.00	7.316	0.11	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.786	4662.778	7.800	28.700	14.600	0.00327	12.661	3873.813	180.00	7.204	0.13	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.798	4666.111	7.600	29.000	14.700	0.00324	12.641	3901.688	190.00	8.056	0.12	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.772	4658.889	7.600	28.900	14.600	0.00321	12.630	3938.574	180.00	7.652	0.14	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.857	4682.500	7.700	29.200	14.800	0.00333	12.729	3825.243	190.00	7.860	0.14	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.782	4661.528	7.617	28.850	14.617	0.00323	12.642	3911.599	180.000	7.593	0.130	Frágil

4.3.4. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla II: Adobe estabilizado con cal al 20%

Tabla N°29: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla II

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesis:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		8.496	
Mezcla:		II (Adobe estabilizado con cal - sin ichu)											Varianza		0.024	
Tamaño de ichu:		-											Desviación Estandar		0.154	
Cantidad de ichu:		-											Coeficiente de Variación		0.018	
Cantidad de Cal:		20.00%											X _{mín}		8.322	
Cantidad de Probetas:		6											X _{máx}		8.747	
Edad:		24 días											Rango		0.425	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.542	4317.222	7.900	29.100	14.100	0.00324	12.758	3935.894	204.72	8.410	0.16	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.582	4328.333	7.800	29.300	14.500	0.00331	12.767	3852.642	207.00	8.553	0.15	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.604	4334.444	8.000	29.400	14.600	0.00343	12.804	3728.683	223.31	8.747	0.14	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.436	4287.778	8.000	29.500	14.400	0.00340	12.641	3719.692	214.53	8.555	0.17	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.384	4273.333	7.900	29.300	14.600	0.00338	12.630	3737.281	208.04	8.322	0.13	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.510	4308.333	8.000	29.600	14.700	0.00348	12.729	3656.750	213.86	8.388	0.16	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.004	15.510	4308.241	7.933	29.367	14.483	0.00337	12.722	3771.824	211.912	8.496	0.152	Frágil

4.3.5. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°30: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		9.332	
Mezcla:		III.1 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)											Varianza		0.067	
Tamaño de ichu:		3 cm.											Desviación Estandar		0.259	
Cantidad de ichu:		5 gr.											Coefficiente de Variación		0.028	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		8.887	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		9.589	
Edad:		24 días											Rango		0.702	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.601	4333.611	7.700	31.600	14.600	0.00355	12.791	3600.591	208.04	9.589	0.14	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.317	4254.722	7.800	31.500	14.600	0.00359	12.527	3492.119	205.18	9.182	0.13	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.293	4248.056	7.600	31.800	14.700	0.00355	12.469	3509.729	200.50	9.493	0.15	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.420	4283.333	7.900	31.700	14.800	0.00371	12.625	3406.303	218.73	9.484	0.17	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.413	4281.389	7.800	31.900	14.600	0.00363	12.582	3463.471	195.64	8.887	0.17	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.409	4280.278	7.800	31.800	14.700	0.00365	12.610	3458.406	208.14	9.355	0.14	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.004	15.409	4280.231	7.767	31.717	14.667	0.00361	12.601	3488.437	206.038	9.332	0.150	Frágil

4.3.6. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°31: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		8.782	
Mezcla:		III.2 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)											Varianza		0.031	
Tamaño de ichu:		3 cm.											Desviación Estandar		0.175	
Cantidad de ichu:		15 gr.											Coeficiente de Variación		0.020	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		8.506	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		9.054	
Edad:		24 días											Rango		0.549	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.828	4396.667	8.000	29.800	14.800	0.00377	13.018	3456.057	223.51	8.778	0.13	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.700	4361.111	8.000	29.600	14.700	0.00372	12.910	3472.521	224.37	8.800	0.15	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.653	4348.056	7.800	29.600	14.800	0.00383	12.829	3345.262	214.91	8.807	0.15	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.745	4373.611	7.900	29.700	14.800	0.00347	12.950	3729.276	212.05	8.506	0.14	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.619	4338.611	7.800	29.900	14.600	0.00341	12.788	3755.640	208.04	8.748	0.17	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.639	4344.167	7.800	29.800	14.700	0.00342	12.840	3757.827	217.68	9.054	0.15	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.697	4360.370	7.883	29.733	14.733	0.00360	12.889	3586.097	216.760	8.782	0.148	Frágil

4.3.7. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°32: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla III.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		8.933	
Mezcla:		III.3 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 3 cm)											Varianza		0.004	
Tamaño de ichu:		3 cm.											Desviación Estandar		0.064	
Cantidad de ichu:		25 gr.											Coefficiente de Variación		0.007	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		8.845	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		9.021	
Edad:		24 días											Rango		0.176	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	14.941	4150.278	8.000	29.800	14.700	0.00374	12.110	3235.476	225.32	8.909	0.14	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.077	4188.056	8.000	29.900	14.700	0.00374	12.253	3273.682	227.23	9.021	0.14	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.332	4258.889	8.000	29.800	14.600	0.00372	12.491	3358.662	223.31	8.891	0.15	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.275	4243.056	7.900	29.700	14.700	0.00345	12.324	3573.146	222.46	8.984	0.14	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.329	4258.056	7.900	29.900	14.800	0.00350	12.498	3575.037	218.73	8.845	0.18	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.412	4281.111	8.000	29.800	14.900	0.00355	12.613	3550.797	229.34	8.946	0.19	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.228	4229.907	7.967	29.817	14.733	0.00362	12.382	3427.800	224.399	8.933	0.157	Frágil

4.3.8. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°33: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	8.737		
Mezcla:	IV.1 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)												Varianza	0.021		
Tamaño de ichu:	6 cm.												Desviación Estandar	0.144		
Cantidad de ichu:	5 gr.												Coefficiente de Variación	0.016		
Cantidad de Cal:	20.00%												X_{mín}	8.528		
Cantidad de Probetas:	6												X_{máx}	8.958		
Edad:	24 días												Rango	0.429		
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm ²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.684	4356.667	8.000	29.800	14.800	0.00377	12.860	3414.111	223.51	8.778	0.16	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.350	4263.889	7.900	29.800	14.600	0.00367	12.533	3412.613	213.77	8.727	0.17	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.538	4316.111	8.000	29.600	14.700	0.00369	12.677	3431.707	220.55	8.650	0.15	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.566	4323.889	8.000	29.900	14.700	0.00352	12.752	3626.601	214.82	8.528	0.17	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.376	4271.111	7.800	29.800	14.800	0.00344	12.545	3646.684	216.82	8.958	0.18	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.555	4320.833	8.000	29.700	14.800	0.00352	12.720	3617.254	224.46	8.780	0.13	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.512	4308.750	7.950	29.767	14.733	0.00360	12.681	3524.828	218.988	8.737	0.160	Frágil

4.3.9. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°34: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		9.046	
Mezcla:		IV.2 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)											Varianza		0.041	
Tamaño de ichu:		6 cm.											Desviación Estandar		0.202	
Cantidad de ichu:		15 gr.											Coefficiente de Variación		0.022	
Cantidad de Cal:		20.00%											X_{min}		8.860	
Cantidad de Probetas:		6											X_{máx}		9.351	
Edad:		24 días											Rango		0.491	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm ²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.623	4339.722	8.100	29.600	14.600	0.00350	12.782	3651.483	229.99	8.860	0.12	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.614	4337.222	8.000	29.700	14.500	0.00345	12.789	3712.121	224.17	8.950	0.17	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.640	4344.444	7.900	29.500	14.600	0.00340	12.824	3768.960	223.31	9.007	0.16	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.543	4317.500	8.000	29.700	14.700	0.00349	12.724	3643.006	225.32	8.873	0.18	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	18.472	5131.111	7.900	29.800	14.600	0.00344	15.640	4550.305	229.04	9.351	0.17	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.477	4299.167	7.900	29.800	14.600	0.00344	12.678	3688.540	226.18	9.234	0.13	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	16.062	4461.528	7.967	29.683	14.600	0.00345	13.240	3835.736	226.336	9.046	0.155	Frágil

4.3.10. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°35: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla IV.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		9.585	
Mezcla:		IV.3 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)											Varianza		0.010	
Tamaño de ichu:		6 cm.											Desviación Estandar		0.102	
Cantidad de ichu:		25 gr.											Coefficiente de Variación		0.011	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		9.460	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		9.701	
Edad:		24 días											Rango		0.241	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.503	4306.389	7.900	29.800	14.600	0.00344	12.672	3686.795	236.67	9.662	0.14	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.390	4275.000	8.000	29.700	14.600	0.00347	12.566	3622.411	238.58	9.460	0.14	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.570	4325.000	8.000	29.700	14.700	0.00349	12.729	3644.438	245.37	9.663	0.15	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.761	4378.056	8.000	29.800	14.700	0.00350	12.810	3655.321	240.60	9.513	0.14	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.429	4285.833	7.900	29.800	14.600	0.00344	12.598	3665.265	237.63	9.701	0.18	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.477	4299.167	7.800	29.700	14.800	0.00343	12.678	3697.754	231.15	9.511	0.19	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.522	4311.574	7.933	29.750	14.667	0.00346	12.676	3661.997	238.334	9.585	0.157	Frágil

4.3.11. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°36: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		8.944	
Mezcla:		V.1 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)											Varianza		0.010	
Tamaño de ichu:		9 cm.											Desviación Estandar		0.102	
Cantidad de ichu:		5 gr.											Coefficiente de Variación		0.011	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		8.815	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		9.046	
Edad:		24 días											Rango		0.231	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m ³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m ³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm ²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.473	4298.056	8.000	29.500	14.600	0.00345	12.657	3673.381	229.99	9.046	0.16	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.226	4229.444	7.900	29.600	14.800	0.00346	12.392	3580.642	220.64	8.815	0.15	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.035	4176.389	8.000	29.700	14.600	0.00347	12.236	3527.282	223.31	8.855	0.16	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.102	4195.000	7.800	29.600	14.700	0.00339	12.280	3618.218	218.64	9.021	0.17	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.185	4218.056	7.800	29.900	14.800	0.00345	12.354	3579.152	217.78	9.033	0.15	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.248	4235.556	8.000	29.700	14.800	0.00352	12.387	3522.557	227.33	8.892	0.18	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.212	4225.417	7.917	29.667	14.717	0.00346	12.384	3583.538	222.949	8.944	0.162	Frágil

4.3.12. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°37: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay												Resultados Estadísticos			
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%												Tamaño de Muestra	6		
Norma de referencia:	NTP E0.80												Promedio	9.559		
Mezcla:	V.2 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)												Varianza	0.016		
Tamaño de ichu:	9 cm.												Desviación Estandar	0.128		
Cantidad de ichu:	15 gr.												Coefficiente de Variación	0.013		
Cantidad de Cal:	20.00%												Xmín	9.422		
Cantidad de Probetas:	6												Xmáx	9.763		
Edad:	24 días												Rango	0.340		
Resumen																
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.493	4303.611	7.900	29.600	14.600	0.00341	12.652	3705.847	236.67	9.585	0.15	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.764	4378.889	8.100	29.700	14.500	0.00349	12.939	3709.294	242.29	9.436	0.18	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.678	4355.000	8.000	29.800	14.600	0.00348	12.862	3695.297	236.67	9.422	0.16	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.660	4350.000	8.000	29.700	14.600	0.00347	12.841	3701.686	246.22	9.763	0.15	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.600	4333.333	7.900	29.800	14.700	0.00346	12.768	3689.455	234.87	9.524	0.16	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.520	4311.111	7.900	29.800	14.600	0.00344	12.721	3701.051	235.72	9.624	0.16	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.619	4338.657	7.967	29.733	14.600	0.00346	12.797	3700.438	238.742	9.559	0.160	Frágil

4.3.13. Resistencia a la compresión de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°38: Resistencia a la compresión de adobe elaborado con la mezcla V.3

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES																
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN																
Tesista:		Carlos Fernando Hoyos Sangay											Resultados Estadísticos			
Tesis:		INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%											Tamaño de Muestra		6	
Norma de referencia:		NTP E0.80											Promedio		10.162	
Mezcla:		V.3 (Adobe estabilizado con cal + ichu de 9 cm)											Varianza		0.025	
Tamaño de ichu:		9 cm.											Desviación Estandar		0.158	
Cantidad de ichu:		25 gr.											Coefficiente de Variación		0.016	
Cantidad de Cal:		20.00%											Xmín		9.953	
Cantidad de Probetas:		6											Xmáx		10.403	
Edad:		24 días											Rango		0.450	
Especímen	Especímen Fresco						Especímen Seco						Resultados			
	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Altura (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volum. (m³)	Peso (kg)	P.U. (kg/m³)	Carga Rot. (kg)	Esf. Flex.-Obt. (kg/cm²)	Flecha (cm)	Modo de Falla
I.1.1	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.534	4315.000	7.900	30.000	14.800	0.00351	12.684	3616.148	251.21	10.199	0.18	Frágil
I.1.2	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.325	4256.944	7.900	29.800	14.700	0.00346	12.535	3622.127	247.28	10.027	0.16	Frágil
I.1.3	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.293	4248.056	8.000	30.000	14.900	0.00358	12.463	3485.179	258.96	10.183	0.19	Frágil
I.1.4	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.222	4228.333	8.000	29.800	14.900	0.00355	12.412	3494.212	255.14	9.953	0.15	Frágil
I.1.5	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.341	4261.389	7.900	29.800	14.600	0.00344	12.510	3639.662	254.81	10.403	0.18	Frágil
I.1.6	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.310	4252.778	8.000	30.000	14.800	0.00355	12.489	3516.047	257.89	10.210	0.18	Frágil
Promedios	8.000	30.000	15.000	0.00360	15.338	4260.417	7.950	29.900	14.783	0.00351	12.516	3562.229	254.214	10.162	0.173	Frágil

4.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ABSORCIÓN.

4.4.1. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla I.1, I.2 e I.3 (Adobe tradicional con adición de ichu de 3, 6 y 9 cm.)

Los especímenes realizados con estos 3 tipos de mezcla quedaron parcialmente deshechos luego del tiempo de saturación lo que imposibilitó tomar el peso saturado y por tanto no se pudo tomar los datos necesarios que describe el ensayo de absorción.

4.4.2. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla II: Adobe estabilizado con cal al 20%

Tabla N°39: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla II

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	II		
Tamaño de ichu:	-		
Cantidad de ichu:	-		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Es espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.464	1.756	19.95%
I.1.2	1.494	1.796	20.21%
I.1.3	1.452	1.745	20.18%
I.1.4	1.443	1.741	20.65%
I.1.5	1.466	1.754	19.65%
I.1.6	1.471	1.761	19.71%
Promedios	1.465	1.759	20.06%

4.4.3. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°40: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla III.1

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	III.1		
Tamaño de ichu:	3 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.498	1.804	20.43%
I.1.2	1.440	1.732	20.28%
I.1.3	1.447	1.751	21.01%
I.1.4	1.467	1.763	20.18%
I.1.5	1.452	1.748	20.39%
I.1.6	1.473	1.771	20.23%
Promedios	1.463	1.762	20.42%

4.4.4. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°41: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla III.2

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	III.2		
Tamaño de ichu:	3 cm.		
Cantidad de ichu:	1'5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.496	1.807	20.79%
I.1.2	1.502	1.816	20.91%
I.1.3	1.488	1.795	20.63%
I.1.4	1.492	1.801	20.71%
I.1.5	1.482	1.792	20.92%
I.1.6	1.479	1.788	20.89%
Promedios	1.490	1.800	20.81%

4.4.5. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla III.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 3 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°42: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla III.3

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	III.3		
Tamaño de ichu:	3 cm.		
Cantidad de ichu:	25 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Especimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.424	1.735	21.84%
I.1.2	1.486	1.807	21.60%
I.1.3	1.455	1.775	21.99%
I.1.4	1.475	1.794	21.63%
I.1.5	1.438	1.748	21.56%
I.1.6	1.479	1.798	21.57%
Promedios	1.460	1.776	21.70%

4.4.6. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°43: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla IV.1

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.1		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Especimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.464	1.762	20.36%
I.1.2	1.466	1.768	20.60%
I.1.3	1.478	1.774	20.03%
I.1.4	1.463	1.765	20.64%
I.1.5	1.482	1.783	20.31%
I.1.6	1.459	1.761	20.70%
Promedios	1.469	1.769	20.44%

4.4.7. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°44: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla IV.2

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.2		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	15 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Resumen			
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.460	1.772	21.37%
I.1.2	1.464	1.781	21.65%
I.1.3	1.458	1.770	21.40%
I.1.4	1.471	1.788	21.55%
I.1.5	1.468	1.783	21.46%
I.1.6	1.451	1.762	21.43%
Promedios	1.462	1.776	21.48%

4.4.8. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla IV.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 6 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°45: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla IV.3

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.3		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Resumen			
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.434	1.757	22.52%
I.1.2	1.448	1.763	21.75%
I.1.3	1.452	1.771	21.97%
I.1.4	1.461	1.785	22.18%
I.1.5	1.458	1.779	22.02%
I.1.6	1.439	1.761	22.38%
Promedios	1.449	1.769	22.14%

4.4.9. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.1: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 5 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (5 gr/kg)

Tabla N°46: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla V.1

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	V.1		
Tamaño de ichu:	9 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Resumen			
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.458	1.758	20.58%
I.1.2	1.450	1.751	20.76%
I.1.3	1.452	1.756	20.94%
I.1.4	1.449	1.745	20.43%
I.1.5	1.461	1.764	20.74%
I.1.6	1.438	1.738	20.86%
Promedios	1.451	1.752	20.72%

4.4.10. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.2: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 15 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (15 gr/kg)

Tabla N°47: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla V.2

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	V.2		
Tamaño de ichu:	9 cm.		
Cantidad de ichu:	15 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Resumen			
Espécimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.486	1.805	21.47%
I.1.2	1.458	1.778	21.95%
I.1.3	1.475	1.793	21.56%
I.1.4	1.480	1.805	21.96%
I.1.5	1.468	1.789	21.87%
I.1.6	1.472	1.785	21.26%
Promedios	1.473	1.793	21.68%

4.4.11. Ensayo de absorción de especímenes de adobe realizados con la mezcla V.3: Adobe estabilizado con cal al 20% con adición de 25 gr. de ichu de 9 cm. por kg. de tierra (25 gr/kg)

Tabla N°48: Ensayo de absorción de adobe elaborado con la mezcla V.3

ABSORCIÓN			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	V.3		
Tamaño de ichu:	9 cm.		
Cantidad de ichu:	25 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Tiempo de saturación:	24 horas		
Especimen	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Absorción (%)
I.1.1	1.466	1.793	22.31%
I.1.2	1.456	1.784	22.53%
I.1.3	1.452	1.775	22.25%
I.1.4	1.471	1.806	22.77%
I.1.5	1.448	1.769	22.17%
I.1.6	1.465	1.790	22.18%
Promedios	1.460	1.786	22.37%

4.5. RESUMEN DE RESULTADOS.

En las siguientes tablas se muestran los resultados promedio de resistencia a compresión, flexión y capacidad de absorción de cada adobe elaborado con cada diseño de mezcla.

Tabla N°49: Resumen de resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexión y Capacidad de Absorción de la totalidad de especímenes ensayados.

RESUMEN TOTAL DE RESULTADOS														
Tamaño Ichu		3 cm				6 cm				9 cm				PATRÓN
Cantidad Ichu		5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg	Tradicional	5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg	Tradicional	5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg	Tradicional	
Ensayos	Especímenes													
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	E1	16.406	15.737	15.154	14.719	16.107	15.504	14.859	14.782	15.839	15.419	15.136	14.445	16.901
	E2	16.331	16.031	15.547	14.936	16.432	15.432	15.160	14.064	15.952	15.268	14.925	14.122	17.102
	E3	16.498	15.904	15.205	14.929	16.380	15.742	14.989	14.246	16.370	15.067	14.834	13.951	16.889
	E4	16.594	15.711	15.177	14.845	16.285	15.314	15.471	14.387	16.088	15.443	15.377	14.619	16.612
	E5	16.432	16.219	15.649	14.889	16.459	15.467	15.317	14.902	16.034	15.114	14.644	14.339	17.362
	E6	16.282	15.742	15.206	14.791	15.930	15.271	15.021	14.586	15.319	14.951	14.740	14.082	17.148
Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	E1	8.868	8.778	8.909	6.508	8.778	8.860	9.662	7.022	9.046	9.585	10.199	7.472	8.410
	E2	8.489	8.800	9.021	6.078	8.727	8.950	9.460	7.707	8.815	9.436	10.027	7.316	8.553
	E3	8.784	8.807	8.891	6.872	8.650	9.007	9.663	6.966	8.855	9.422	10.183	7.204	8.747
	E4	8.774	8.506	8.984	6.025	8.528	8.873	9.513	7.287	9.021	9.763	9.953	8.056	8.555
	E5	8.226	8.748	8.845	6.745	8.958	9.351	9.701	6.832	9.033	9.524	10.403	7.652	8.322
	E6	8.657	9.054	8.946	6.912	8.780	9.234	9.511	6.706	8.892	9.624	10.210	7.860	8.388
Capacidad de Absorción (%)	E1	20.43%	20.79%	21.84%	-	20.36%	21.37%	22.52%	-	20.58%	21.47%	22.31%	-	0.199
	E2	20.28%	20.91%	21.60%	-	20.60%	21.65%	21.75%	-	20.76%	21.95%	22.53%	-	0.202
	E3	21.01%	20.63%	21.99%	-	20.03%	21.40%	21.97%	-	20.94%	21.56%	22.25%	-	0.202
	E4	20.18%	20.71%	21.63%	-	20.64%	21.55%	22.18%	-	20.43%	21.96%	22.77%	-	0.207
	E5	20.39%	20.92%	21.56%	-	20.31%	21.46%	22.02%	-	20.74%	21.87%	22.17%	-	0.196
	E6	20.23%	20.89%	21.57%	-	20.70%	21.43%	22.38%	-	20.86%	21.26%	22.18%	-	0.197

Tabla N°50: Promedio de resultados de todos los ensayos.

Promedio de Resultados					
Tipo de Mezcla	Tamaño	Cantidad Ichu	Resistencia a compresión (kg/cm ²)	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Capacidad Absorción (%)
II	Patrón	Sin ichu	17.002	8.496	20.058%
I.1	3 cm	Tradicional	14.851	6.523	-
III.1		5 gr/kg	16.424	8.633	20.418%
III.2		15 gr/kg	15.891	8.782	20.808%
III.3		25 gr/kg	15.323	8.933	21.698%
I.2	6 cm	Tradicional	14.494	7.087	-
IV.1		5 gr/kg	16.265	8.737	20.439%
IV.2		15 gr/kg	15.455	9.046	21.477%
IV.3		25 gr/kg	15.137	9.585	22.136%
I.3	9 cm	Tradicional	14.260	7.593	-
V.1		5 gr/kg	15.934	8.944	20.717%
V.2		15 gr/kg	15.210	9.559	21.677%
V.3		25 gr/kg	14.943	10.162	22.367%

4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se presenta el análisis estadístico de los datos obtenidos en los ensayos realizados.

4.6.1. Resistencia a la Compresión.

En la tabla N°51 se muestran los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los adobes con los diseños de mezcla establecidos para la presente investigación; como son los adobes estabilizados con cal al 20% sin la adición de ichu (muestra patrón), adobes tradicionales con adición de ichu de 3, 6 y 9 cm de tamaño, adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 3 cm, adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 6 cm, y adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 9 cm.

Tabla N°51: Parámetros estadísticos de los especímenes de adobe ensayados a compresión.

Resumen Resultados Estadísticos								
Tipo de Mezcla	Parámetros							
	Tamaño Muestra	Promedio	Varianza	Desviación Estandar	Coficiente Variación	Xmín	Xmáx	Rango
II	6.000	17.002	0.067	0.259	0.015	16.612	17.362	0.750
I.1	6.000	14.851	0.007	0.085	0.006	14.719	14.936	0.216
I.2	6.000	14.494	0.103	0.321	0.022	14.064	14.902	0.837
I.3	6.000	14.260	0.063	0.251	0.018	13.951	14.619	0.669
III.1	6.000	16.424	0.013	0.113	0.007	16.282	16.594	0.312
III.2	6.000	15.891	0.041	0.203	0.013	15.711	16.219	0.508
III.3	6.000	15.323	0.047	0.216	0.014	15.154	15.649	0.495
IV.1	6.000	16.265	0.043	0.208	0.013	15.930	16.459	0.529
IV.2	6.000	15.455	0.028	0.167	0.011	15.271	15.742	0.471
IV.3	6.000	15.137	0.051	0.227	0.015	14.859	15.471	0.612
V.1	6.000	15.934	0.122	0.349	0.022	15.319	16.370	1.050
V.2	6.000	15.210	0.040	0.199	0.013	14.951	15.443	0.492
V.3	6.000	14.943	0.074	0.272	0.018	14.644	15.377	0.733

Figura N°61: Curvas de variación de Resistencia a la Compresión variando la Cantidad de Ichu

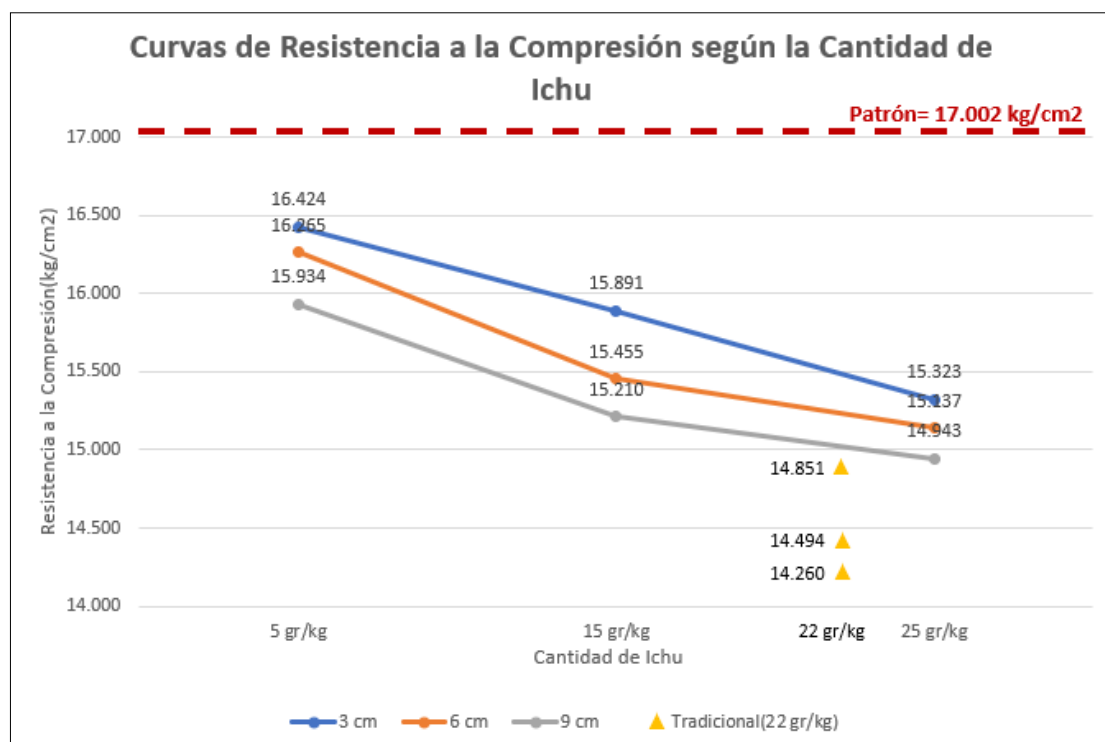
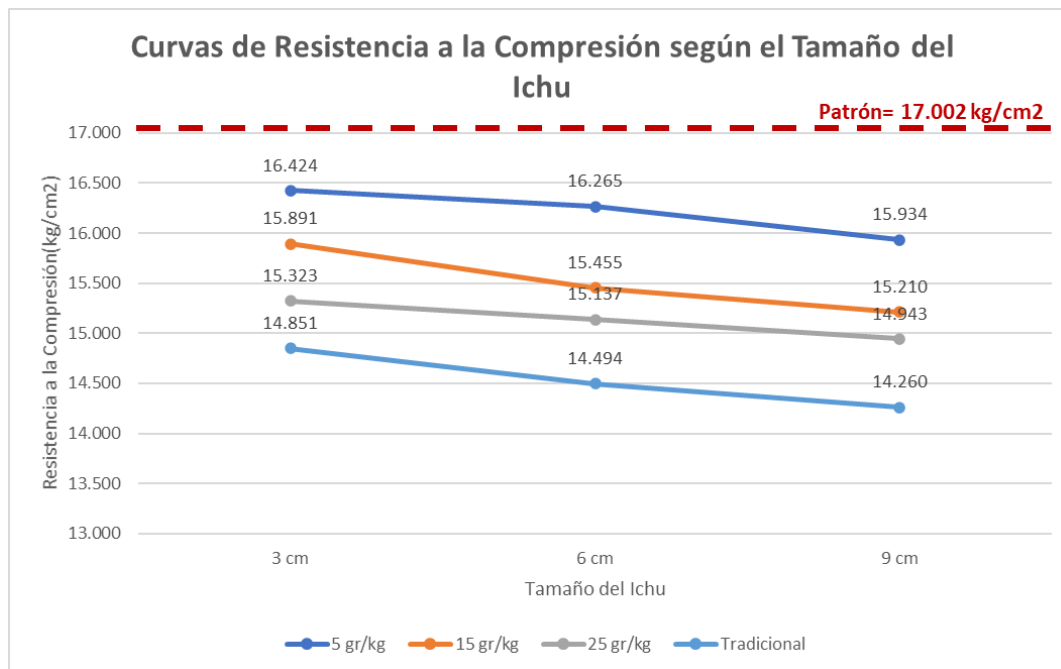


Figura N°62: Curvas de variación de Resistencia a la Compresión variando el tamaño de Ichu



En las figuras 61 y 62 podemos observar la comparación de la resistencia de los adobes cuando se varía la cantidad y el tamaño del ichu adherido en la mezcla, tomando como patrón la mezcla estabilizada con cal al 20 %.

En la figura 61 se observa que la muestra patrón es la que tiene mayor resistencia a la compresión 17.0 kg/cm², además que para todos los especímenes elaborados con la adición de Ichu de 3cm., 6cm. y 9 cm. la resistencia a la compresión baja conforme se le va aumentando la cantidad de Ichu.

En la figura 62 se observa igualmente que la resistencia a la compresión de la muestra patrón sigue siendo mayor a la de las demás muestras, además en este gráfico se evidencia que colocando la misma cantidad de fibra vegetal Ichu, pero variando el tamaño de este, la resistencia a la compresión también disminuye conforme se aumenta el tamaño, pero en menor medida que cuando se varía la cantidad de Ichu adherida.

Además, observamos que las muestras de adobes tradicionales solo se presentan en el gráfico en el que se varía el tamaño de la fibra vegetal, esto debido a que en adobes tradicionales la cantidad de Ichu es variable y se coloca hasta observar que la mezcla tenga una cantidad considerable pero que no llegue a tener excesos, es una práctica que se basa solo en la observación in-situ de la mezcla y evitar solo el exceso.

Figura N°63: Gráfico de Barras de la variación de la Resistencia a la Compresión.

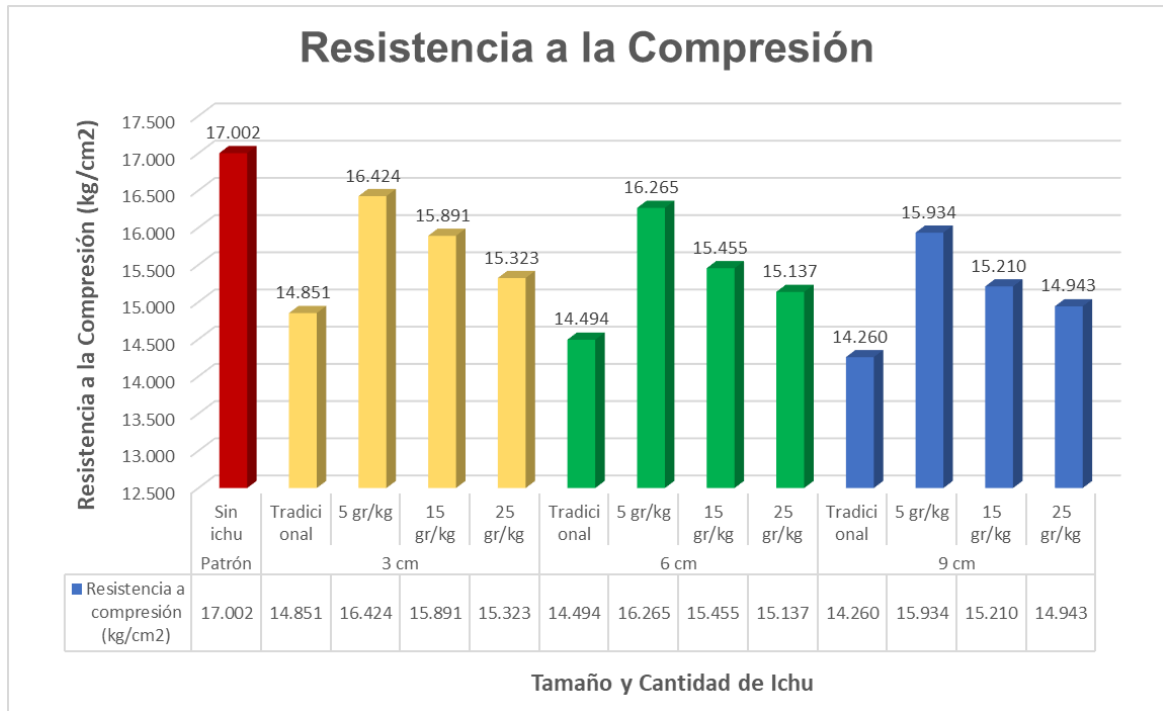
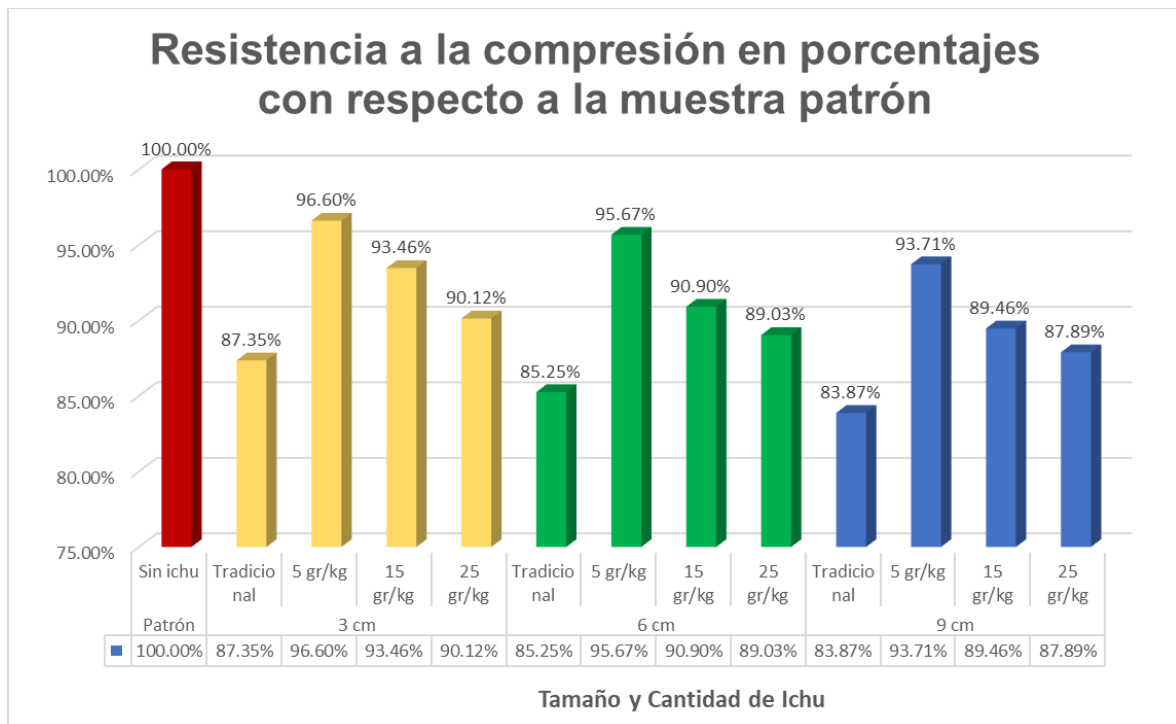


Figura N°64: Gráfico de Barras de la variación de la Resistencia a la Compresión en porcentajes.



En la figura 63 se observa con mayor claridad la variación de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de adobe realizados. Notamos que las muestras de adobe tradicional, ya sea con la adición de fibra vegetal de 3 cm., 6cm. o 9 cm., son las que resisten menos a la compresión en comparación con el resto de adobes. Además, se observa la diferencia de resistencias de cada muestra con respecto a la muestra patrón.

En la figura 64 notamos las variaciones en porcentajes de la resistencia a la compresión de todas las muestras, comparándolas con la resistencia alcanzada por la muestra patrón, considerando a esta como el 100%.

Se encontró que el adobe estabilizado con cal al 20% y adición de 5 gr de ichu de 3 cm por kg de tierra disminuye su resistencia a la compresión en 3,4% (16.424 kg/cm^2), para el adobe con adición de 25 gr de ichu de 9 cm por kg de tierra en 12,1% (14.493 kg/cm^2) y para el tradicional con adición de ichu de 9cm la disminución es de 16.13% (14.260 kg/cm^2) frente al adobe patrón (17.002 kg/cm^2). Siendo estas las variaciones más representativas de los valores encontrados de la resistencia a compresión.

- Tamaño de Ichu: Comparación de las resistencias a compresión encontradas para cada mezcla variando el tamaño de ichu.

a. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas I.1 (Trad. Con ichu de 3 cm), I.2 (Trad. con ichu de 6 cm.) y I.3 (Trad. con ichu de 9 cm.)

Tabla N°52: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
I.1	14.851	-2.151	87.35%	-12.65%
I.2	14.494	-2.508	85.25%	-14.75%
I.3	14.260	-2.743	83.87%	-16.13%

Figura N°65: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3

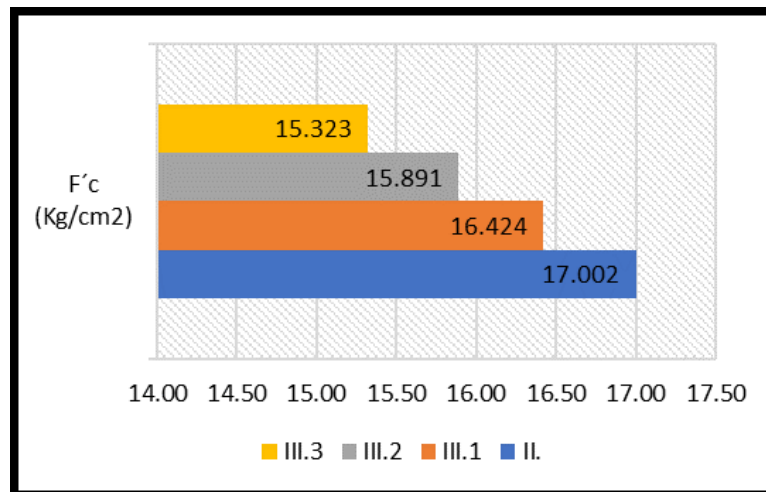
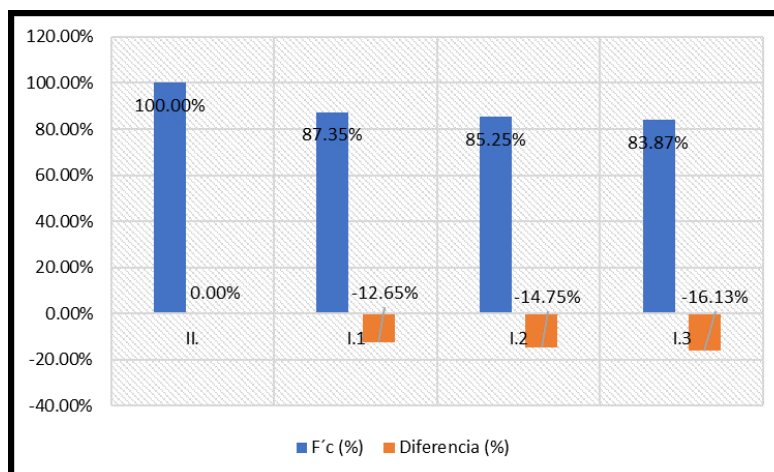


Figura N°66: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3



- b. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 3cm), IV.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.1 (cal + 5 gr/kg ichu de 9 cm)

Tabla N°53: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras III.1, IV.1 y V.1

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
III.1	16.424	-0.579	96.60%	-3.40%
IV.1	16.265	-0.737	95.67%	-4.33%
V.1	15.934	-1.069	93.71%	-6.29%

Figura N°67: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, IV.1 e V.1

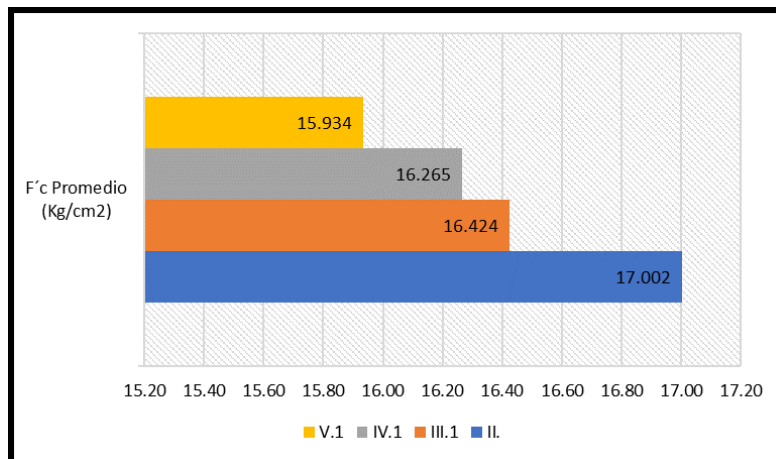
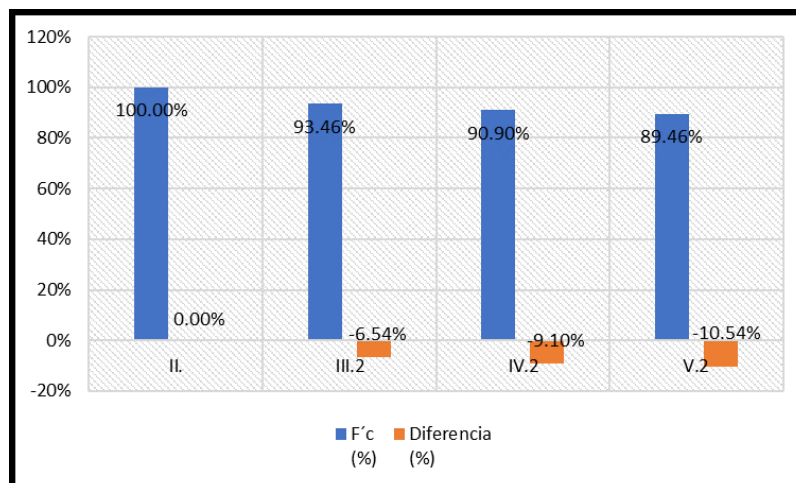


Figura N°68: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, IV.1 y V.1.



- c. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 3cm), IV.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°54: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras III.2, IV.2 y V.2

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
III.2	15.891	-1.112	93.46%	-6.54%
IV.2	15.455	-1.547	90.90%	-9.10%
V.2	15.210	-1.792	89.46%	-10.54%

Figura N°69: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.2, IV.2 y V.2

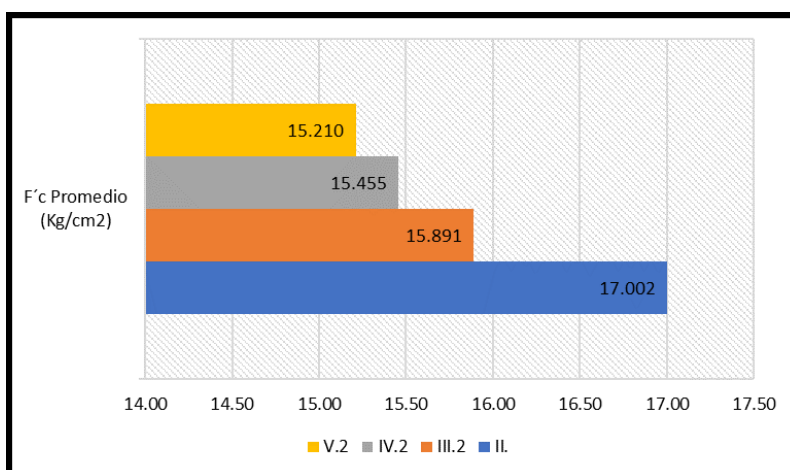
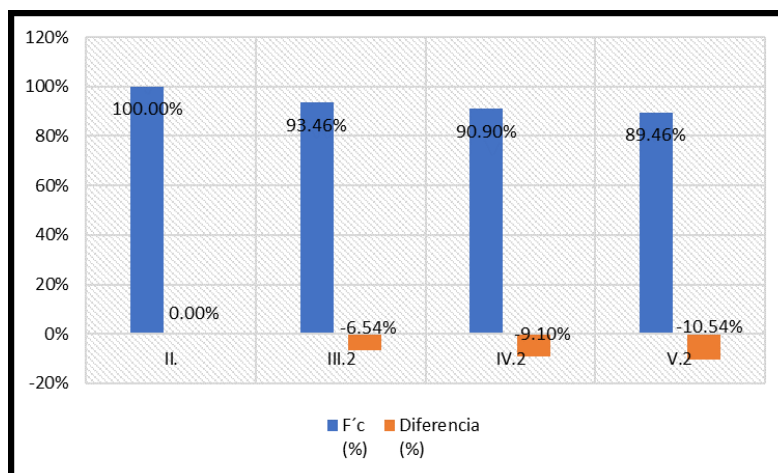


Figura N°70: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.2, IV.2 y V.2



- d. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 3cm), IV.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°55: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras III.3, IV.3 y V.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
III.3	15.323	-1.679	90.12%	-9.88%
IV.3	15.137	-1.866	89.03%	-10.97%
V.3	14.943	-2.060	87.89%	-12.11%

Figura N°71: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.3, IV.3 y V.3.

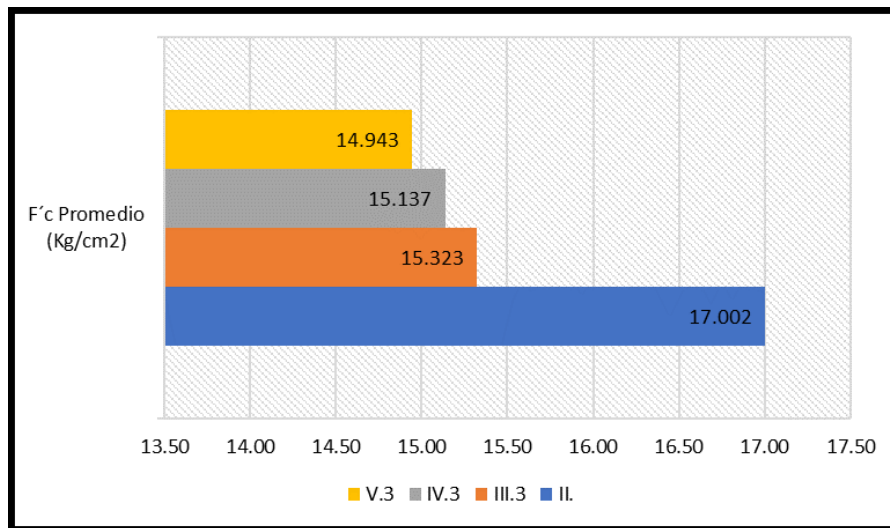
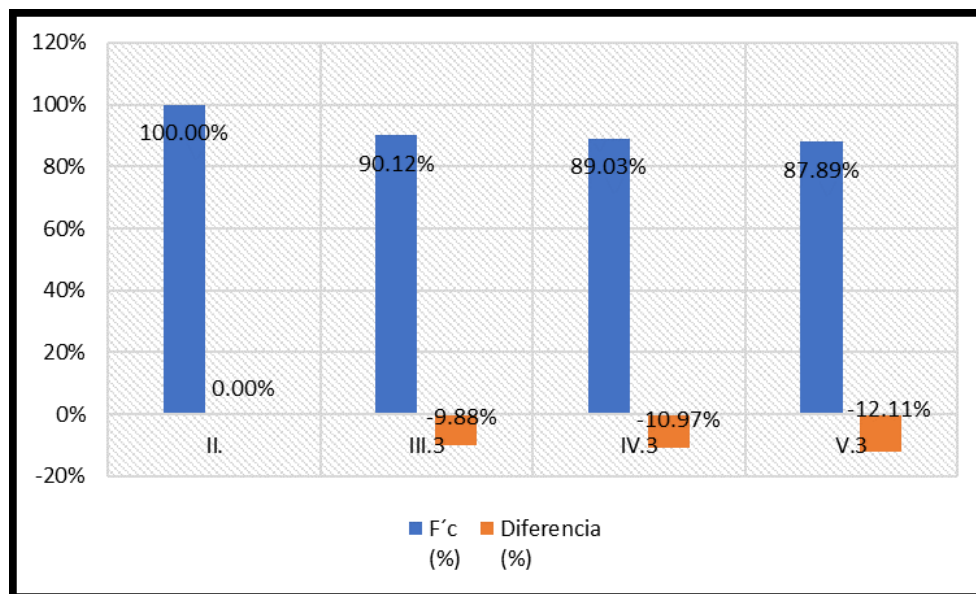


Figura N°72: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.3, IV.3 y V.3



Todos los gráficos mostrados nos demuestran que, si colocamos la misma cantidad de ichu, en este caso 5, 15 y 25 gr/kg de tierra, en un adobe estabilizado con cal al 20 %; pero vamos cambiando el tamaño del ichu; la resistencia a la compresión del adobe se verá afectado negativamente, disminuyéndolo progresivamente conforme se vaya aumentando el tamaño de esta fibra vegetal. Esto quiere decir que a mayor tamaño del ichu a utilizar menor será la resistencia a la compresión que soportará nuestro adobe.

➤ Cantidad de Ichu: Comparación de las medias de las resistencias a compresión encontradas para cada mezcla variando la cantidad de ichu.

a. **Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 3cm), III.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 3 cm) y III.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 3 cm)**

Tabla N°56: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras III.1, III.2 y III.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
III.1	16.424	-0.579	96.60%	-3.40%
III.2	15.891	-1.112	93.46%	-6.54%
III.3	15.323	-1.679	90.12%	-9.88%

Figura N°73: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, III.2 y III.3

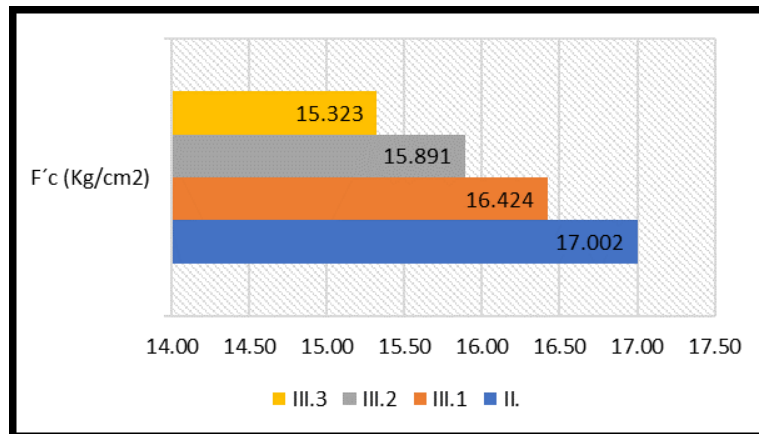
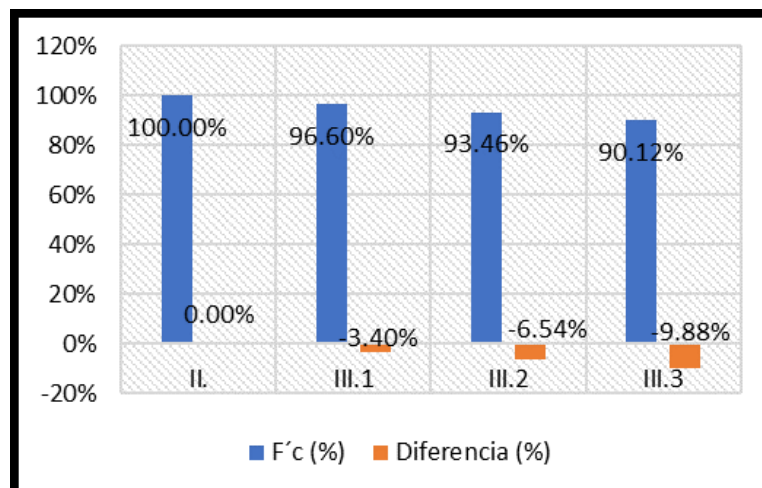


Figura N°74: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, III.2 y III.3



b. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas IV.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 6 cm), IV.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 6 cm) y IV.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 6 cm)

Tabla N°57: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras IV1, IV2, IV3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
IV.1	16.265	-0.737	95.67%	-4.33%
IV.2	15.455	-1.547	90.90%	-9.10%
IV.3	15.137	-1.866	89.03%	-10.97%

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°75: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras IV1, IV2, IV3

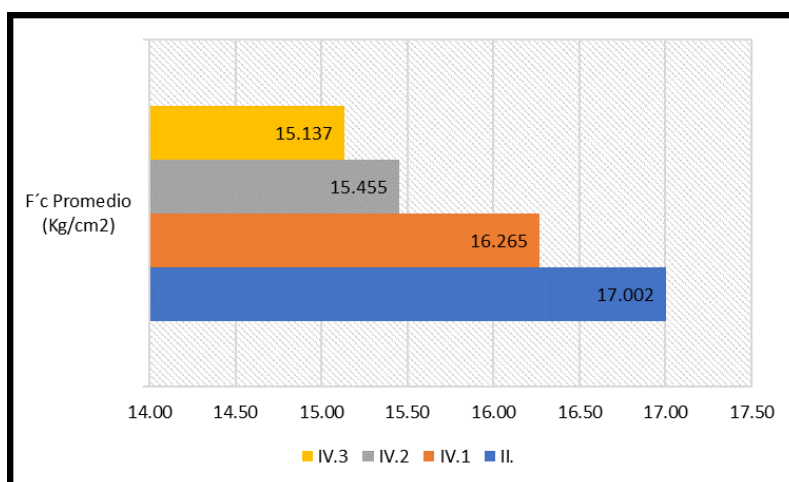
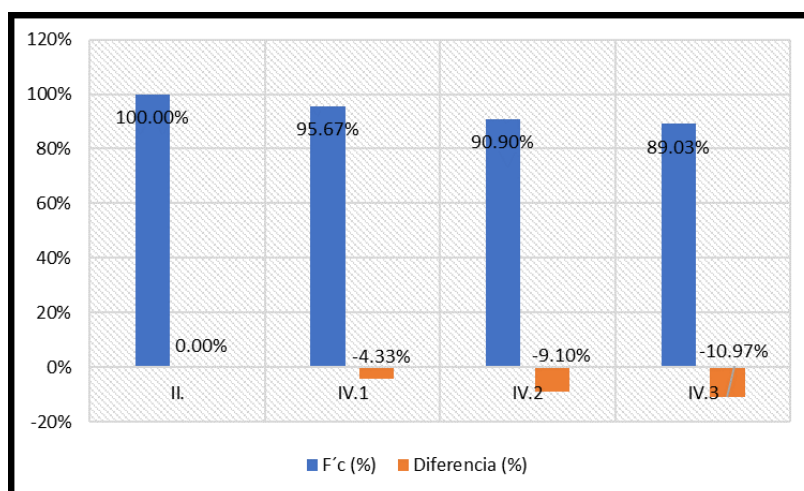


Figura N°76: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras IV1, IV2, IV3



c. Comparación de la resistencia a compresión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas V.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 9cm), V.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 9 cm) y V.3 (cal + 25 gr/kg ichu de 9 cm)

Tabla N°58: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras V.1, V.2 y V.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipos de Mezcla	F'c Promedio (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	F'c (%)	Diferencia (%)
II.	17.002	0.000	100.00%	0.00%
V.1	15.934	-1.069	93.71%	-6.29%
V.2	15.210	-1.792	89.46%	-10.54%
V.3	14.943	-2.060	87.89%	-12.11%

Figura N°77: Comparación de las resistencias a compresión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras V.1, V.2 y V.3

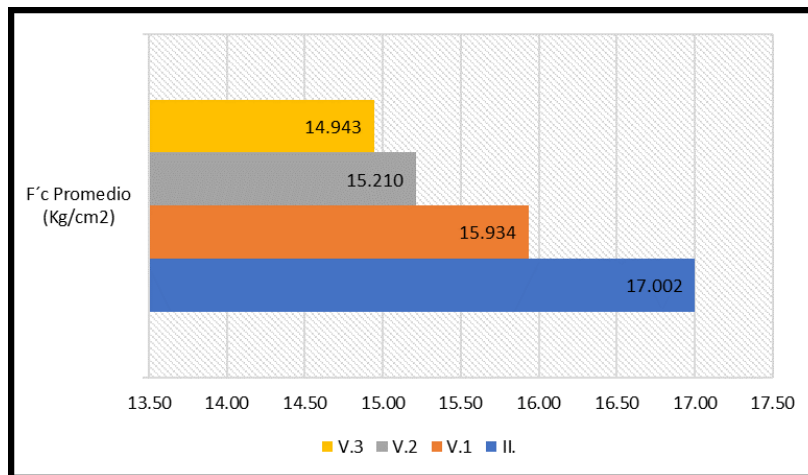
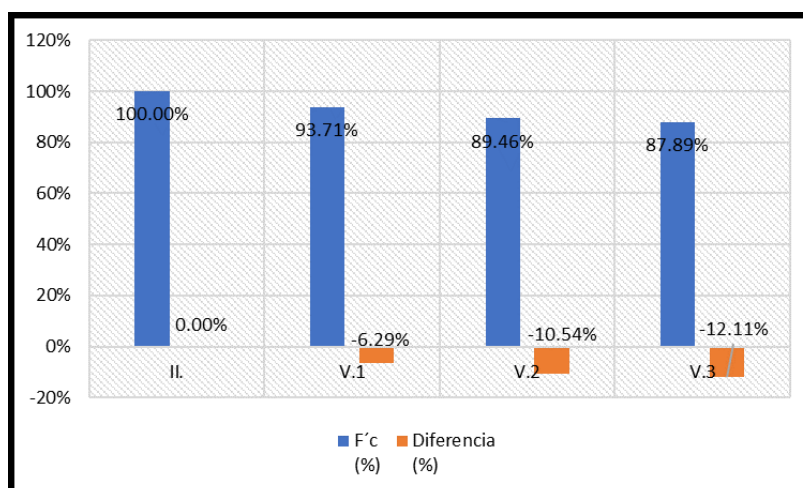


Figura N°78: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras V.1, V.2 y V.3



Todos los gráficos mostrados nos demuestran que, si colocamos ichu del mismo tamaño, en este caso de 3, 6 y 9 cm a un adobe estabilizado con cal al 20 %, pero vamos cambiando el tamaño del ichu; la resistencia a la compresión del adobe se verá afectado negativamente, disminuyéndolo progresivamente conforme se vaya aumentando la cantidad de esta fibra vegetal. Esto quiere decir que a mayor cantidad de ichu utilizado en el adobe estabilizado, menor será la resistencia a la compresión que soportará.

De acuerdo al análisis estadístico realizado (Ver apartado E en anexos)

- Para la resistencia a la compresión: Como $F_{Experimental} < F_{Teórico}$ entonces se rechaza H_1 y se acepta H_0 concluyendo que, A mayor cantidad de ichu, según su tamaño, no aumentará la resistencia a la compresión en adobes estabilizados con cal al 20%.

4.6.2. Resistencia a la Flexión.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros estadísticos obtenidos a partir de los resultados de los ensayos de resistencia a flexión de los adobes realizados con los diseños de mezcla establecidos para la presente investigación; como son los adobes estabilizados con cal al 20% sin la adición de ichu(muestra patrón), adobes tradicionales con adición de ichu de 3, 6 y 9 cm de tamaño, adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 3 cm por kg de tierra, adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 6 cm por kg de tierra, y adobes estabilizados con cal al 20% y la adición de 5, 15 y 25 gramos de ichu de 9 cm por kg de tierra.

Tabla N°59: Parámetros estadísticos de los especímenes de adobe ensayados a flexión.

Resumen Resultados Estadísticos								
Tipo de Mezcla	Parámetros							
	Tamaño Muestra	Promedio	Varianza	Desviación Estandar	Coefficiente Variación	Xmín	Xmáx	Rango
II	6.000	8.496	0.024	0.154	0.018	8.322	8.747	0.425
I.1	6.000	6.523	0.154	0.392	0.060	6.025	6.912	0.887
I.2	6.000	7.087	0.131	0.361	0.051	6.706	7.707	1.001
I.3	6.000	7.593	0.106	0.326	0.043	7.204	8.056	0.852
III.1	6.000	8.633	0.057	0.239	0.028	8.226	8.868	0.642
III.2	6.000	8.782	0.031	0.175	0.020	8.506	9.054	0.549
III.3	6.000	8.933	0.004	0.064	0.007	8.845	9.021	0.176
IV.1	6.000	8.737	0.021	0.144	0.016	8.528	8.958	0.429
IV.2	6.000	9.046	0.041	0.202	0.022	8.860	9.351	0.491
IV.3	6.000	9.585	0.010	0.102	0.011	9.460	9.701	0.241
V.1	6.000	8.944	0.010	0.102	0.011	8.815	9.046	0.231
V.2	6.000	9.559	0.016	0.128	0.013	9.422	9.763	0.340
V.3	6.000	10.162	0.025	0.158	0.016	9.953	10.403	0.450

Figura N°79: Curvas de variación de Resistencia a la Flexión variando la Cantidad de Ichu

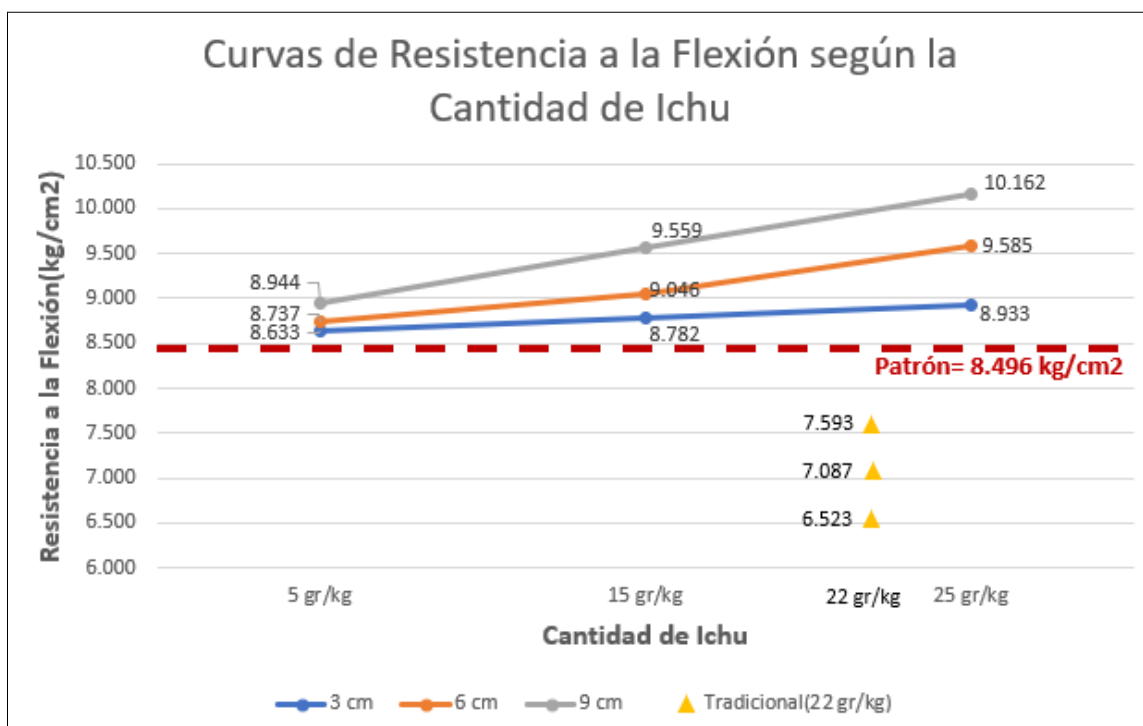
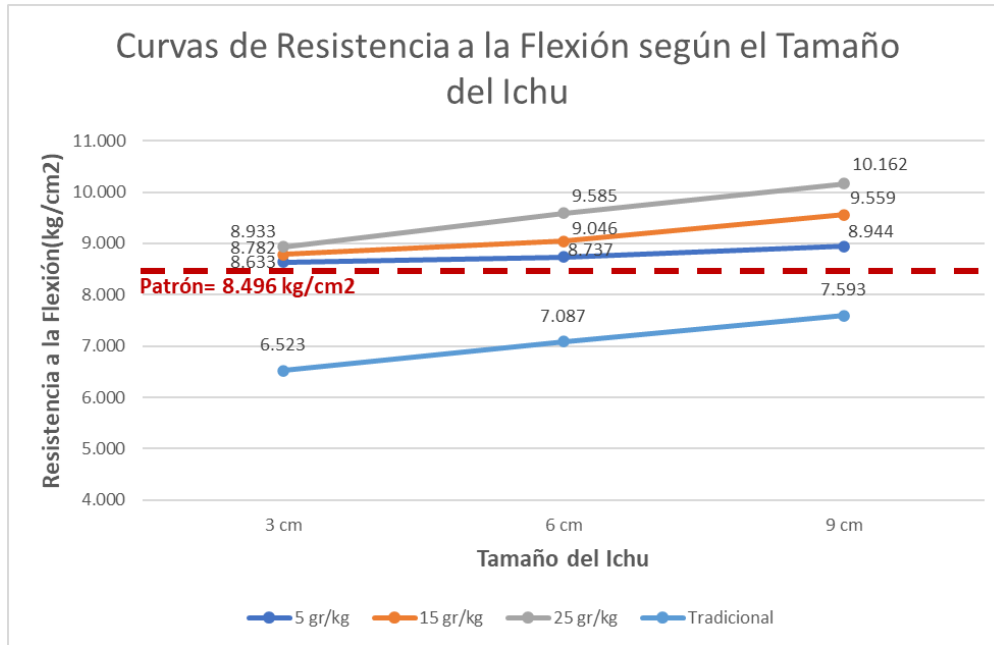


Figura N°80: Curvas de variación de Resistencia a la Flexión variando el tamaño de Ichu



En las figuras 79 y 80 podemos observar la comparación de la resistencia a la flexión de los adobes cuando se varía la cantidad y el tamaño del ichu adherido en la mezcla, tomando como patrón la mezcla estabilizada con cal al 20 % sin la adición de ichu.

En la figura 79 se observa que mientras vamos aumentando la cantidad de ichu del mismo tamaño, la resistencia a la flexión aumenta.

En la figura 80 se observa que si colocamos la misma cantidad de ichu pero vamos aumentando el tamaño, la resistencia a la flexión del mismo modo aumenta pero en menor medida.

En la figura 81 se observa con mayor claridad la variación de la resistencia a la flexión de los diferentes tipos de adobe realizados. En lo que podemos notar que la resistencia aumenta en todas las muestras con excepción de las muestras de adobe tradicional.

En la figura 82 notamos las variaciones en porcentajes de la resistencia a la compresión de todas las muestras, comparándolas con la resistencia alcanzada por la muestra patrón, considerando a esta como el 100%.

Se encontró que el adobe estabilizado con cal al 20% y adición de 5 gr de ichu de 3 cm por kg de tierra aumenta su resistencia a la flexión en 1.6% (8.633 *kg/cm2*), para el adobe con adición de 25 gr de ichu de 9 cm por kg de tierra en

19,6% (10.162 kg/cm^2) y para el tradicional con adición de ichu de 9cm la resistencia disminuye 23.2% (7.593 kg/cm^2) frente al adobe patrón (8.496 kg/cm^2). Siendo estas las variaciones más representativas de los valores encontrados de la resistencia a flexión.

Figura N°81: Gráfico de Barras de la variación de la Resistencia a la Flexión.

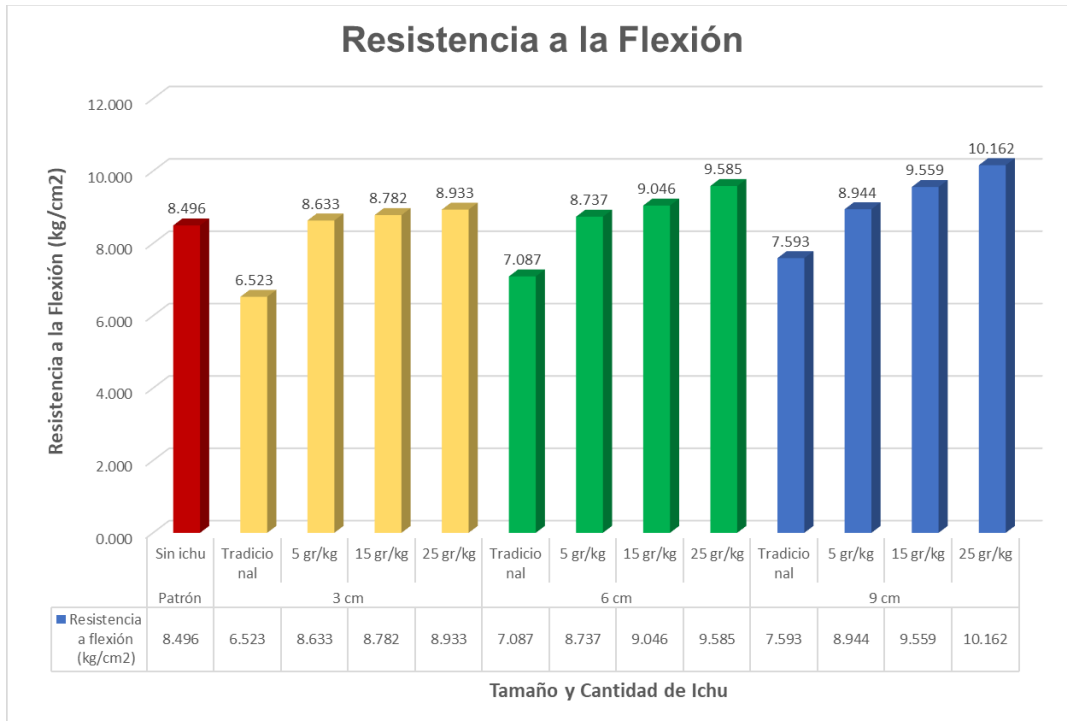
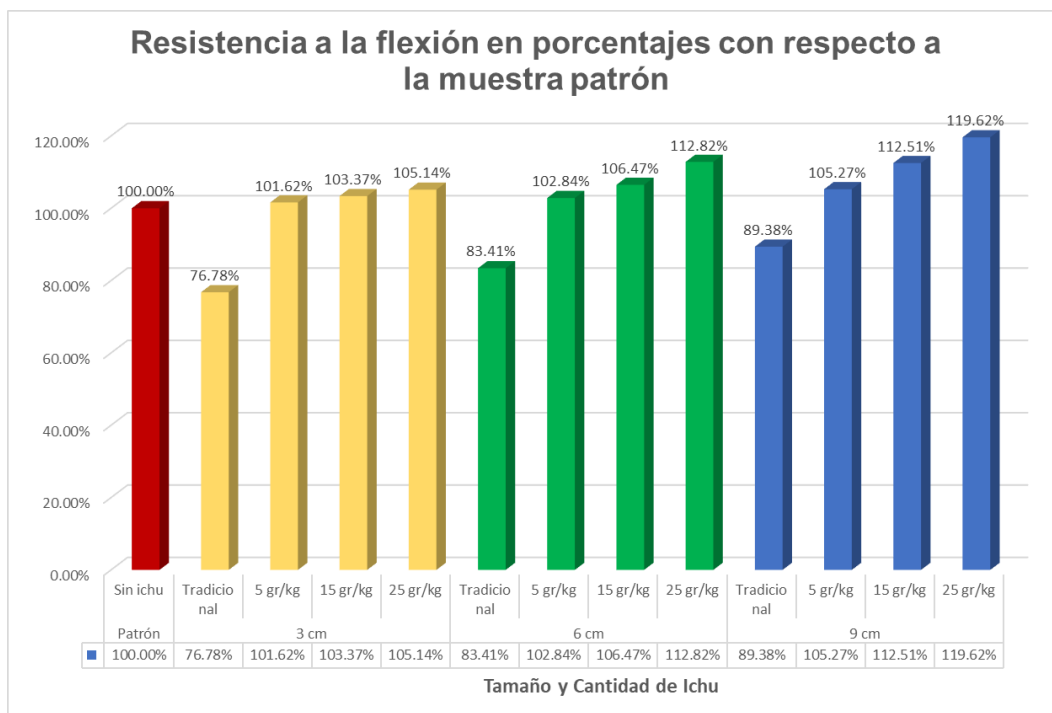


Figura N°82: Gráfico de Barras de la variación de la Resistencia a la Flexión en porcentajes.



- Tamaño de Ichu: Comparación de las medias de las resistencias a flexión encontradas para cada mezcla variando el tamaño de ichu.

a. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas I.1 (Trad. Con ichu de 3 cm), I.2 (Trad. con ichu de 6 cm.) y I.3 (Trad. con ichu de 9 cm.)

Tabla N°60: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
I.1	6.523	-1.973	76.78%	-23.22%
I.2	7.087	-1.409	83.41%	-16.59%
I.3	7.593	-0.903	89.38%	-10.62%

Figura N°83: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3

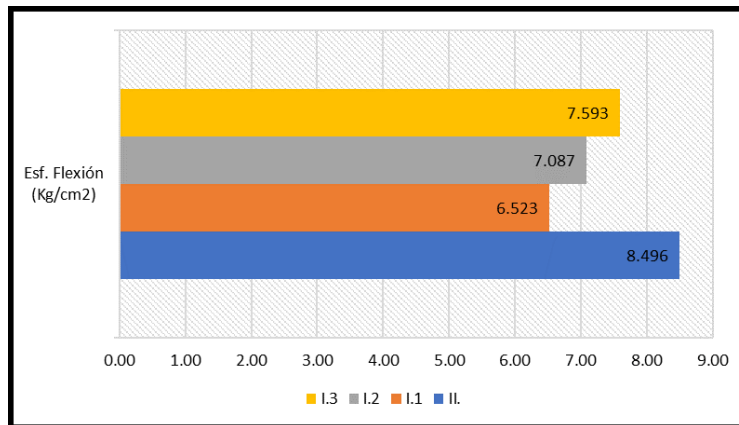
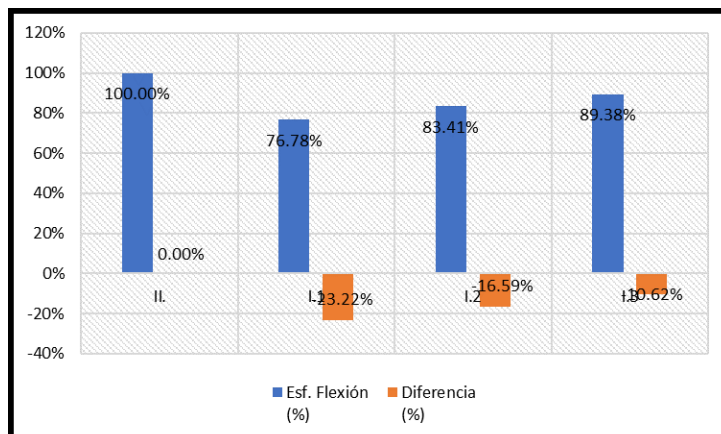


Figura N°84: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras de adobe Tradicional I.1, I.2 e I.3



- b. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 3cm), IV.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°61: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras III.1, IV.1 y V.1

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
III.1	8.633	0.137	101.62%	1.62%
IV.1	8.737	0.241	102.84%	2.84%
V.1	8.944	0.448	105.27%	5.27%

Figura N°85: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, IV.1 e V.1

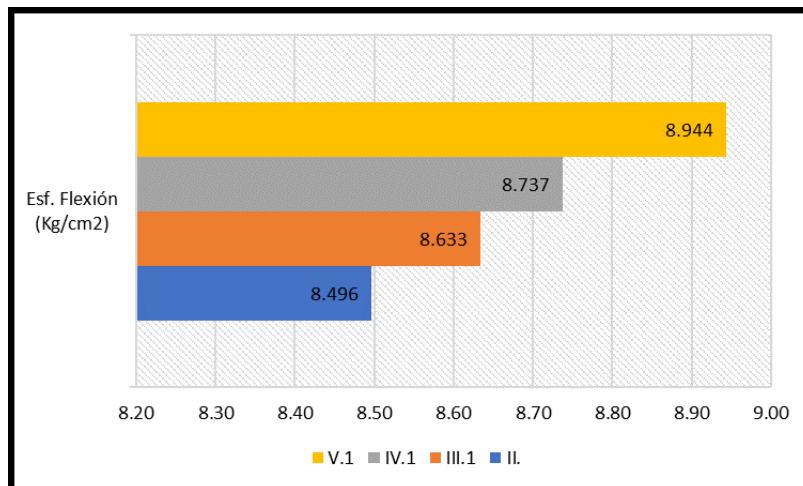
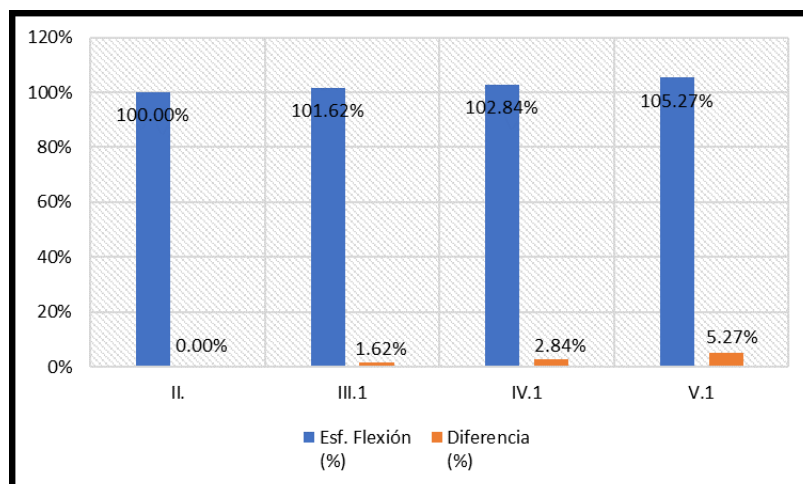


Figura N°86: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, IV.1 y V.1



- c. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 3cm), IV.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°62: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras III.2, IV.2 y V.2

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
III.2	8.782	0.286	103.37%	3.37%
IV.2	9.046	0.550	106.47%	6.47%
V.2	9.559	1.063	112.51%	12.51%

Figura N°87: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.2, IV.2 y V.2

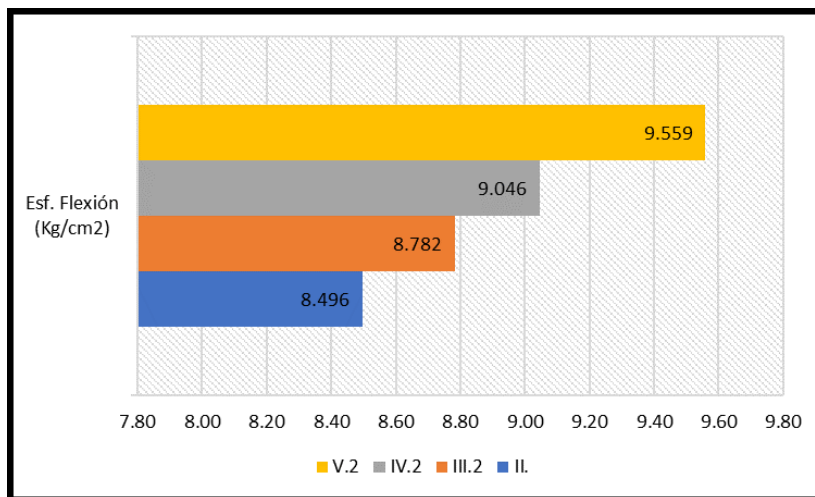
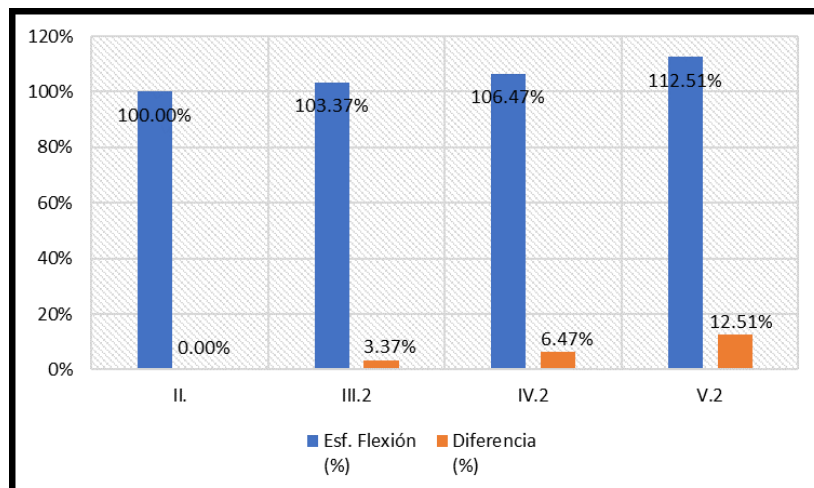


Figura N°88: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.2, IV.2 y V.2



- d. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 3cm), IV.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 6 cm) y V.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°63: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras III.3, IV.3 y V.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
III.3	8.933	0.437	105.14%	5.14%
IV.3	9.585	1.089	112.82%	12.82%
V.3	10.162	1.667	119.62%	19.62%

Figura N°89: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.3, IV.3 y V.3.

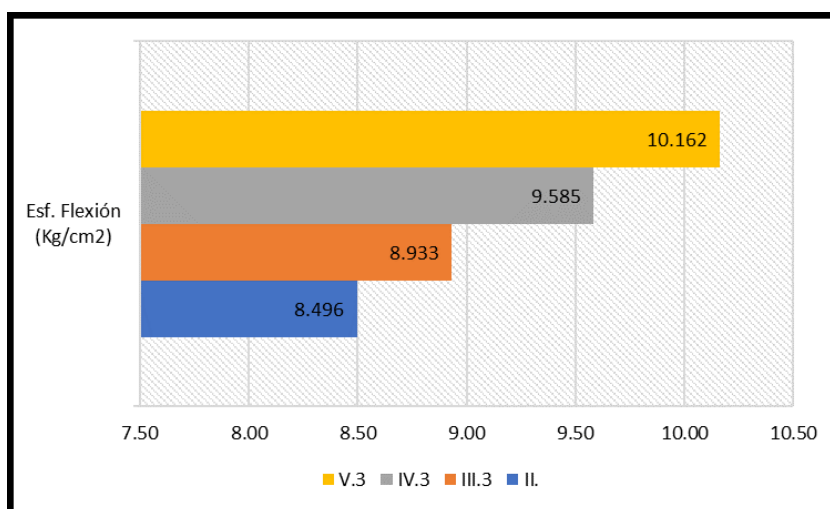
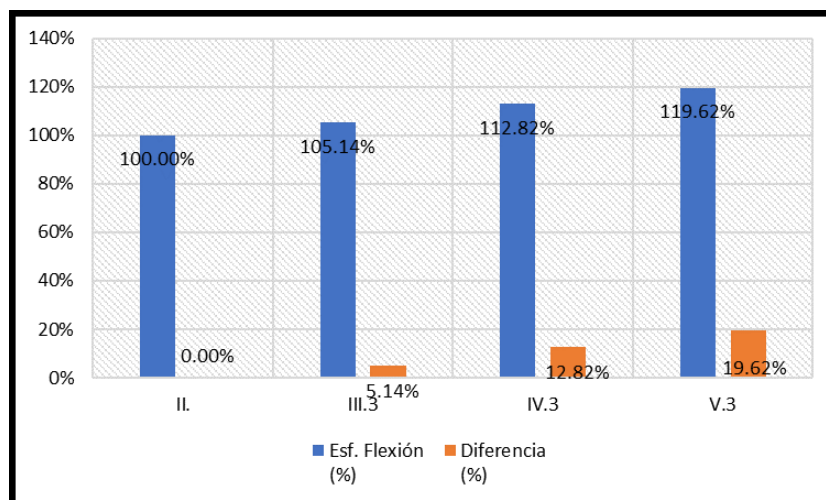


Figura N°90: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.3, IV.3 y V.3



Todos los gráficos mostrados nos demuestran que, si colocamos la misma cantidad de ichu, en este caso 5, 15 y 25 gr. por kg. de tierra, en un adobe estabilizado con cal al 20 %; pero vamos cambiando el tamaño del ichu; la resistencia a la flexión del adobe se verá afectado positivamente, acrecentándola progresivamente conforme se vaya aumentando el tamaño de esta fibra vegetal. Esto quiere decir que a mayor tamaño del ichu a utilizar mayor será la resistencia a la compresión que soportará nuestro adobe.

- Cantidad de Ichu: Comparación de las medias de las resistencias a compresión encontradas para cada mezcla variando la cantidad de ichu.
- a. **Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas III.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 3cm), III.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 3 cm) y III.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 3 cm)**

Tabla N°64: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II y las muestras III.1, III.2 y III.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
III.1	8.633	0.137	101.62%	1.62%
III.2	8.782	0.286	103.37%	3.37%
III.3	8.933	0.437	105.14%	5.14%

Figura N°91: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, III.2 y III.3

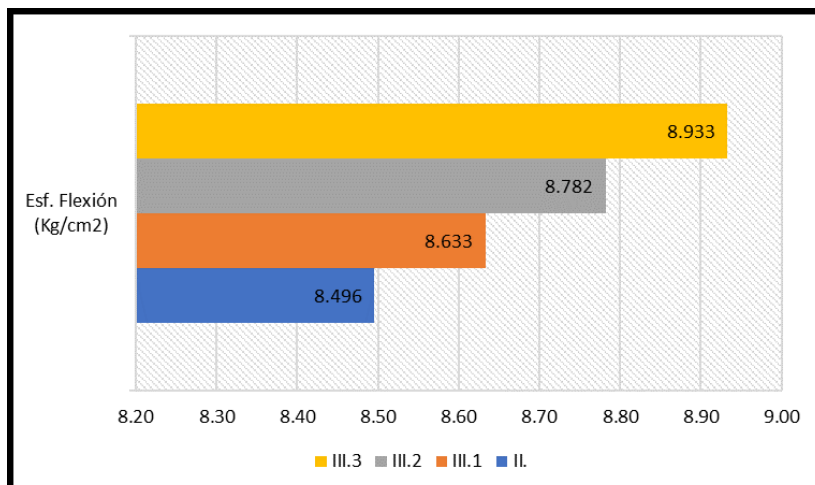
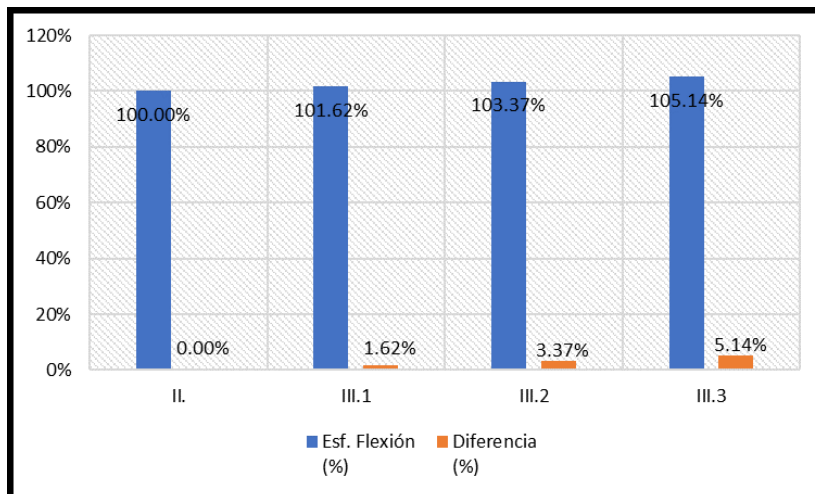


Figura N°92: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras III.1, III.2 y III.3



- b. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas IV.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 6 cm), IV.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 6 cm) y IV.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 6 cm)

Tabla N°65: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras III.2, IV.2 y V.2

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
IV.1	8.737	0.241	102.84%	2.84%
IV.2	9.046	0.550	106.47%	6.47%
IV.3	9.585	1.089	112.82%	12.82%

Figura N°93: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras IV1, IV2, IV3

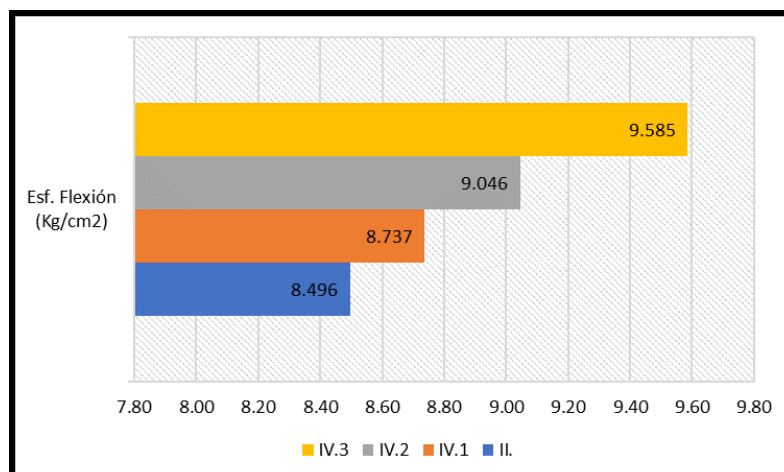
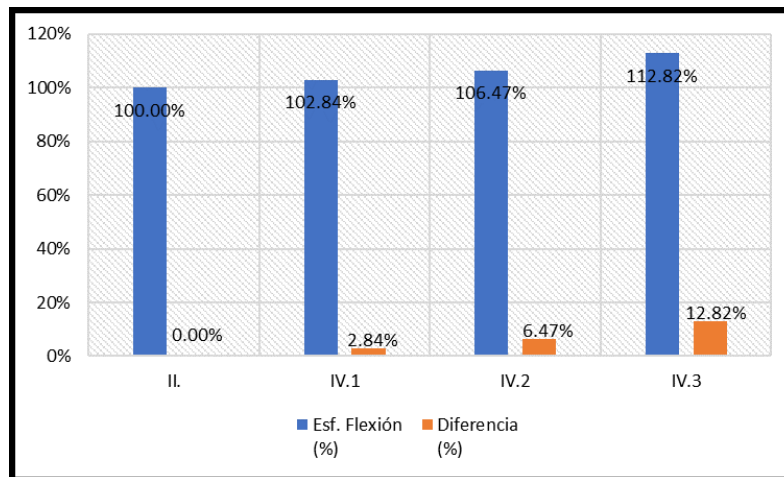


Figura N°94: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras IV1, IV2, IV3



c. Comparación de la resistencia a flexión entre la mezcla II (Adobe estabilizado con cal al 20%) vs las mezclas V.1 (cal + 5 gr/kg de ichu de 9cm), V.2 (cal + 15 gr/kg de ichu de 9 cm) y V.3 (cal + 25 gr/kg de ichu de 9 cm)

Tabla N°66: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II. y las muestras V.1, V.2 y V.3

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN				
Tipos de Mezcla	Esf. Flexión (Kg/cm2)	Diferencia (Kg/cm2)	Esf. Flexión (%)	Diferencia (%)
II.	8.496	0.000	100.00%	0.00%
V.1	8.944	0.448	105.27%	5.27%
V.2	9.559	1.063	112.51%	12.51%
V.3	10.162	1.667	119.62%	19.62%

Figura N°95: Comparación de las resistencias a flexión obtenidas entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras V.1, V.2 y V.3

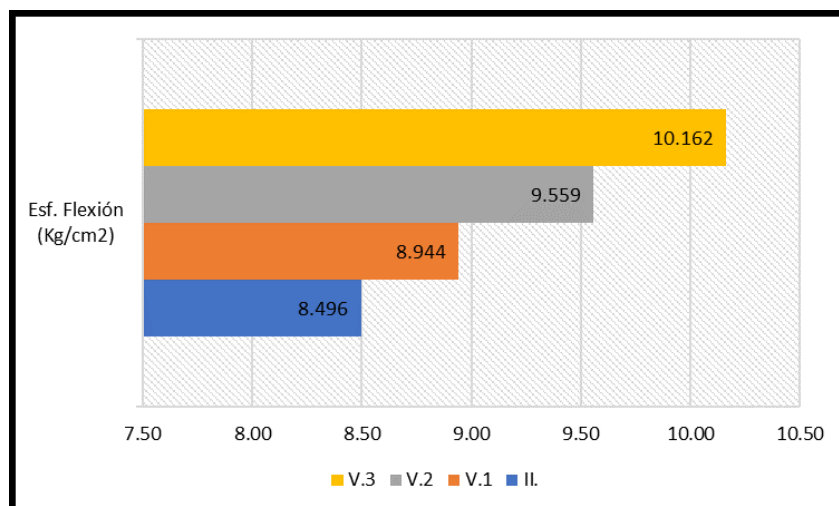
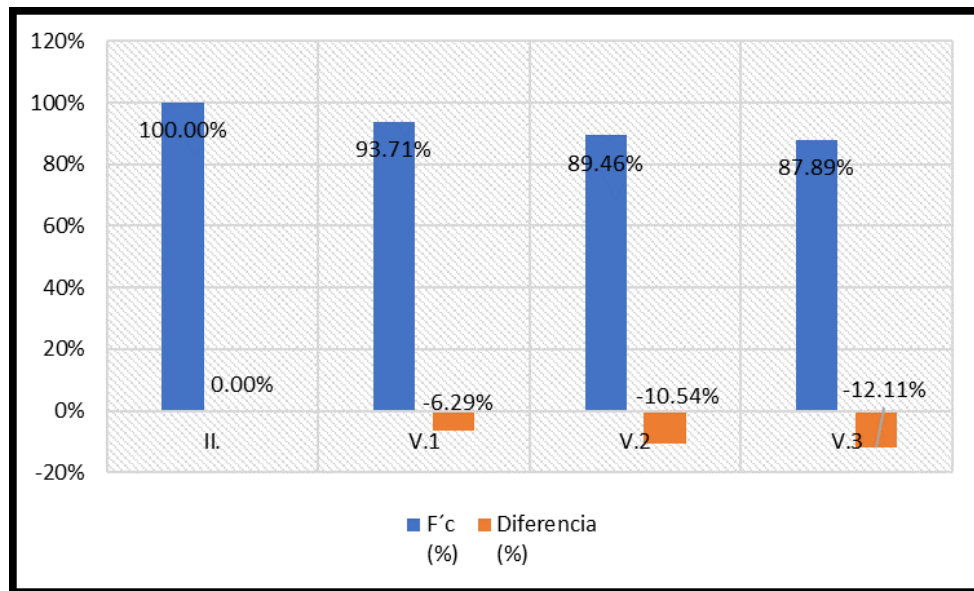


Figura N°96: Variación de la resistencia en porcentaje entre la muestra patrón II (Cal sin Ichu) y las muestras V.1, V.2 y V.3



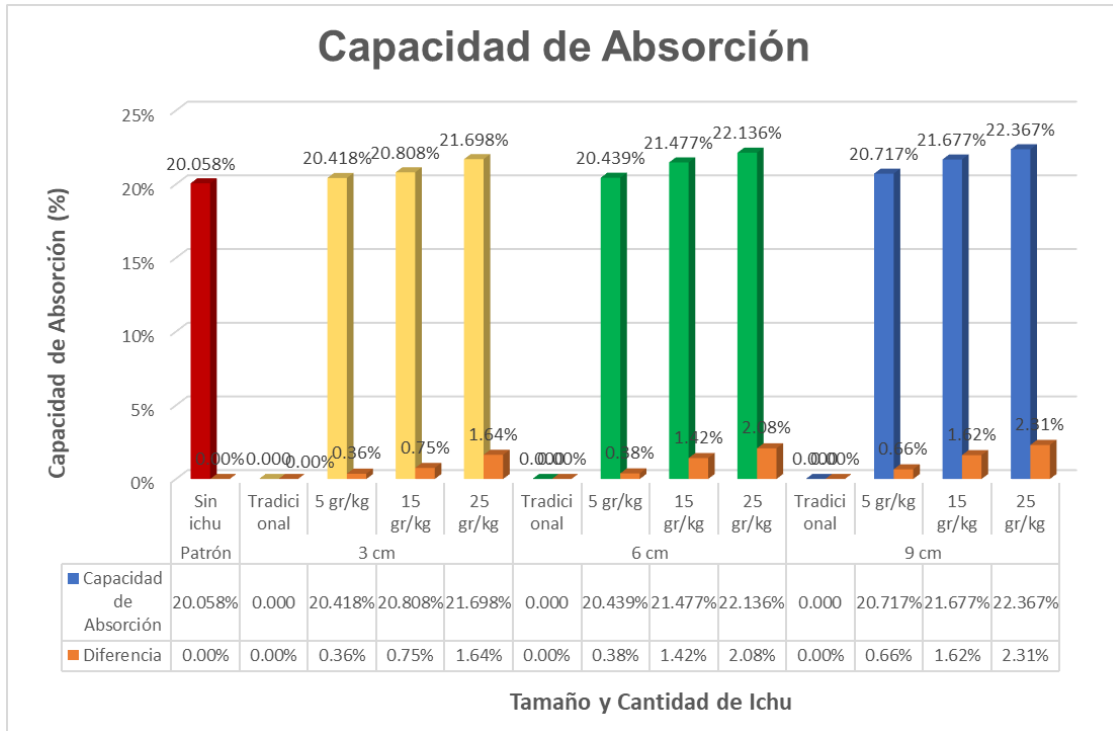
Todos los gráficos mostrados nos demuestran que, si colocamos ichu del mismo tamaño, en este caso de 3, 6 y 9 cm a un adobe estabilizado con cal al 20 %, pero vamos cambiando el tamaño del ichu; la resistencia a la compresión del adobe se verá afectado positivamente, acrecentándolo progresivamente conforme se vaya aumentando la cantidad de esta fibra vegetal. Esto quiere decir que a mayor cantidad de ichu utilizado en el adobe estabilizado, mayor será la resistencia a la compresión que soportará.

De acuerdo al análisis estadístico realizado (Ver apartado E en anexos)

- Para la resistencia a la flexión: Como $F_{Experimental} > F_{Teórico}$ entonces se acepta H_1 y se rechaza H_0 concluyendo que a medida que se incrementa la cantidad de ichu, según su tamaño, aumentara la resistencia a la flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

4.6.3. Análisis estadístico de Resultados de Ensayos Absorción.

Figura N°97: Gráfico de barras de la variación de la capacidad de absorción.



En la figura N°97 podemos ver que la capacidad de absorción va en aumento conforme se aumenta tanto el tamaño como la cantidad de ichu. Además, se observa, que el valor que corresponde a los adobes tradicionales es cero, debido a que no se pudo realizar el ensayo, ya que al saturarlos por 24 horas estos quedaron deteriorados en gran medida, lo que hizo imposible tomar su peso en estado saturado.

Se encontró que el adobe estabilizado con cal al 20% y adición de 5 gr de ichu de 3 cm por kg de tierra aumenta su capacidad de absorción en 0.36% (20.418%), para el adobe con adición de 25 gr de ichu de 9 cm por kg de tierra en 2.31% (22.367%) frente al adobe patrón (20.058%). Siendo estas las variaciones más representativas de los valores encontrados de la capacidad de absorción.

El aumento de absorción según el aumento del tamaño y la cantidad de ichu se detallan en la tabla N°67.

Tabla N°67: Aumento de la capacidad de absorción según el tamaño y cantidad de ichu

3 cm				6 cm				9 cm			
Trad.	5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg	Trad.	5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg	Trad.	5 gr/kg	15 gr/kg	25 gr/kg
-	0.36%	0.75%	1.64%	-	0.38%	1.42%	2.08%	-	0.66%	1.62%	2.31%

Figura N°98: Curvas de variación de la capacidad de absorción variando la cantidad de Ichu.

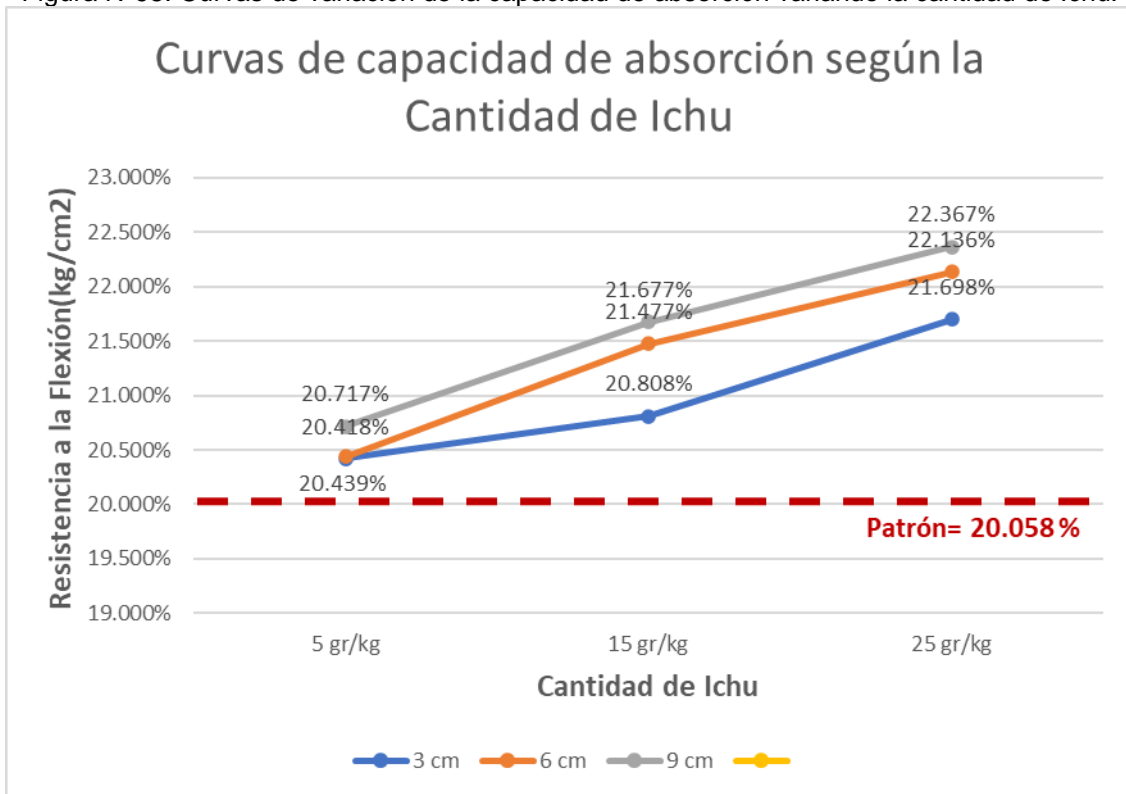
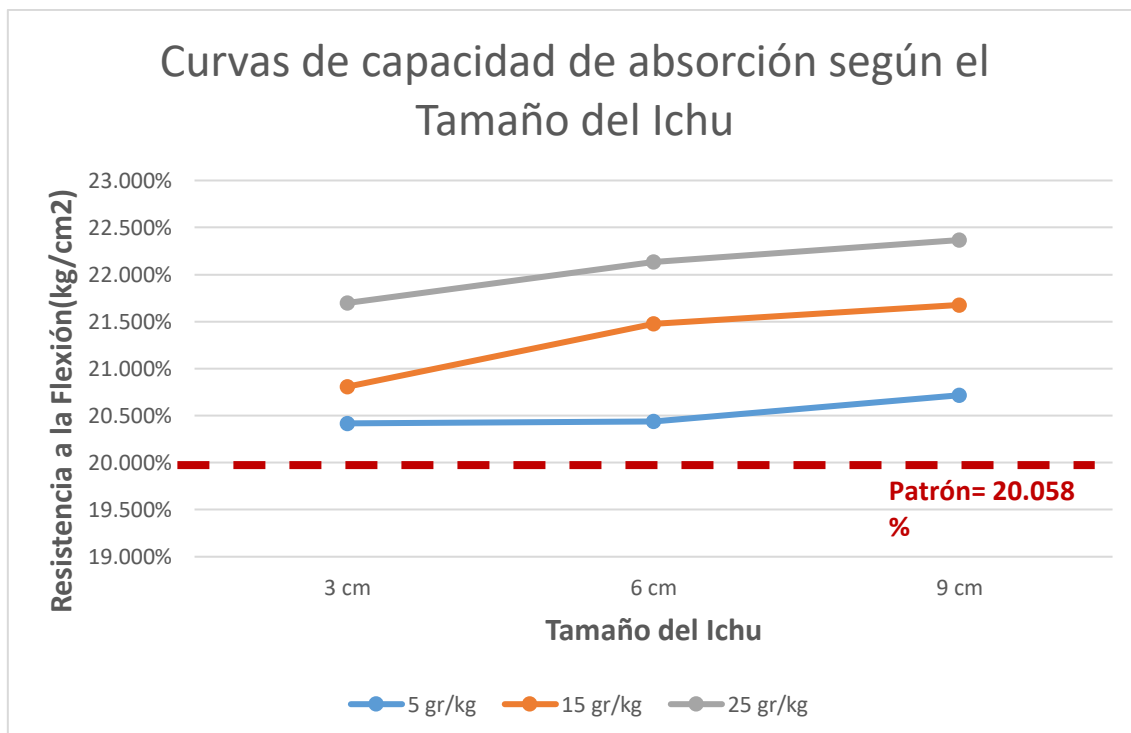


Figura N°99: Curvas de variación de la capacidad de absorción variando el tamaño de Ichu.



En las figuras 98 y 99 observamos con mayor claridad la variación de la capacidad de absorción de los diferentes tipos de adobes elaborados y nos damos cuenta que a mayor tamaño del ichu (3 cm) y con mayor cantidad de ichu por kg de barro (5gr/kg) se obtiene una mayor capacidad de absorción.

4.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La resistencia a la compresión disminuye siguiendo la tendencia de que al adicionar ichu de 3, 6 y 9 cm, esta va disminuyendo conforme aumente la cantidad del mismo y al adicionar 5, 15 y 25 gr de ichu, la resistencia va disminuyendo conforme el tamaño de este aumente.
- Cada tipo de mezcla cumple con la resistencia a compresión mínima dada por la norma E080 ($F'c=12\text{kg/cm}^2$).
- La resistencia a la flexión aumenta siguiendo la tendencia de que al adicionar ichu de 3, 6 y 9 cm, esta va aumentando conforme aumente la cantidad del mismo y al adicionar 5, 15 y 25 gr ichu, la resistencia va aumentando conforme el tamaño de este aumente.
- Gracias al método estadístico ANOVA se comprobó y aceptó la hipótesis: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumenta la resistencia a la flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.
- En el caso de la resistencia a la compresión se rechaza la hipótesis: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumenta la resistencia a la compresión en adobes estabilizados con cal al 20%.
- El modo de falla de los adobes tradicionales fue dúctil, mientras que los adobes estabilizados con cal al 20% más ichu presentaron un modo de falla frágil.
- La capacidad de absorción aumenta siguiendo la tendencia de que al adicionar ichu de 3, 6 y 9 cm, esta va aumentando conforme aumente la cantidad del mismo y al adicionar 5, 15 y 25 gr ichu, la resistencia va aumentando conforme el tamaño de este aumente.

4.8. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

- Cáceres(2016), obtiene una resistencia a compresión y flexión de 18.572 kg/cm^2 y 9.792 kg/cm^2 respectivamente, para adobes estabilizados con cal al 20% y compactados; lo que representa un 13.08% de mayor resistencia a la compresión con respecto a la muestra de adobe sin compactar y estabilizado con 20% de cal más 5 gr. de ichu de 3 cm por kg de tierra(16.424 kg/cm^2); y 3.64% de menor resistencia a la flexión en comparación con la muestra de adobe sin compactar y estabilizado con 20% de cal más 25 gr. de ichu de 9 cm por kg de tierra(10.162 kg/cm^2), siendo estas las muestras más resistentes a la compresión y flexión respectivamente, de la presente investigación.
- Contrastando a los resultados obtenidas por Malkanthi (2019) podemos comprobar que el adobe estabilizados con 10% de cal, pero empleando suelo con tan solo 15% de limo y arcilla, que logró una resistencia a la compresión de 1.7 N/mm^2 (17.34 kg/cm^2), resiste 1.99% más que nuestra muestra fabricada de tierra con contenido de 31.95 % de finos y estabilizado con cal al 20% que llega a una resistencia a la compresión de 17.002 kg/cm^2 , pero a su vez esta muestra resiste 16.03% más que la muestra realizada de suelo con 15% de finos y estabilizada con 10% de cal, la cual llega a 14.276 kg/cm^2 . Lo que nos indica que, en suelos con pocos finos, al adherir una cantidad mayor al 10% de cal hace que disminuya la resistencia a la compresión, pero en suelos con mayor cantidad de finos esto se revierte aumentando la resistencia conforme se aumenta el porcentaje de cal.

Además, se demostró que al combinar ichu con cal la resistencia a la compresión disminuye, resistiendo 16.424 kg/cm^2 en el caso más favorable, siendo este el adobe estabilizado con 20% de cal más 5 gr. de ichu de 3cm; caso contrario ocurre cuando se combina el cemento con cal que llega a una resistencia máxima de 5.5 N/mm^2 (56.08 kg/cm^2) en adobes con 15% de limo y arcilla, con la adición de 5% de cal más 5% de cemento, según MALKANTHI (2019)

- Martínez(2019), utilizando una combinación de 60 % de tierra arcillosa más 40% de arena gruesa e ichu de 5cm, obtiene una resistencia a compresión de 18.85 kg/cm^2 para adobes con 0.25 % de ichu con respecto al peso de sólidos(2.4 gr/kr de tierra) y 16.96 kg/cm^2 para adobes con 1.0 % de ichu con respecto al peso de sólidos(10 gr/kr de tierra), lo que nos indica que estas muestras resisten 14.77% y 3.26% más, respectivamente; en comparación a la muestra más resistente de esta investigación, siendo este el adobe estabilizado con 20% de cal más 5 gr. de ichu de 3 cm por kg de tierra(16.424 kg/cm^2), esta diferencia de resistencias puede ser debido a que ambas investigaciones se realizaron con tierra de distinta procedencia y de diferente granulometría.

Además Martínez obtiene una resistencia a la flexión de 6.48 kg/cm^2 y 7.26 kg/cm^2 para adobes con 0.25 % de ichu con respecto al peso de sólidos(2.4 gr/kr de tierra) y 1.0 % de ichu con respecto al peso de sólidos(10 gr/kr de tierra) respectivamente, lo que indica una disminución de 60.54% y 55.79% en comparación con el adobe estabilizado con 20% de cal más 25 gr. de ichu de 9 cm por kg de tierra(10.162 kg/cm^2), siendo esta la muestra más resistente a la flexión de la presente investigación; del mismo modo que la resistencia a la compresión esta variación puede ser debido a la diferencia de la tierra utilizada.

A pesar de las variaciones de resultados encontrados por Martínez y la presente investigación, ambos trabajos muestran la misma tendencia de disminución de resistencia a la compresión y aumento de la resistencia a la flexión conforme se aumenta la cantidad de ichu.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La adición de ichu al adobe tradicional o al estabilizado con cal al 20% hace que disminuya la resistencia a la compresión conforme aumenta el tamaño y la cantidad de fibra.
- La adición de ichu al adobe tradicional o al estabilizado con cal al 20% hace que aumente la resistencia a la flexión conforme aumenta el tamaño y la cantidad de fibra.
- La adición de ichu al adobe estabilizado con cal al 20% hace que aumente la capacidad de absorción conforme aumenta el tamaño y la cantidad de fibra.

5.2. RECOMENDACIONES

- Analizar química y biológicamente las fibras para determinar su degradación en el tiempo y de esta manera establecer su influencia en el bloque de Adobe.
- Analizar la interacción química que puede tener la fibra vegetal ichu con la cal para observar algún efecto secundario con el tiempo.
- Evaluar el ahorro energético que se puede lograr al reciclar la fibra al no optar por la quema discriminada.
- Realizar un análisis de costos para la producción de adobes estabilizados con cal y con la adición de ichu para ver si es ventajoso en función al costo beneficio.
- Seguir con este tipo de investigaciones realizando ensayos de pilas y muretes según lo indica la norma E-080 con unidades de adobe estabilizado con cal al 20% más ichu en diferentes tamaños y cantidades.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braja M., D. (1999). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México, D.F.: International Thomson Learning, Inc.
- Caballero Anaya, Z., & Martínez Barajas, G. (2009). *Influencia de las propiedades físicas del material tierra para la elaboración de bloques de tierra comprimidos*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Cáceres Vásquez, K. (2016). *Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en cajamarca*. Cajamarca.
- Calatan, G., Hegyi, A., Dico, C., & Mircea, C. (2016). Determining the Optimum Addition of Vegetable Materials in Adobe Bricks. *Procedia Technology*, 259-265.
- Carcedo Fernández, M. (2012). *Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Cardona, O. D. (2004). *Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada*. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Ferri Cortes, J. (2002). *Apuntes de construcción II*. San Vicente (Alicante): Club Universitario.
- Font Quer, P. (1982). *Diccionario de botánica*. Barcelona: Labor, S. A.
- Gonzalo Vélez, J. (2010). *Arquitectura con barro. Apuntes de arquitectura*, Venezuela.
- Igarashi Hasegawa, L. (2009). *Reforzamiento estructural de muros de adobe*. Lima: UNI.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2001). *Mecánica de suelos - Tomo 1*. México: Limusa.
- Malkanthi, S., Balthazaara, N., & Perera, A. (2019). Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt. *Case Studies in Construction Materials*.
- Martínez Medina, M. (2019). *Influencia del tipo y porcentaje de fibras naturales sobre la compresión y flexión en adobes para construcciones de la libertad*. Tujillo.

- Minke, G. (2005). *La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Alemania: Fin de siglo.
- Moromi Nakata, I. (2012). *Evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en cayalti. programa cobe -1976*. Lima.
- Neves, C., & Borges Faria, O. (2011). *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Faculdade de Engenharia de Bauru. (Unesp).
- Norma ASTM C 33. (2002). *Especificación Estándar para los agregados de hormigón*.
- Norma ASTM C 67. (Agosto de 2003). *Métodos de prueba estándar para tomar muestras y probar ladrillos y losetas de arcilla estructural*.
- Norma ASTM D2216. (1998). *Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y roca por masa*.
- Norma ASTM D422. (2002). *Método de análisis del tamaño de las partículas de suelo*.
- Norma ASTM D4318. (1984). *Plasticidad de los suelos y clasificación (límite plástico y límite líquido) según el contenido de humedad*.
- Norma ASTM D854. (2003). *Método de prueba estándar para la gravedad específica de suelos mediante el picnómetro de agua*.
- Norma E080. (10 de Junio de 2006). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Norma E080. (7 de Abril de 2017). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- NTP 339.127 . (1998). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*.
- NTP 339.128. (15 de Diciembre de 1999). *Suelos: Método de ensayo para el análisis granulométrico*.
- NTP 339.129. (1999). *Método de ensayo para determinar límite líquido y límite plástico*. Lima, Lima , Perú.
- NTP 339.134. (14 de Mayo de 1999). *Método para la clasificación de suelos con propósito de ingeniería. (sistema unificado de clasificación de suelos-sucs)*. Lima, Lima, Perú.
- NTP 400.022. (26 de Diciembre de 2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción de agregado fino*. Lima, Lima, Perú.

- Oshiro Higa, F. (s.f.). *Construcción de viviendas económicas en adobe estabilizado*. Lima: Predes.
- Ríos Pérez, E. (2010). *Efecto de la adición de latex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado*. Santa Cruz Xoxocotlán; Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional.
- Saavedra Vera, J. V. (2013). *La cal*. Chimbote: Universidad Nacional de Santa.
- Torres Cabrejos, R., Morales Morales, R., Rengifo, L., & Irala Candiotti, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Lima.
- Yuste, B. (2012). *Arquitectura de tierra*. Cataluña: Universidad Politécnica De Cataluña.

ANEXOS

A. Ensayos de Campo del Suelo.

- **Ensayo de olor:** El suelo de la cantera elegida es inoloro por lo que se deduce que no contiene humus o materia orgánica en descomposición que pueda afectar el resultado final de nuestra investigación.
- **Ensayo de lavado:** Al momento de frotar un poco de mezcla de este suelo con agua la muestra resultó pegajosa, haciendo necesario el uso de agua para lavarlas esto indica que el barro es arcilloso.
- **Ensayo del corte:** Al realizar este ensayo y cortar la bola de barro hecha observamos que la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla.
- **Ensayo de sedimentación:** Con este ensayo se observó un que el suelo tenía un gran contenido de arena y arcilla y componentes orgánicos mínimos.
- **Ensayo de caída de la bola:** La bola ensayada resultó levemente aplanada y muestra pocas fisuras, entonces el suelo tiene una alta capacidad aglutinante, que proviene de un contenido de arcilla elevado.
- **Ensayo de consistencia:** Con este ensayo pudimos observar que el suelo a utilizar contenía un alto porcentaje de arcilla.
- **Prueba de plasticidad (Prueba del rollo):** Con este ensayo deducimos que tenemos un suelo arcillo-arenoso ya que el rollo hecho se rompe al alcanzar los 12.7 cm.

- **Prueba de resistencia (Prueba del disco):** Con este ensayo corroboramos que el suelo tiene una alta resistencia ya que al aplastar el disco realizado se rompo con dificultad.

B. Ensayos de laboratorio – Propiedades Físicas del Suelo.

- **Contenido de humedad.**

Tabla N°68: Contenido de Humedad del Suelo

ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS			
CONTENIDO DE HUMEDAD (Norma ASTM D 2216)			
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay			
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca			
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)			
DATOS	TARAS		
	T1	T2	T3
W_T (gr.)	28.00	27.50	27.80
W_{h+T} (gr.)	156.40	162.40	155.90
W_{s+T} (gr.)	151.70	157.40	151.10
W_h (gr.)	128.40	134.90	128.10
W_s (gr.)	123.70	129.90	123.30
W_w (gr.)	4.70	5.00	4.80
W (%)	3.80%	3.85%	3.89%
W prom (%)	3.85%		

- **Peso Específico.**

Tabla N°69: Peso Específico del Suelo

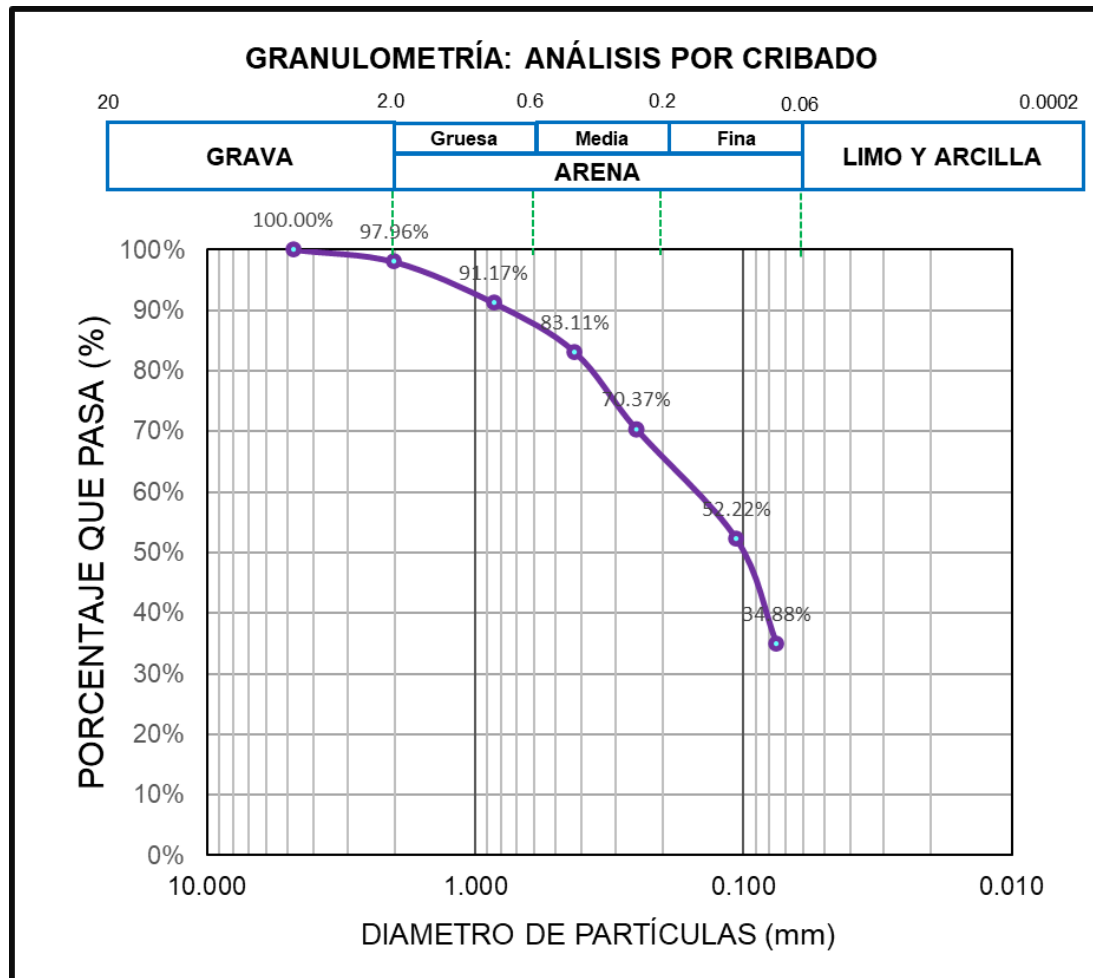
ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS		
PESO ESPECÍFICO (Normas AASHTO T100 – ASTM D854)		
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca		
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)		
DATOS	MUESTRA	
	M1	M2
W_s (gr.)	121.00	115.00
W_{fw} (gr.)	643.00	643.00
W_{fws} (gr.)	718.40	714.30
Y_s (gr/cm ³)	2.65	2.63
Y_s prom.(gr/cm ³)	2.64	

- **Granulometría por Cribado**

Tabla N°70: Granulometría del suelo – Análisis por Cribado

ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS					
GRANULOMETRÍA: ANÁLISIS POR CRIBADO (TAMIZADO POR LAVADO) (Norma NTP 339.128, ASTM D 421)					
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay					
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca					
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)					
Ws :	245.70 gr				
TAMIZ	ABERTURA(mm)	P.R.P	% R.P	% R.A	% PASA
N° 4	4.750	0	0.00%	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	5	2.04%	2.04%	97.96%
N° 20	0.850	16.7	6.80%	8.83%	91.17%
N° 40	0.425	19.8	8.06%	16.89%	83.11%
N° 60	0.250	31.3	12.74%	29.63%	70.37%
N° 140	0.106	44.6	18.15%	47.78%	52.22%
N° 200	0.075	42.6	17.34%	65.12%	34.88%
PERDIDA POR LAVADO		85.7	34.88%	100.00%	0.00%

Figura N°100: Curva de Granulometría del suelo – Análisis por Cribado



- Granulometría: Prueba del Hidrómetro**

Tabla N°71: Procedimiento para hallar datos necesarios para el Ensayo de Granulometría – Prueba del Hidrómetro

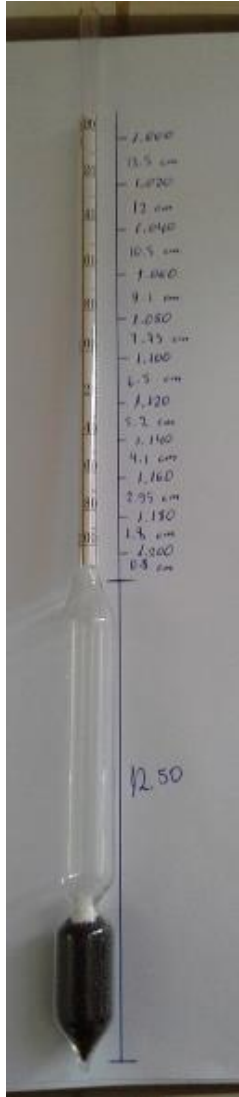
ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS			
GRANULOMETRÍA: PRUEBA DEL HIDRÓMETRO (ASTM D421, AASHTO T88, MTC 109-1999)			
Calibración del Densímetro			
- Determinamos el área de la probeta de 1000 ml (Ap)			
$(Ap = Vp / L)$			
Volumen entre 2 graduaciones (Vp) (cm3)	11.310		
Distancia entre 2 graduaciones (L) (cm)	0.4		
Área probeta de 1000 ml (cm2)	28.274		
- Determinamos el volumen del bulbo del densímetro (Vb)			
$(Vb = Vf - Vi)$			
Volumen determinado de agua en probeta (Vi) (cm3)	850.0		
Volumen nuevo con densímetro sumergido (Vf) (cm3)	870.0		
Volumen del bulbo del densímetro (Vb) (cm3)	20.0		
- Medimos la longitud del bulbo del densímetro (h)			
Longitud del bulbo del densímetro (h) (cm)	12.5		
- Medimos la distancia entre el extremo del bulbo y las distintas graduaciones (H1) y calculamos las alturas del peso específico relativo de la suspensión (Hg)			
$Hg = H1 + \frac{1}{2} * (h - \frac{Vb}{Ap})$			
Graduaciones	H1	Hg	
1.000	13.50	19.4	
1.010	12.00	17.9	
1.020	10.50	16.4	
1.030	9.10	15.0	
1.040	7.75	13.6	
1.050	6.50	12.4	
1.060	5.20	11.1	
1.070	4.10	10.0	
1.080	2.95	8.8	
1.090	1.80	7.7	
1.100	0.80	6.7	
			
Corrección de las lecturas del densímetro en uso por menisco (Cm) y uso de defloculante (Cd)			
Usamos las siguientes fórmulas:			
$Cm = (Lect. sup. - Lect. inf.) * 1000$	$Cd = (C'd - 1.0) * 1000$		
Lect. Sup.	1.001	C'd	1.002
Lect. Inf.	1.000	Cd	2.00
Cm	1.00		

Tabla N°72: Ejecución del Ensayo de Granulometría – Prueba del Hidrómetro

Ejecución del Ensayo

Utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$R = (\gamma - 1) * 1000$$

$$\% = \frac{100 * \gamma_s}{W_s * (\gamma_s - 1)} * (R + C_t - C_d - C_m)$$

Donde:

R = Lectura del densímetro

γ = Densidad

γ_s = Peso específico de la muestra

C_t = Coeficiente por corrección de temperatura

% = Porcentaje correspondiente a cada diámetro de las partículas

DATOS	
Ws	59.6
Cd	2.00
Cm	1.00
Ys	2.64

GRANULOMETRÍA: PRUEBA DEL HIDRÓMETRO (ASTM D421, AASHTO T88, MTC 109-1999)

Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay

Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca

Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)

Tiempo (t)	Densidad (Y)	Temp. (C°)	Ct	R	Diámetro	%
15"	1.029	19°	-0.19	29	0.11000	69.67%
30"	1.027	19°	-0.19	27	0.07500	64.27%
01´	1.025	19°	-0.19	25	0.05600	58.87%
02´	1.021	19°	-0.19	21	0.03900	48.08%
04´	1.017	19°	-0.19	17	0.02900	37.28%
8´	1.015	19°	-0.19	15	0.02100	31.88%
15´	1.013	19°	-0.19	13	0.01200	26.48%
30´	1.011	19°	-0.19	11	0.01100	21.08%
01h	1.010	19°	-0.19	10	0.00750	18.38%
02h	1.009	19°	-0.19	9	0.00550	15.68%
04h	1.008	20°	0.00	8	0.00400	13.50%
08h	1.008	19°	-0.19	8	0.00270	12.98%
16h	1.008	19°	-0.19	8	0.00190	12.98%
24h	1.007	18°	-0.39	7	0.00162	9.74%
48h	1.007	20°	0.00	7	0.00111	10.80%
72h	1.007	19°	-0.19	7	0.00090	10.28%

Figura N°101: Curva de Granulometría del suelo – Prueba del Hidrómetro

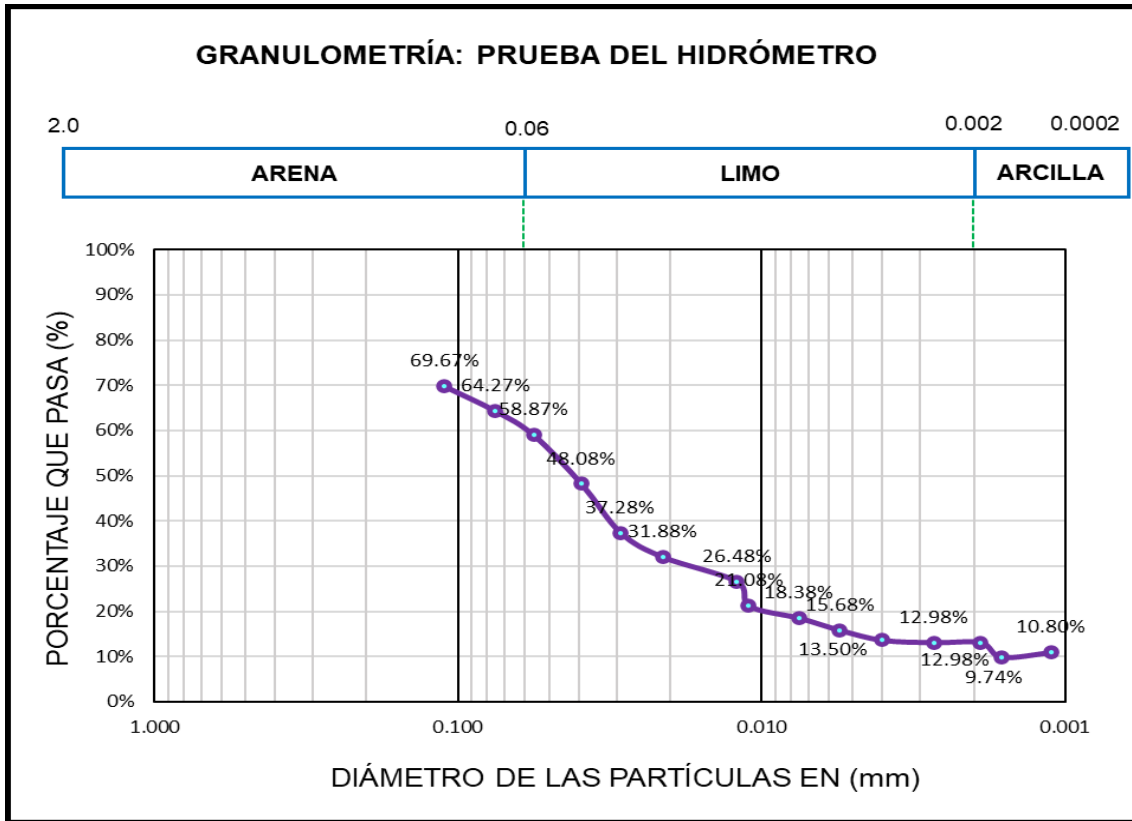
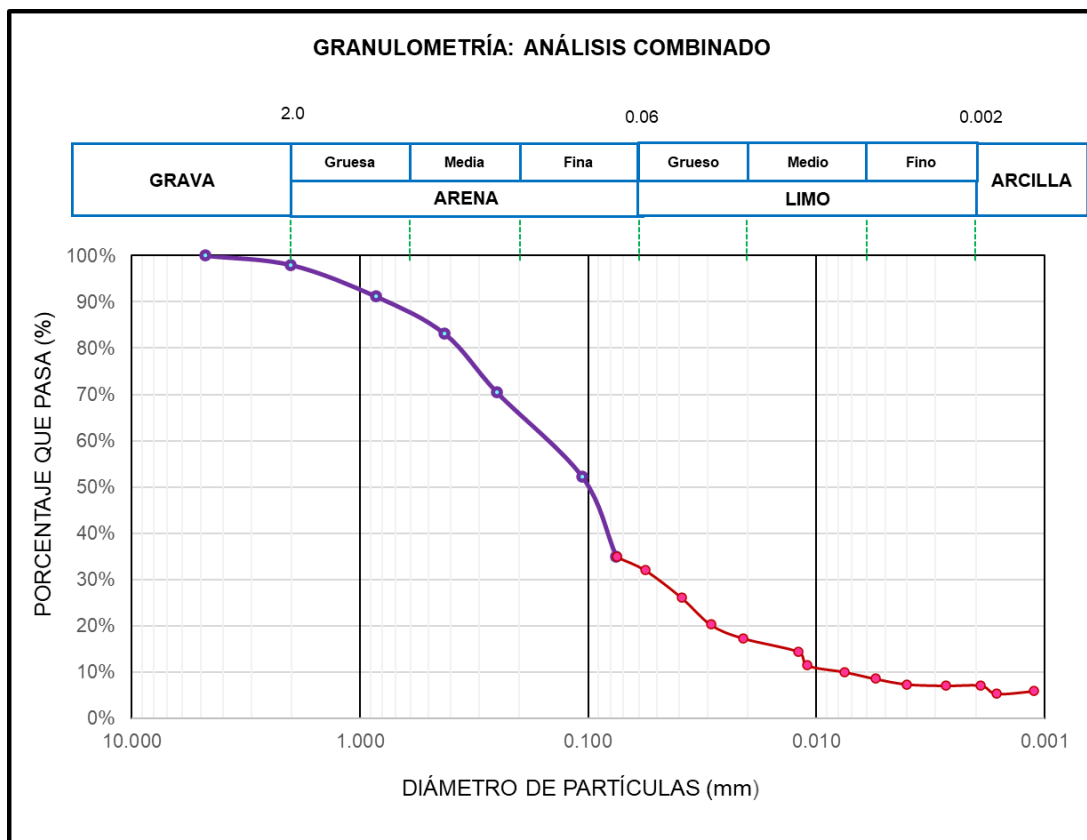


Figura N°102: Curva de Granulometría del suelo combinando el ensayo por cribado e hidrómetro

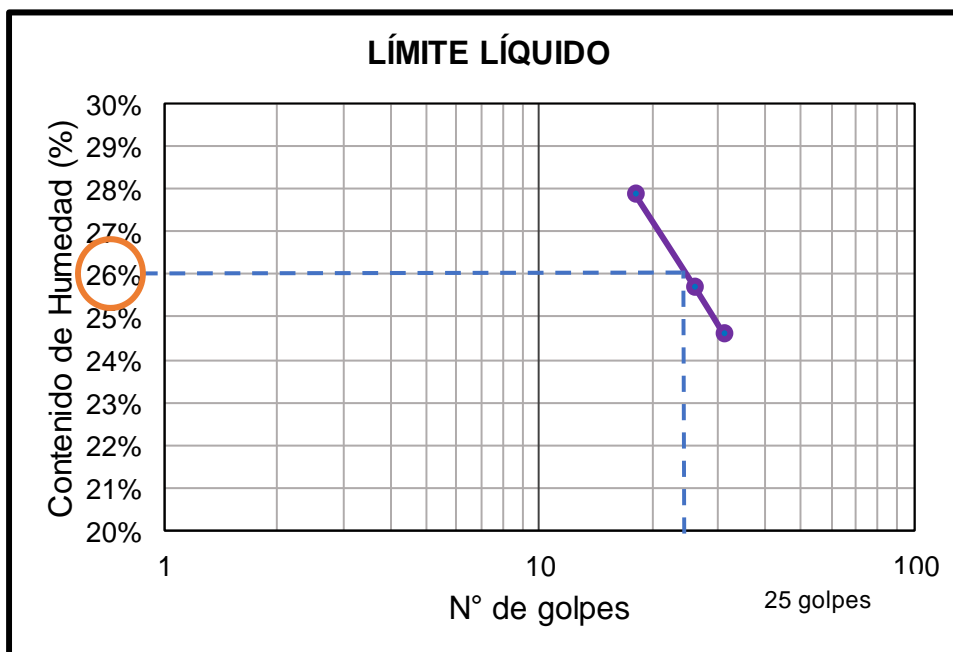


- **Límite Líquido**

Tabla N°73: Ejecución del Ensayo de Granulometría – Prueba del Hidrómetro

ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS			
LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318, AASHTO T89, MTC E110-1999, NTP 339-130)			
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay			
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca			
Tipo de sue Arena arcillosa (SC)			
DATOS	MUESTRAS		
	M1	M2	M3
Wt (gr)	28.3	28.8	27.2
Wmh+t (gr)	44	46.9	42.8
Wms+t (gr)	40.9	43.2	39.4
Wh (gr)	15.7	18.1	15.6
Ws (gr)	12.6	14.4	12.2
Ww (gr)	3.1	3.7	3.4
W (%)	24.60%	25.69%	27.87%
N° de golpes	31	26	18

Con los datos hallados entramos al gráfico obtenido y buscamos en la grafica la ordenada correspondiente a 25 golpes.



Entonces:

Límite Líquido(LL)	26%
--------------------	-----

- **Límite Plástico**

Tabla N°74: Límite Plástico

ENSAYO MECÁNICA DE SUELOS		
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318, AASHTO T90, MTC E111-1999)		
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca		
Tipo de suelo:		
DATOS	TARAS	
	T1	T2
Wt (gr)	39	38.9
Wmh+t (gr)	45.4	45.3
Wms+t (gr)	44.7	44.6
Wh (gr)	6.4	6.4
Ws (gr)	5.7	5.7
Ww (gr)	0.7	0.7
W (%)	12.28%	12.28%
LÍMITE PLÁSTICO(LP)		12.28%

- **Clasificación del suelo (S.U.C.S)**

Tabla N°75: Clasificación del suelo (S.U.C.S)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO (S.U.C.S)	
Tesista: Carlos Fernando Hoyos Sangay	
Procedencia del suelo: Cantera Cruz Blanca	
Tipo de suelo: Arena arcillosa (SC)	
% QUE PASA MALLA N°200	34.88%
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	26.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)	13.72%

- En base en el Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) tenemos que:

Menos del 50% pasa por la malla N° 200 entonces es un suelo de grano grueso de tipo grava y arenoso, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S.

-Luego cruzamos el LL e IP en la carta de Plasticidad:

-Y utilizando la tabla de clasificación para suelos arenosos ya que la totalidad del suelo pasa por la malla N°4.

Obtenemos que nuestro suelo es: Arena arcillosa (SC)

C. Diseño de Mezclas.

- **Diseño de mezcla de la muestra I.1(Adobe tradicional con ichu de 3 cm), I.2(Adobe tradicional con ichu de 6 cm), y I.3(Adobe tradicional con ichu de 9 cm).**

El presente diseño sirve de igual manera para las muestras I.1, I.2, I.3 ya que lo que varía es el tamaño del ichu más no la cantidad.

DISEÑO DE MEZCLAS	
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%
Mezcla:	I.1, I.2, I.3
Tamaño de ichu:	3 cm.
Cantidad de ichu:	Variable
Cantidad de Cal:	0.00%
Tipo de Suelo:	Areno arcillosa (SC)

1. Datos a utilizar

Propiedades de los materiales		
Suelo	W(%)	3.85%
	Ys (kg/m ³)	2640 kg/m ³
Cal	Ys (kg/m ³)	2300 kg/m ³
Agua	Ya (kg/m ³)	997 kg/m ³

2. Peso entrante aproximado de materiales para una unidad de adobe.

Suelo	7.240 kg
Agua	1.210 kg
Ichu	0.164 kg
Cal	0.000 kg
Total	8.614 kg

3. Porcentaje del peso entrante en una unidad de adobe

Suelo	84.05%
Agua	14.05%
Ichu	1.90%
Cal	0.00%
Total	100.00%

4. Peso fresco del adobe: 7.526 kg

5. Pesos corregidos de Materiales

Suelo	6.326 kg
Agua	1.057 kg
Ichu	0.143 kg
Cal	0.000 kg
Total	7.526 kg

6. Volumen del adobe: 0.00384 m³

7. Pesos para 1 m³ de mezcla

Suelo	1647 kg/m ³
Agua	275 kg/m ³
Ichu	37 kg/m ³
Cal	0 kg/m ³

8. Corrección por Humedad

Suelo	1710.651 kg/m ³
Agua	211.931 kg/m ³
Ichu	37.314 kg/m ³
Cal	0.000 kg/m ³

9.- Se calcula las proporciones en peso de los materiales (kg)

suelo	agua	ichu	cal
1	0.124	0.022	0

- **Diseño de mezcla de la muestra II (Adobe estabilizado con cal al 20%)**

DISEÑO DE MEZCLAS	
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%
Mezcla:	II (Adobe con cal sin ichu)
Tamaño de ichu:	0
Cantidad de ichu:	0
Cantidad de Cal:	20.00%
Tipo de Suelo:	Areno arcillosa (SC)

1. Datos a utilizar

Propiedades de los materiales		
Suelo	W(%)	3.85%
	Y _s (kg/m ³)	2640 kg/m ³
Cal	Y _s (kg/m ³)	2300 kg/m ³
Agua	Y _a (kg/m ³)	997 kg/m ³

2. Peso entrante aproximado de materiales para una unidad de adobe.

Suelo	7.318 kg
Agua	1.267 kg
Ichu	0.000 kg
Cal	1.464 kg
Total	10.049 kg

3. Porcentaje del peso entrante en una unidad de adobe

Suelo	72.83%
Agua	12.61%
Ichu	0.00%
Cal	14.57%
Total	100.00%

4. Peso fresco del adobe: 7.526 kg

5. Pesos corregidos de Materiales

Suelo	5.481 kg
Agua	0.949 kg
Ichu	0.000 kg
Cal	1.096 kg
Total	7.526 kg

6. Volumen del adobe: 0.00384 m³

7. Pesos para 1 m³ de mezcla

Suelo	1427 kg/m ³
Agua	247 kg/m ³
Ichu	0 kg/m ³
Cal	285 kg/m ³

8. Corrección por Humedad

Suelo	1482.227 kg/m ³
Agua	192.206 kg/m ³
Ichu	0.000 kg/m ³
Cal	296.445 kg/m ³

9.- Se calcula las proporciones en peso de los materiales (kg)

suelo	agua	ichu	cal
1	0.130	0.000	0.2

- **Diseño de mezcla de la muestra III.1(Adobe con cal + ichu de 3cm), IV.1(Adobe con cal + ichu de 6 cm), y V.1(Adobe con cal + ichu de 9 cm)**

DISEÑO DE MEZCLAS	
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%
Mezcla:	III.1, IV.1, V.1
Tamaño de ichu:	3 cm., 6cm y 9 cm.
Cantidad de ichu:	5 gr.
Cantidad de Cal:	20.00%
Tipo de Suelo:	Areno arcillosa (SC)

1. Datos a utilizar

Propiedades de los materiales		
Suelo	W(%)	3.85%
	Ys (kg/m ³)	2640 kg/m ³
Cal	Ys (kg/m ³)	2300 kg/m ³
Agua	Ya (kg/m ³)	997 kg/m ³

2. Peso entrante aproximado de materiales para una unidad de adobe.

Suelo	6.894 kg
Agua	1.210 kg
Ichu	0.037 kg
Cal	1.379 kg
Total	9.520 kg

3. Porcentaje del peso entrante en una unidad de adobe

Suelo	72.42%
Agua	12.71%
Ichu	0.39%
Cal	14.48%
Total	100.00%

4. Peso fresco del adobe: 7.526 kg

5. Pesos corregidos de Materiales

Suelo	5.450 kg
Agua	0.957 kg
Ichu	0.029 kg
Cal	1.090 kg
Total	7.526 kg

6. Volumen del adobe: 0.00384 m³

7. Pesos para 1 m³ de mezcla

Suelo	1419 kg/m ³
Agua	249 kg/m ³
Ichu	8 kg/m ³
Cal	284 kg/m ³

8. Corrección por Humedad

Suelo	1473.911 kg/m ³
Agua	194.506 kg/m ³
Ichu	7.617 kg/m ³
Cal	294.782 kg/m ³

9.- Se calcula las proporciones en peso de los materiales (kg)

suelo	agua	ichu	cal
1	0.132	0.005	0.2

- **Diseño de mezcla de la muestra III.2(Adobe con cal + ichu de 3cm), IV.2(Adobe con cal + ichu de 6 cm), y V.2(Adobe con cal + ichu de 9 cm).**

DISEÑO DE MEZCLAS	
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%
Mezcla:	III.2, IV.2, V.2
Tamaño de ichu:	3 cm., 6cm y 9 cm.
Cantidad de ichu:	15 gr.
Cantidad de Cal:	20.00%
Tipo de Suelo:	Areno arcillosa(SC)

1. Datos a utilizar

Propiedades de los materiales		
Suelo	W(%)	3.85%
	Ys (kg/m3)	2640 kg/cm3
Cal	Ys (kg/m3)	2300 kg/cm3
Agua	Ya (kg/m3)	997 kg/cm3

2. Peso entrante aproximado de materiales para una unidad de adobe.

Suelo	6.940 kg
Agua	1.210 kg
Ichu	0.108 kg
Cal	1.388 kg
Total	9.646 kg

3. Porcentaje del peso entrante en una unidad de adobe

Suelo	71.95%
Agua	12.54%
Ichu	1.12%
Cal	14.39%
Total	100.00%

4. Peso fresco del adobe: 7.526 kg

5. Pesos corregidos de Materiales

Suelo	5.415 kg
Agua	0.944 kg
Ichu	0.084 kg
Cal	1.083 kg
Total	7.526 kg

6. Volumen del adobe: 0.00384

7. Pesos para 1 m³ de mezcla

Suelo	1410 kg/cm ³
Agua	246 kg/cm ³
Ichu	22 kg/cm ³
Cal	282 kg/cm ³

8. Corrección por Humedad

Suelo	1464.333
Agua	191.602
Ichu	21.944
Cal	292.867

9.- Se calcula las proporciones en peso de los materiales

suelo	agua	ichu	cal
1	0.131	0.015	0.2

- **Diseño de mezcla de la muestra III.3(Adobe con cal + ichu de 3cm), IV.3(Adobe con cal + ichu de 6 cm), y V.3(Adobe con cal + ichu de 9 cm).**

DISEÑO DE MEZCLAS	
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%
Mezcla:	III.3, IV.3, V.3
Tamaño de ichu:	3 cm., 6cm y 9 cm.
Cantidad de ichu:	25 gr.
Cantidad de Cal:	20.00%
Tipo de Suelo:	Areno arcillosa(SC)

1. Datos a utilizar

Propiedades de los materiales		
Suelo	W(%)	3.85%
	Ys (kg/m ³)	2640 kg/cm ³
Cal	Ys (kg/m ³)	2300 kg/cm ³
Agua	Ya (kg/m ³)	997 kg/cm ³

2. Peso entrante aproximado de materiales para una unidad de adobe.

Suelo	7.050 kg
Agua	1.210 kg
Ichu	0.183 kg
Cal	1.410 kg
Total	9.853 kg

3. Porcentaje del peso entrante en una unidad de adobe

Suelo	71.55%
Agua	12.28%
Ichu	1.86%
Cal	14.31%
Total	100.00%

4. Peso fresco del adobe: 7.526 kg

5. Pesos corregidos de Materiales

Suelo	5.385 kg
Agua	0.924 kg
Ichu	0.140 kg
Cal	1.077 kg
Total	7.526 kg

6. Volumen del adobe: 0.00384

7. Pesos para 1 m³ de mezcla

Suelo	1402 kg/cm ³
Agua	241 kg/cm ³
Ichu	36 kg/cm ³
Cal	280 kg/cm ³

8. Corrección por Humedad

Suelo	1456.292
Agua	186.735
Ichu	36.401
Cal	291.258

9.- Se calcula las proporciones en peso de los materiales

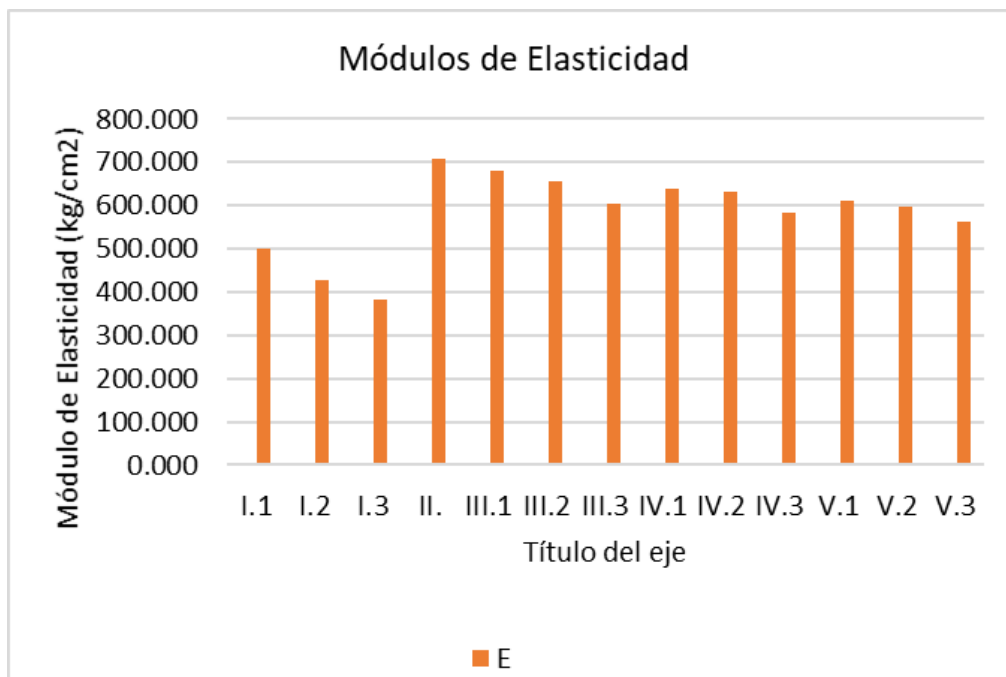
suelo	agua	ichu	cal
1	0.128	0.025	0.2

D. MÓDULO DE ELASTICIDAD.

Tabla N°76: Resumen Módulos de Elasticidad Promedio

Resumen de Módulos de Elasticidad Promedio (kg/cm ²)	
Tipos de Mezcla	Gráfico
I.1	499.61
I.2	427.41
I.3	382.86
II.	706.53
III.1	680.90
III.2	655.57
III.3	603.36
IV.1	639.452
IV.2	632.157
IV.3	584.570
V.1	611.117
V.2	597.688
V.3	563.013

Figura N°103: Módulos de Elasticidad promedio



- Mezcla tipo I.1 (Adobe Tradicional + Ichu de 3 cm)

Tabla N°77: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.1

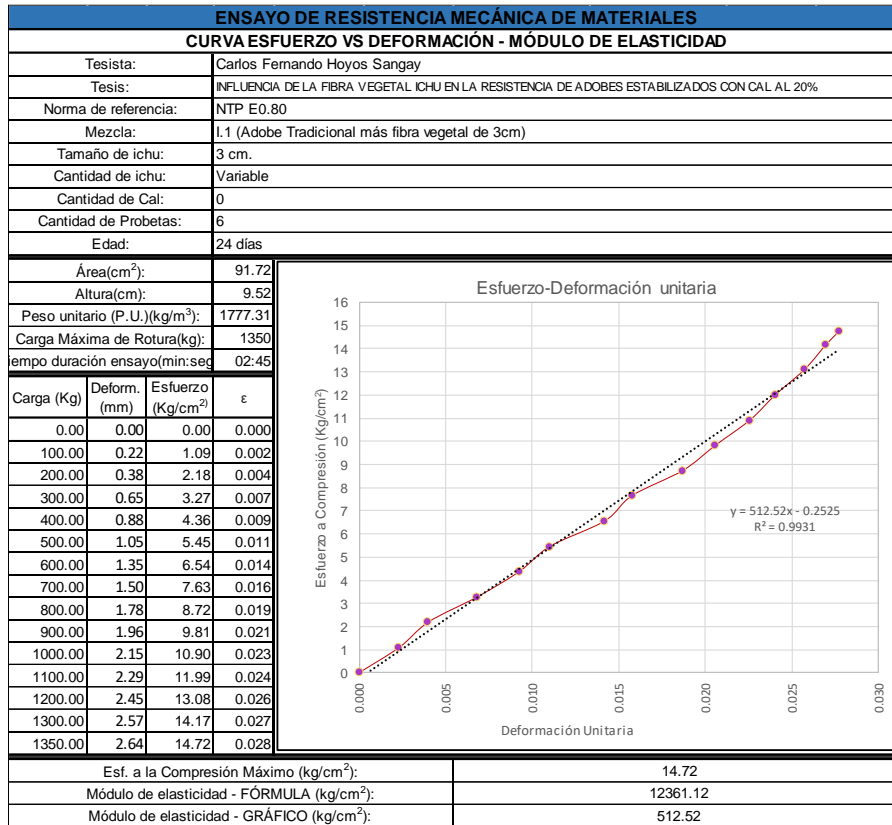


Tabla N°78: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.2

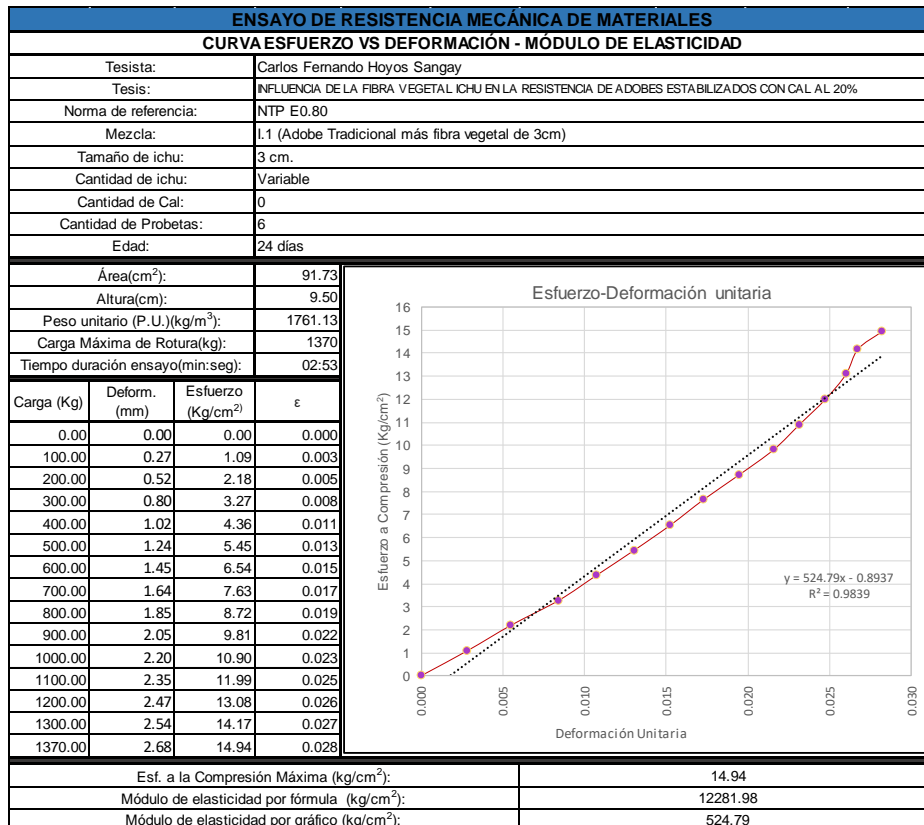


Tabla N°79: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.3

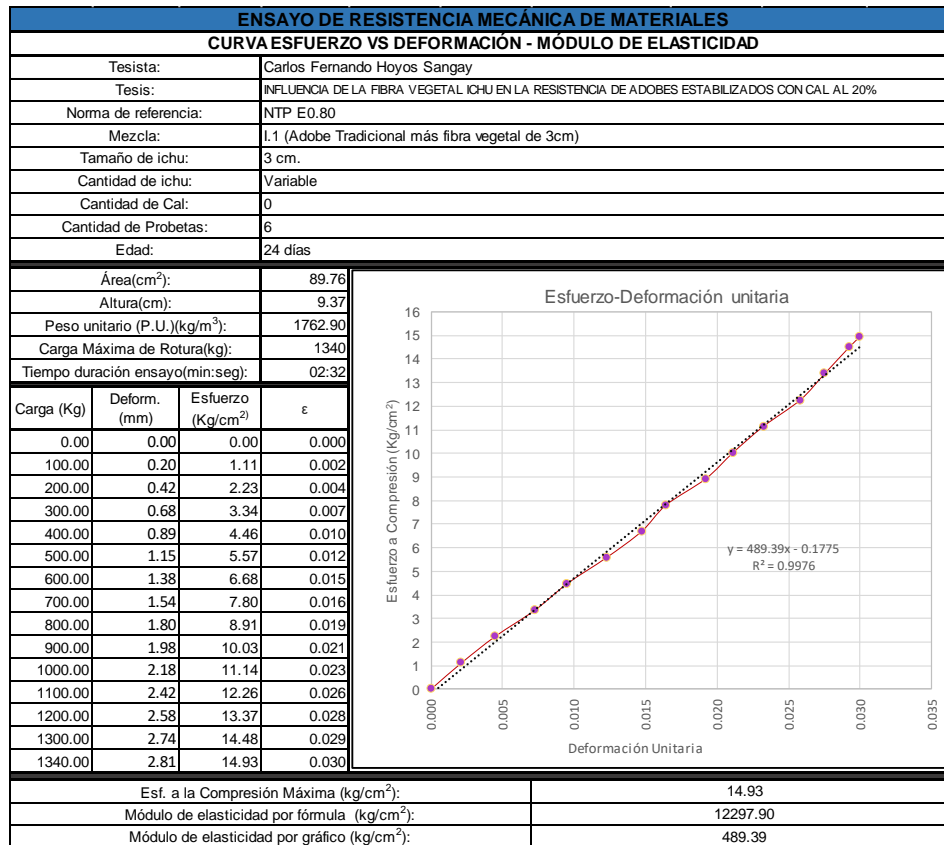


Tabla N°80: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.4

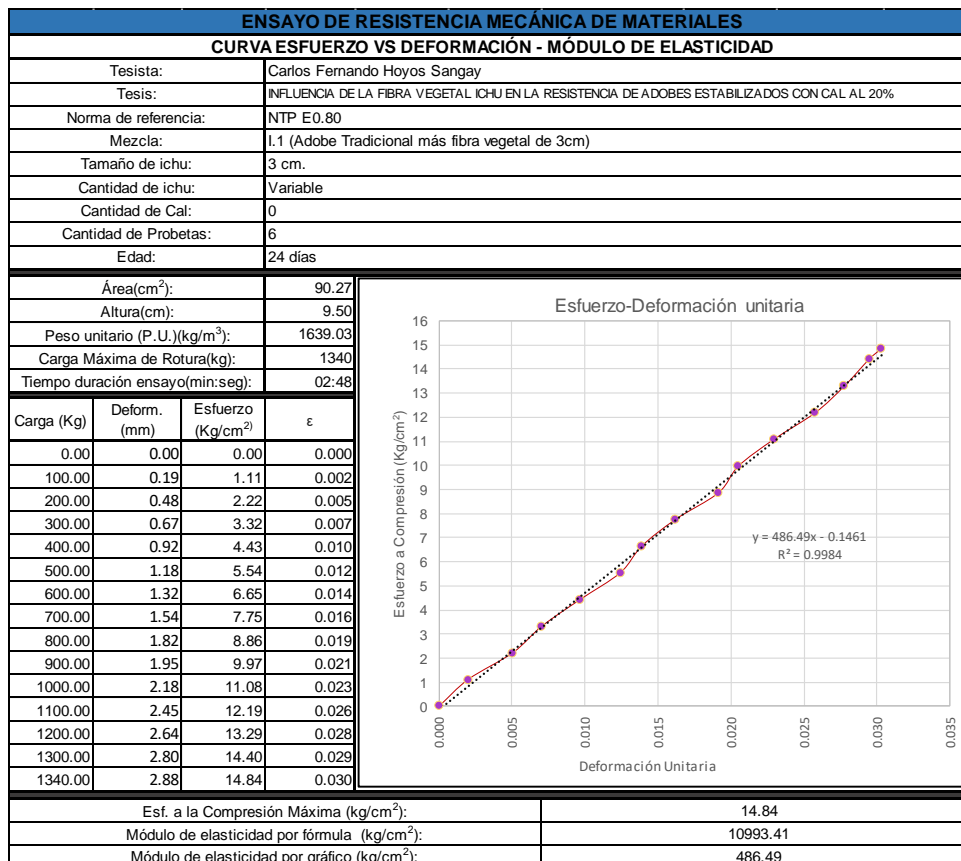


Tabla N°81: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.5

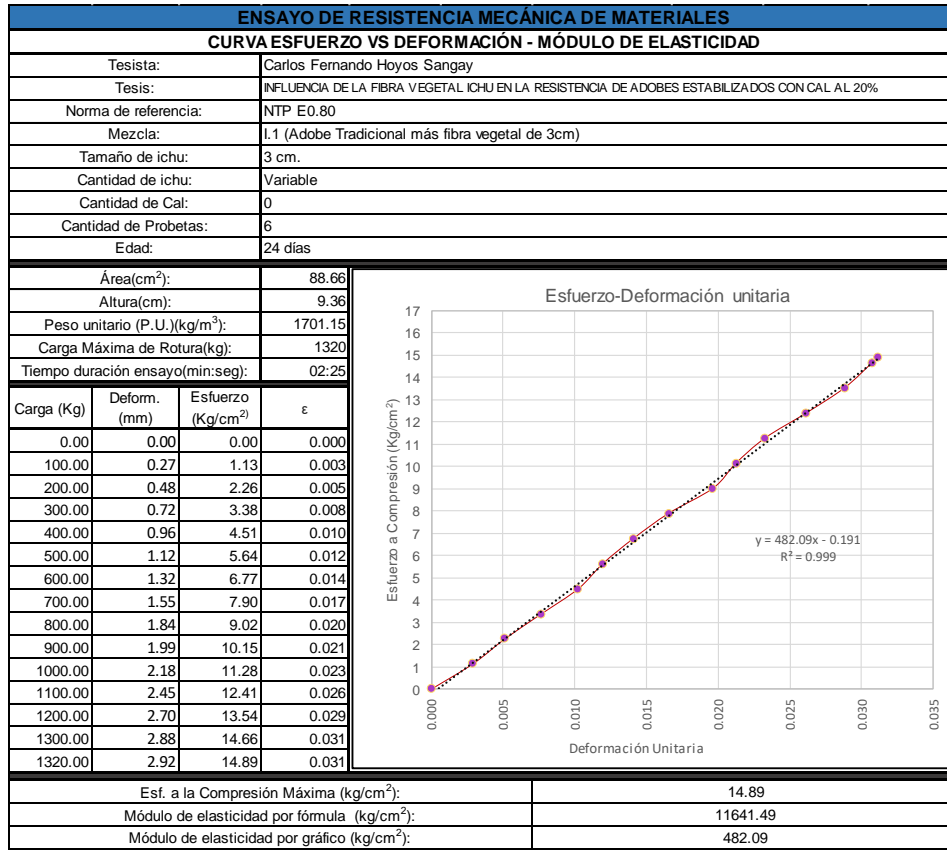
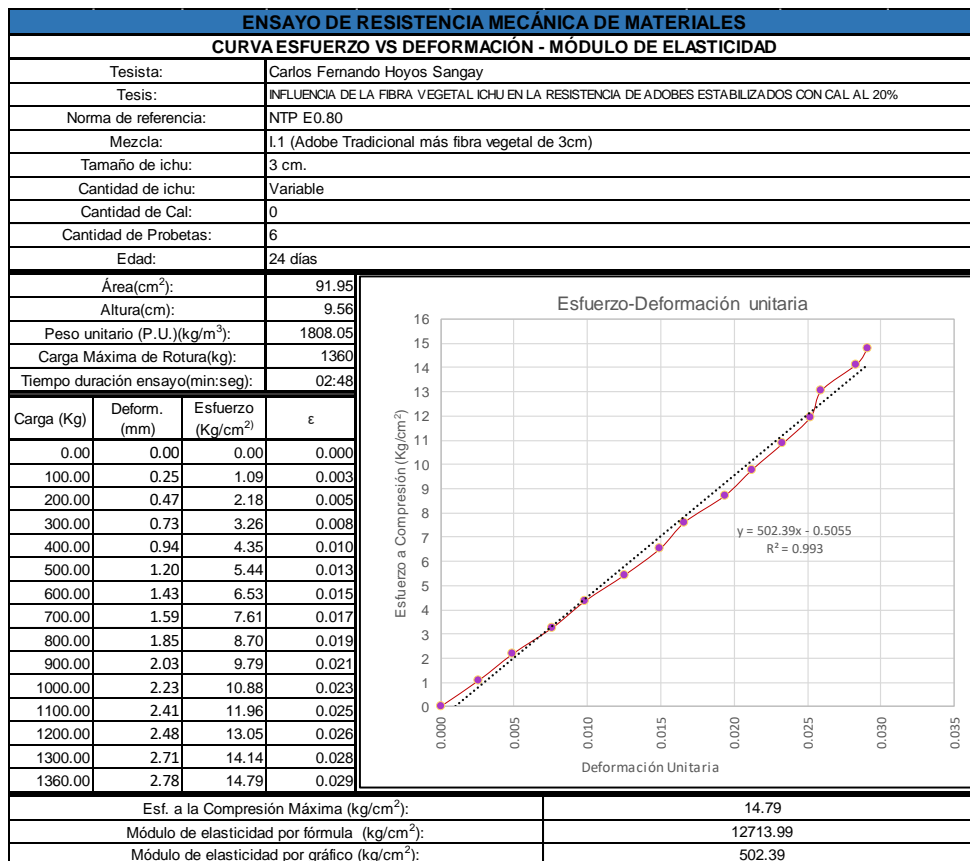


Tabla N°82: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.1.6



• **Mezcla tipo I.2 (Adobe Tradicional + Ichu de 6 cm)**

Tabla N°83: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.1

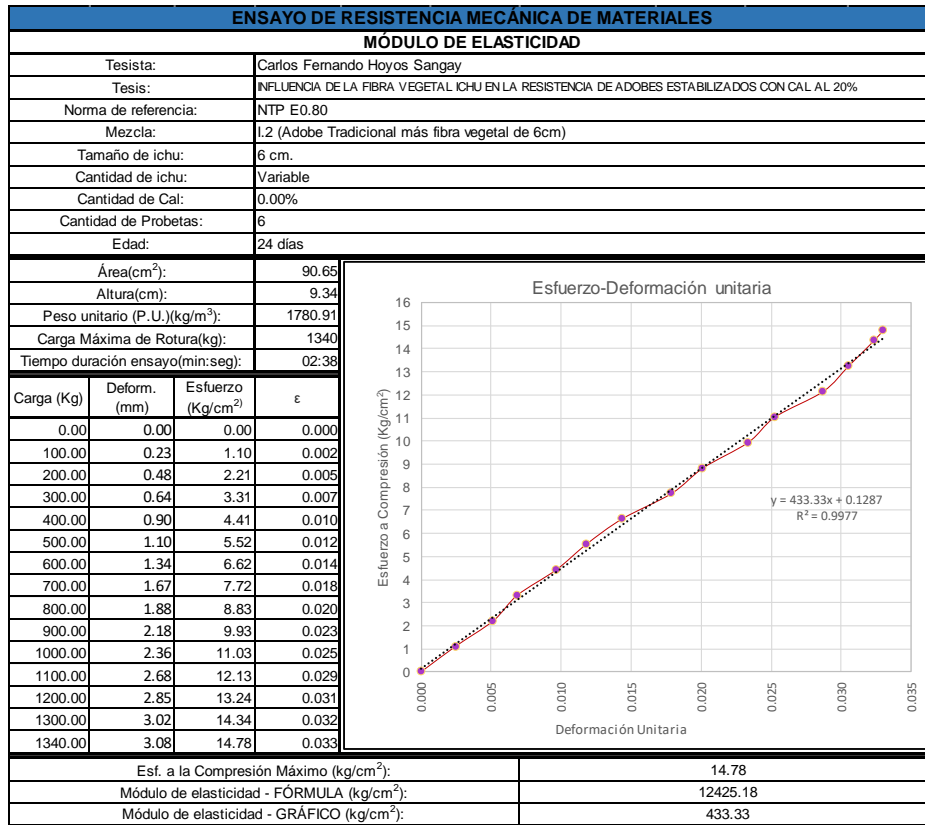


Tabla N°84: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.2

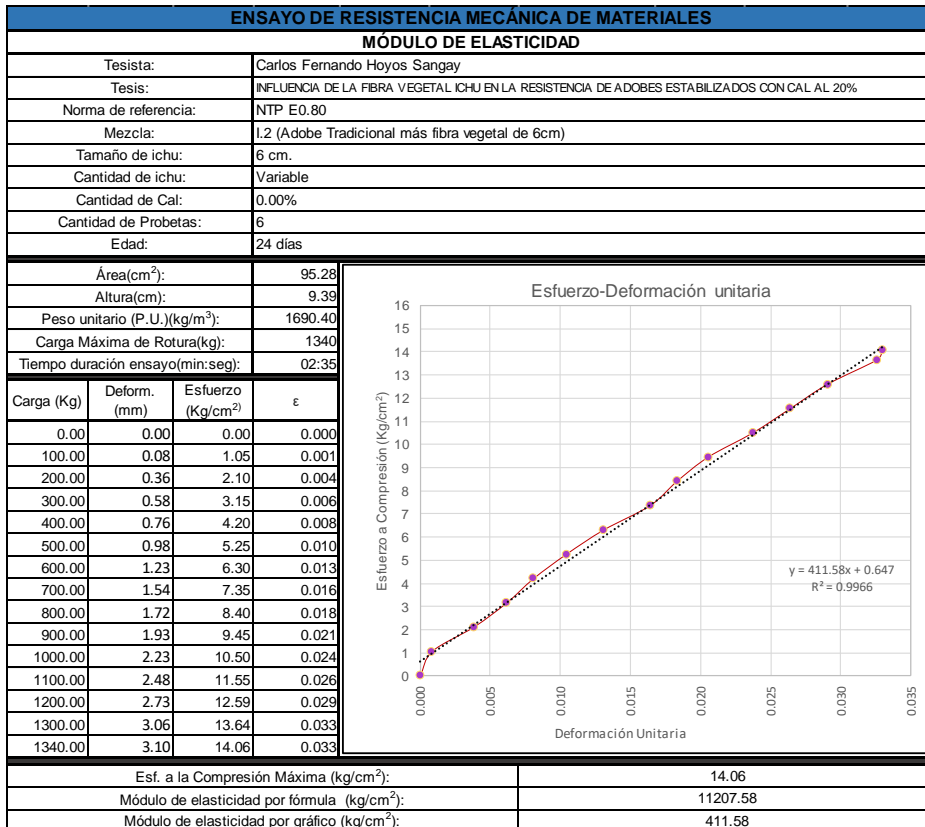


Tabla N°85: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.3

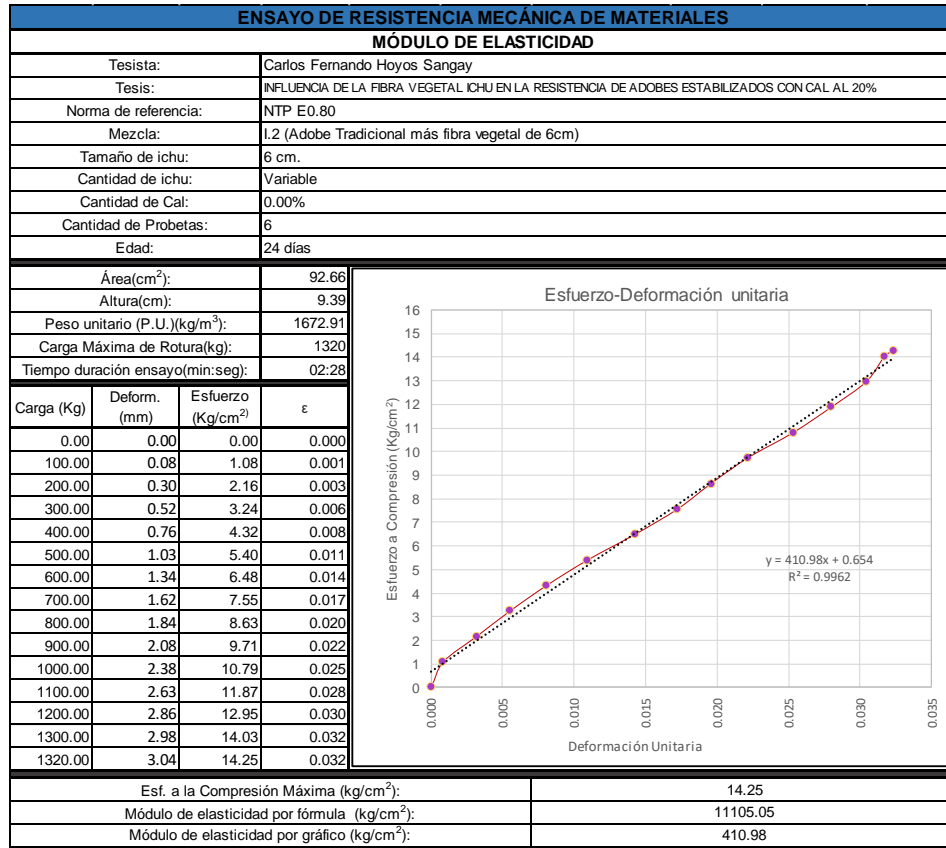


Tabla N°86: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.4

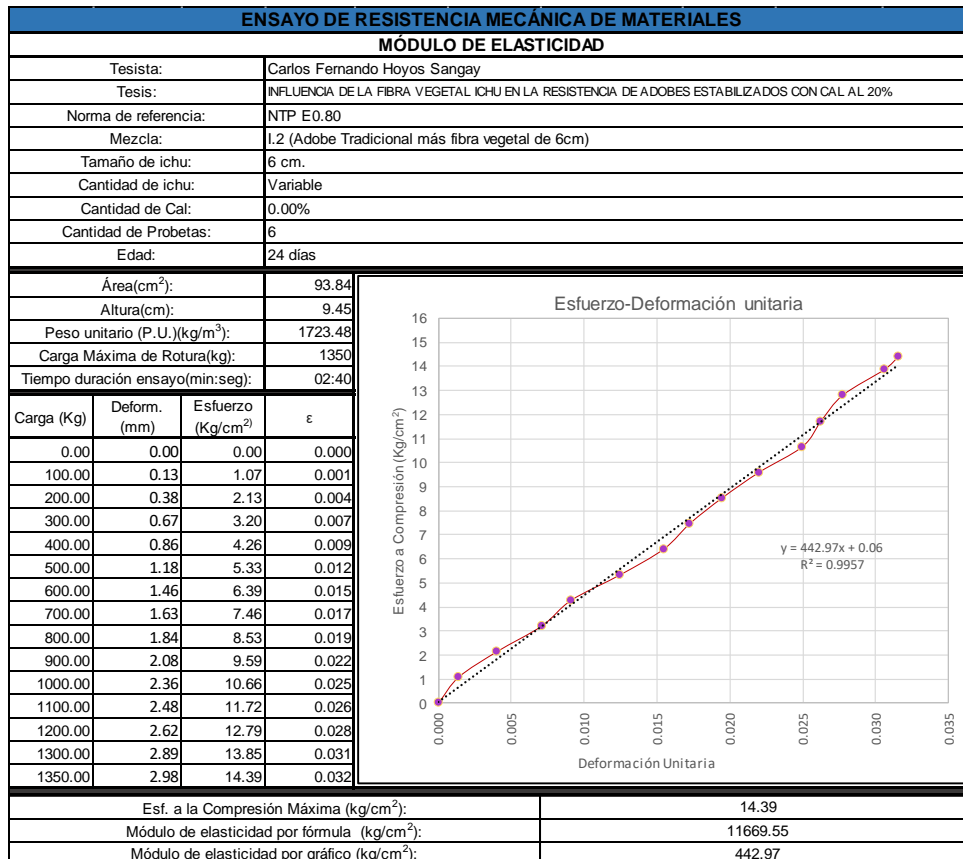


Tabla N°87: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.5

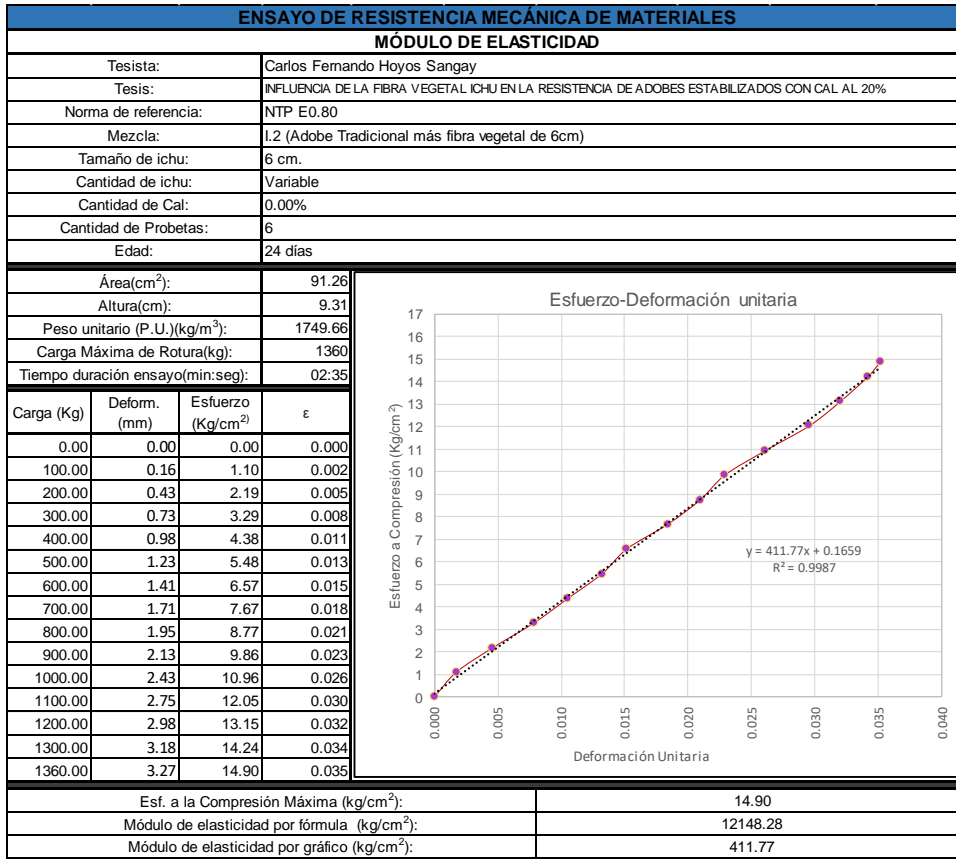
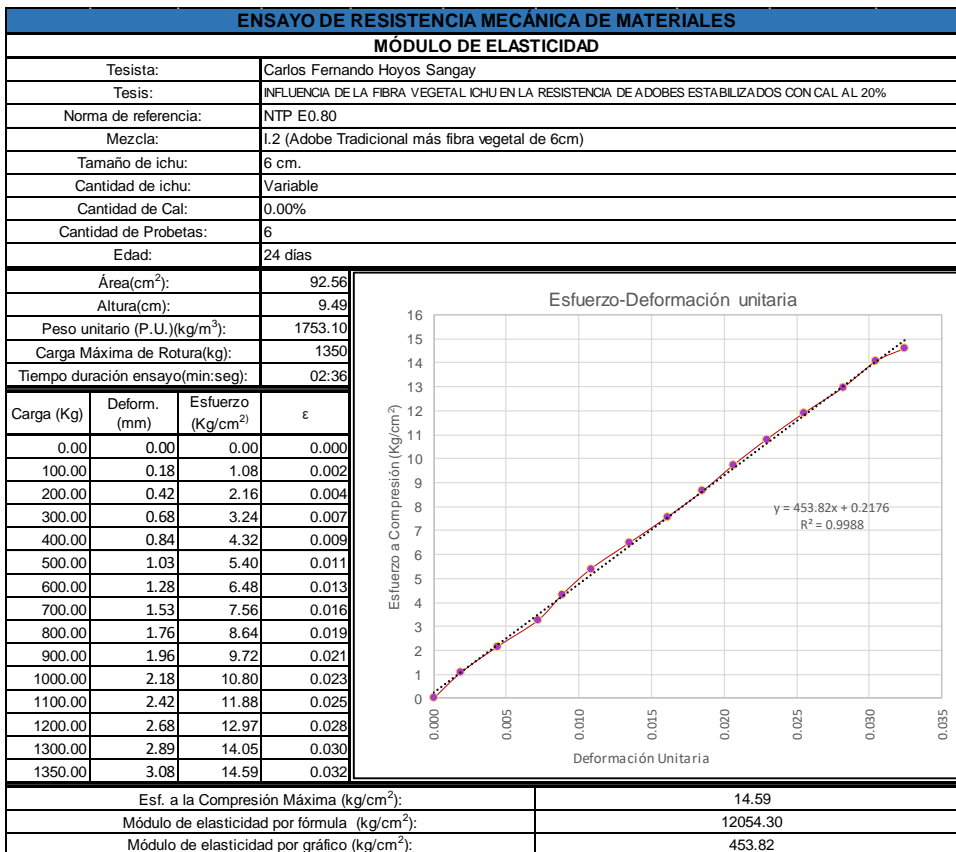


Tabla N°88: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.2.6



• **Mezcla tipo I.3 (Adobe Tradicional + Ichu de 9 cm)**

Tabla N°89: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.1

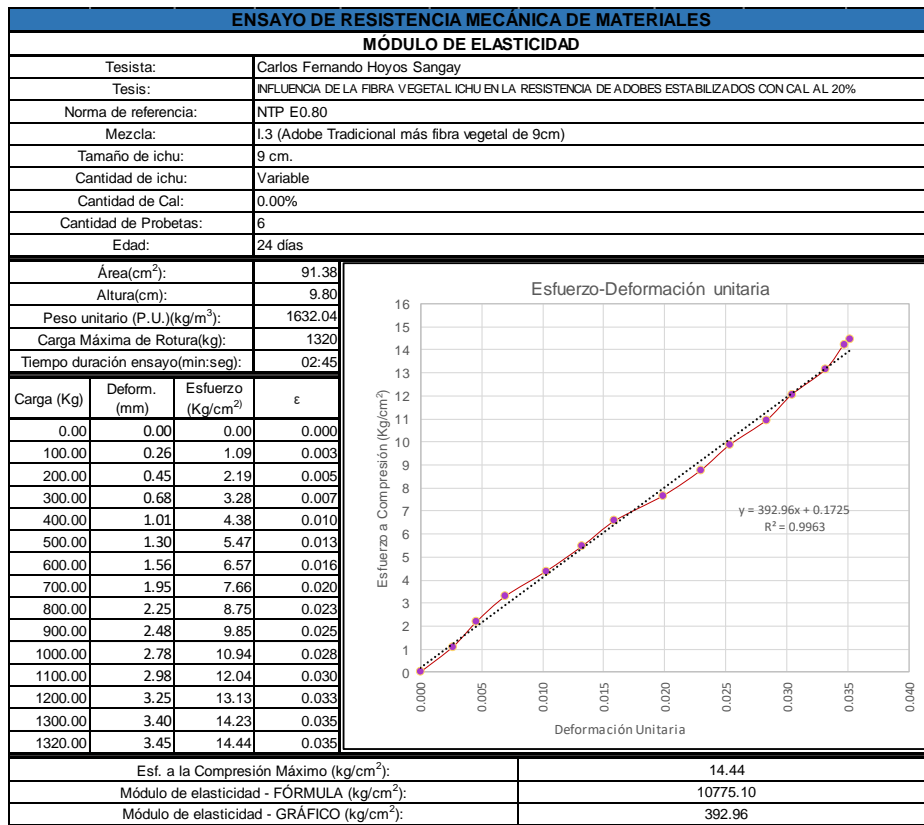


Tabla N°90: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.2

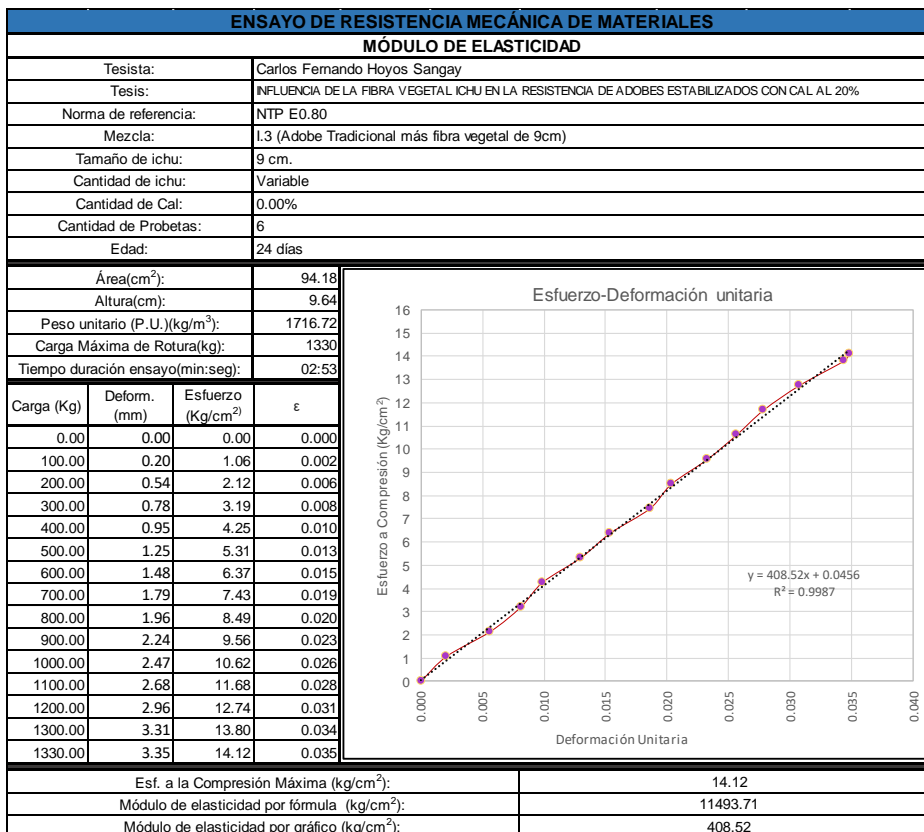


Tabla N°91: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.3

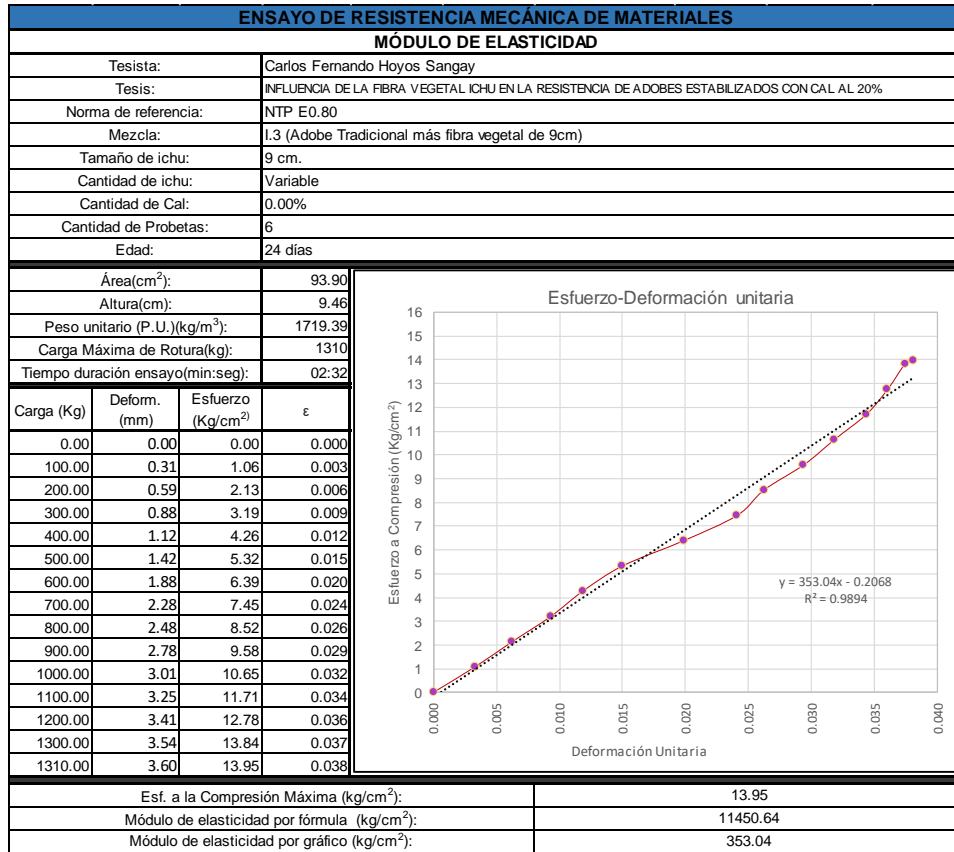


Tabla N°92: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.4

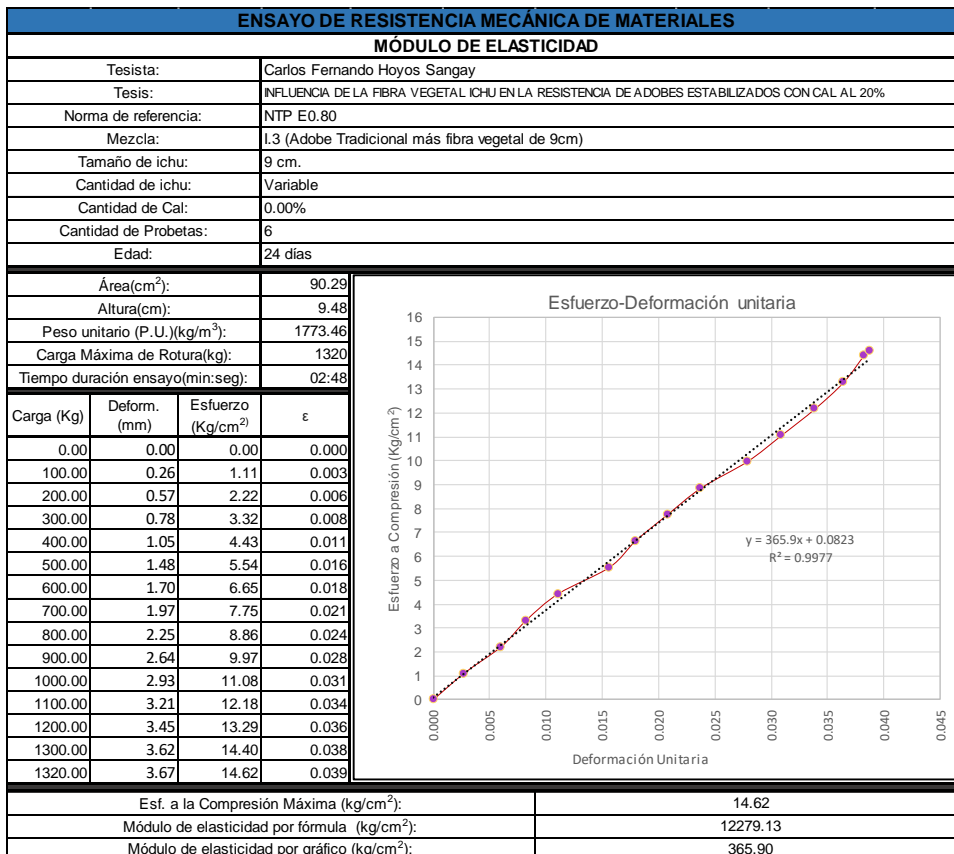


Tabla N°93: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.5

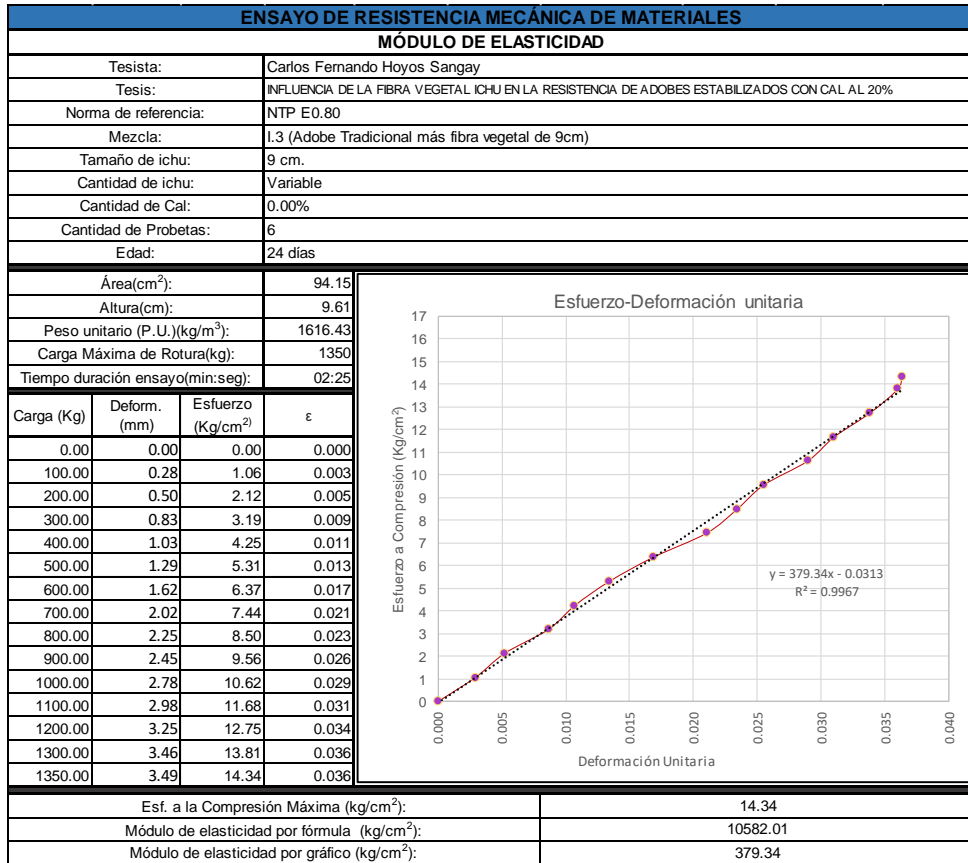
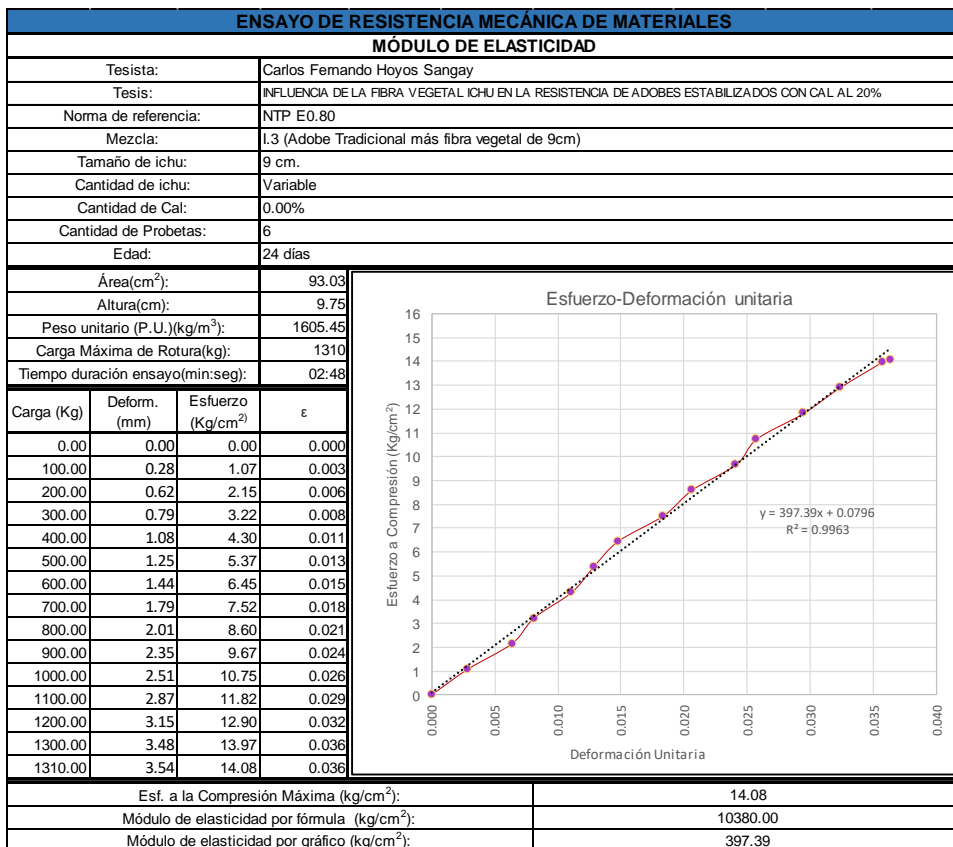


Tabla N°94: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta I.3.6



- **Mezcla tipo II (Adobe estabilizado con cal al 20%)**

Tabla N°95: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.1

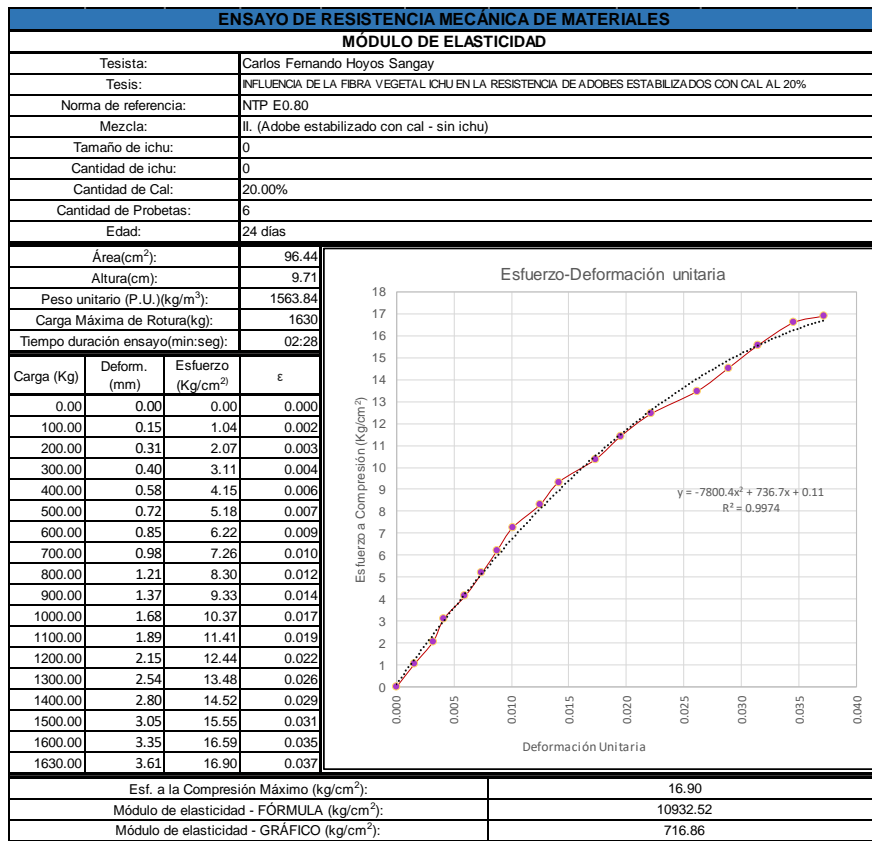


Tabla N°96: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.2

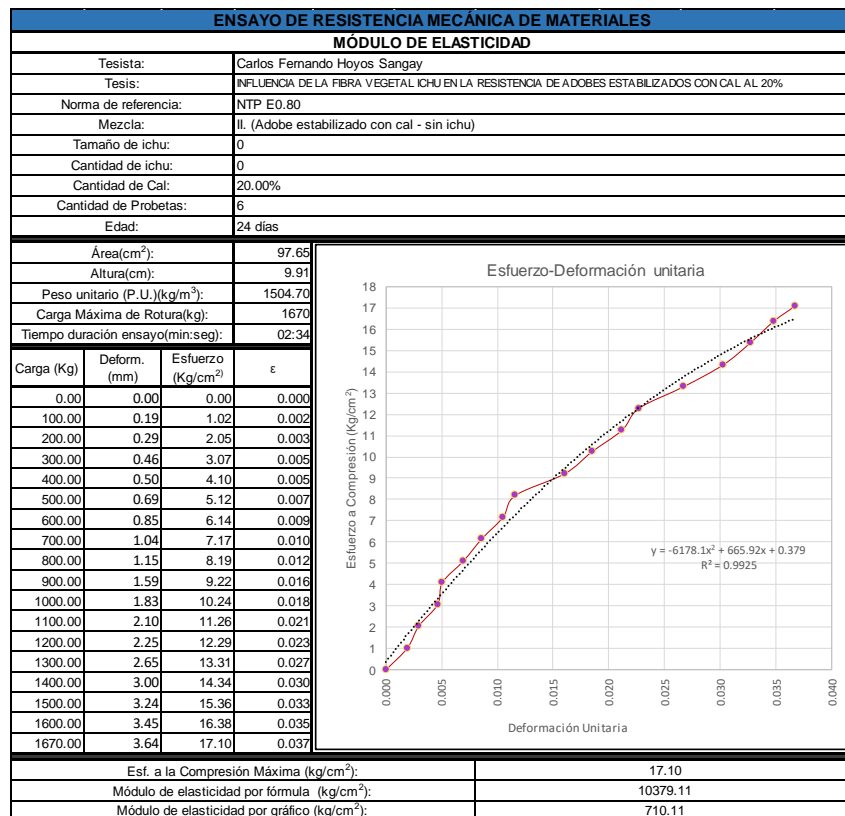


Tabla N°97: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.3

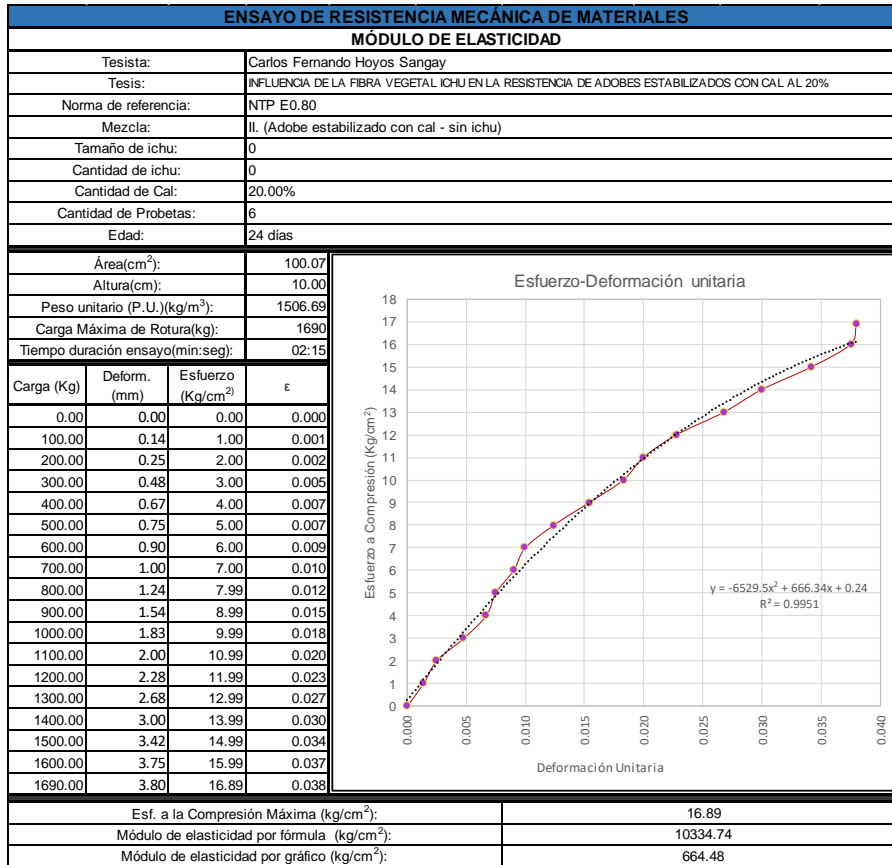


Tabla N°98: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.4

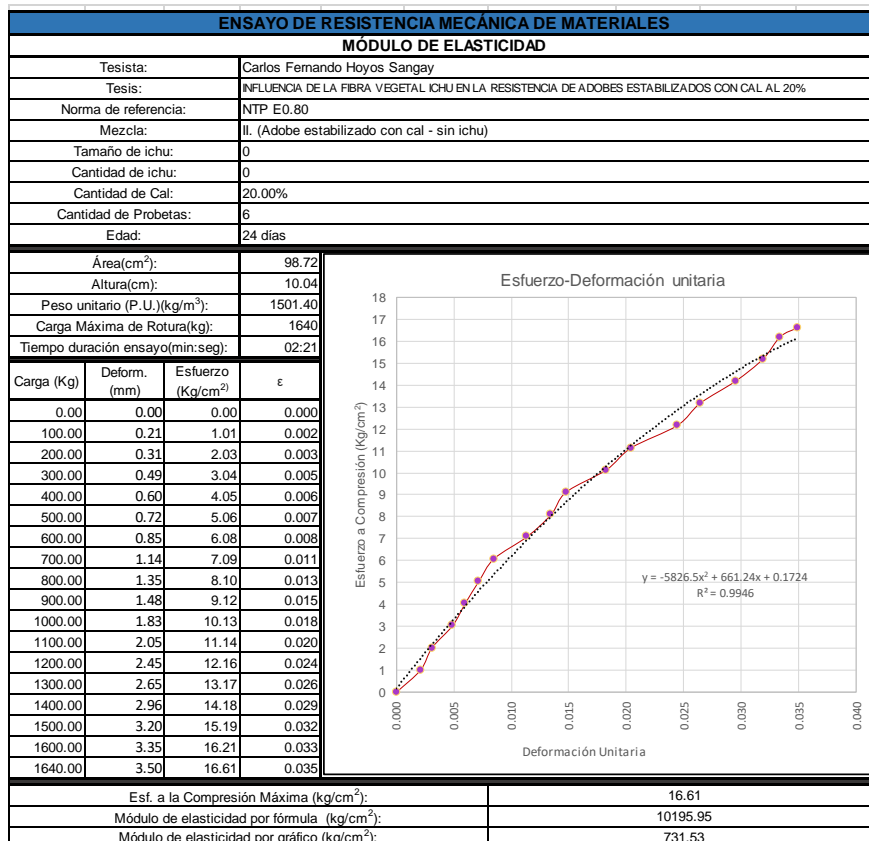


Tabla N°99: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.5

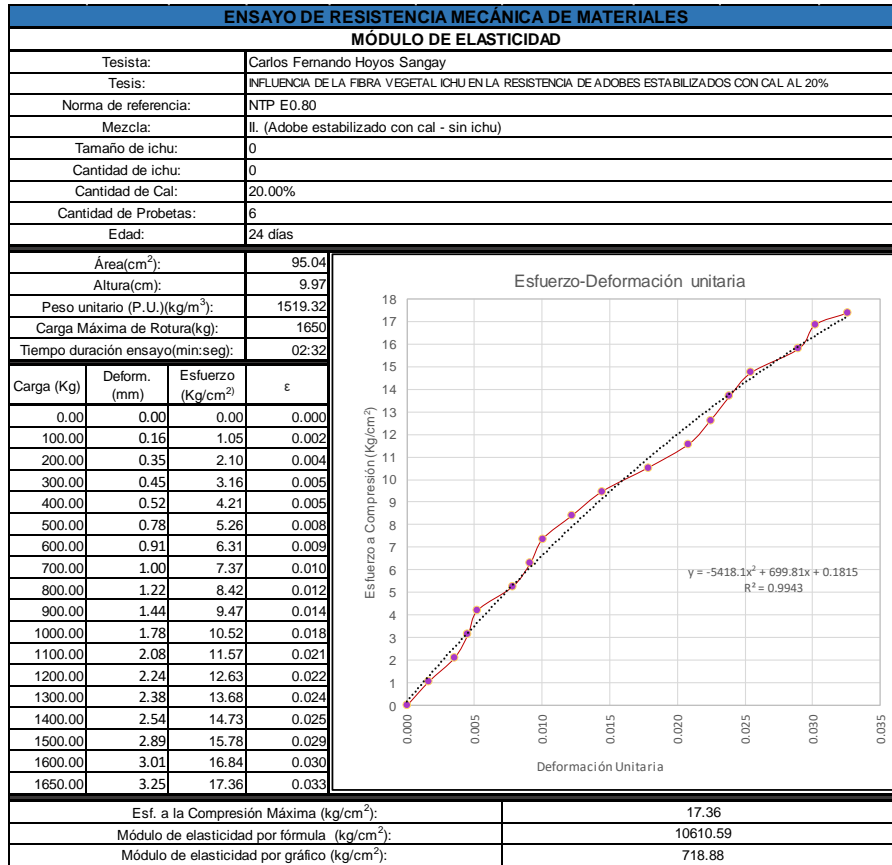
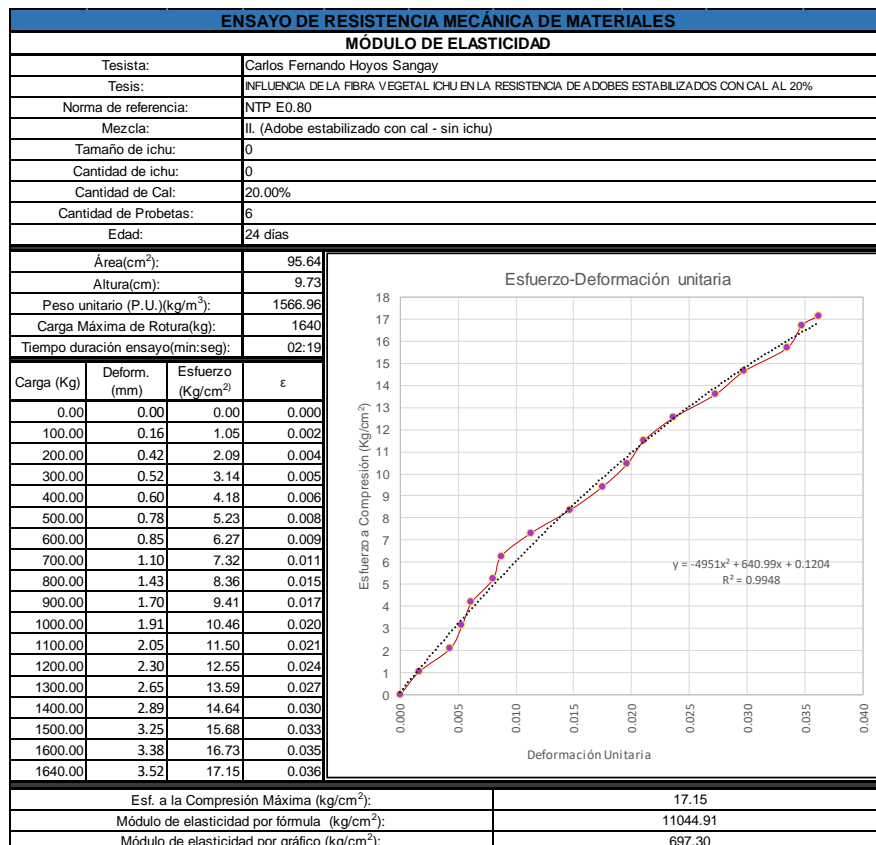


Tabla N°100: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta II.6



- Mezcla tipo III.1 (Adobe con cal al 20% + 5 gr. de ichu de 3cm)

Tabla N°101: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.1

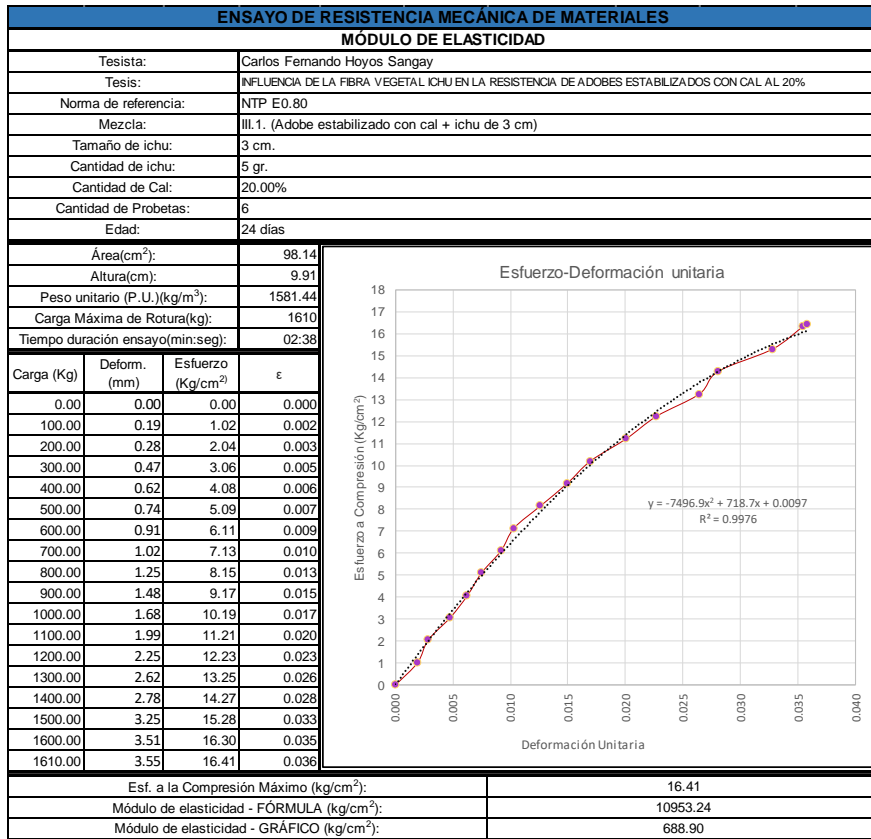


Tabla N°102: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.2

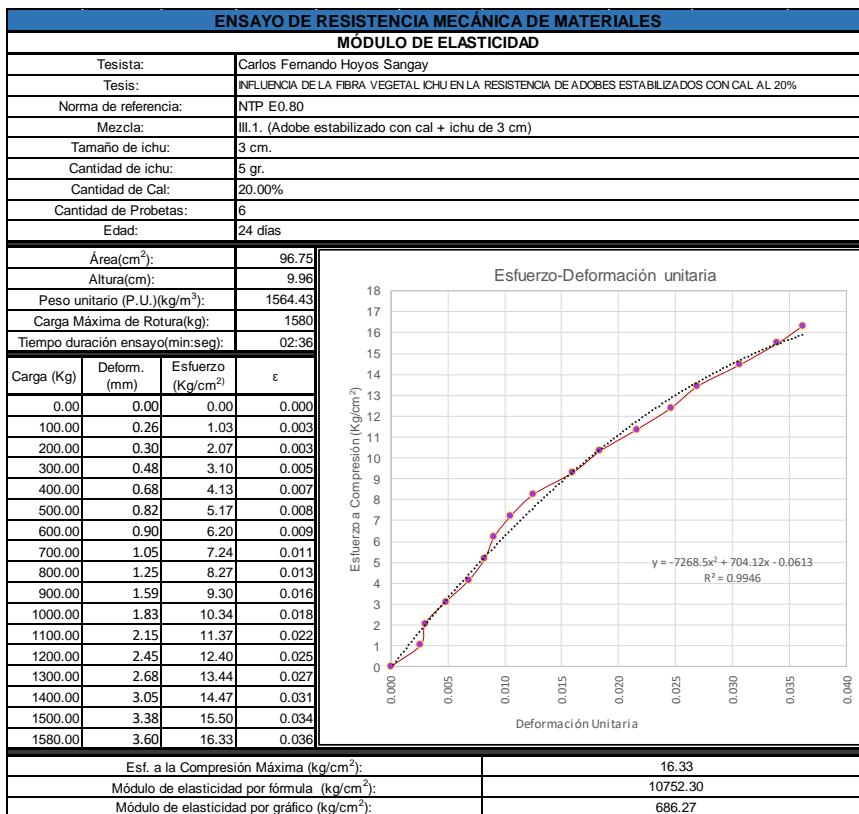


Tabla N°103: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.3

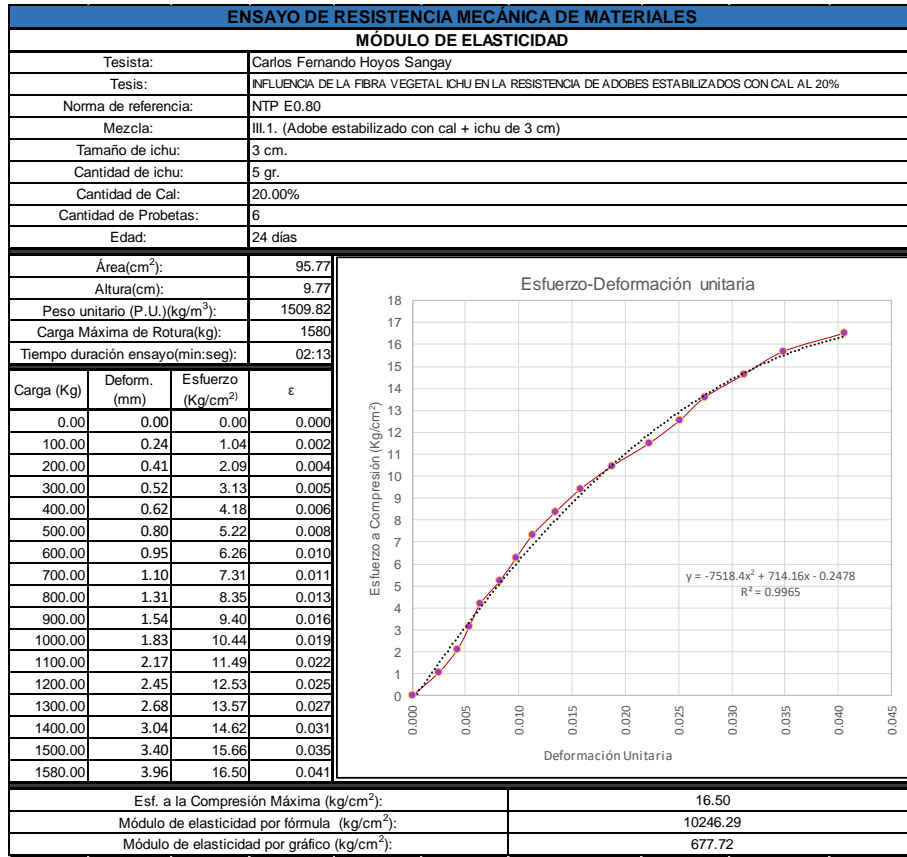


Tabla N°104: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.4

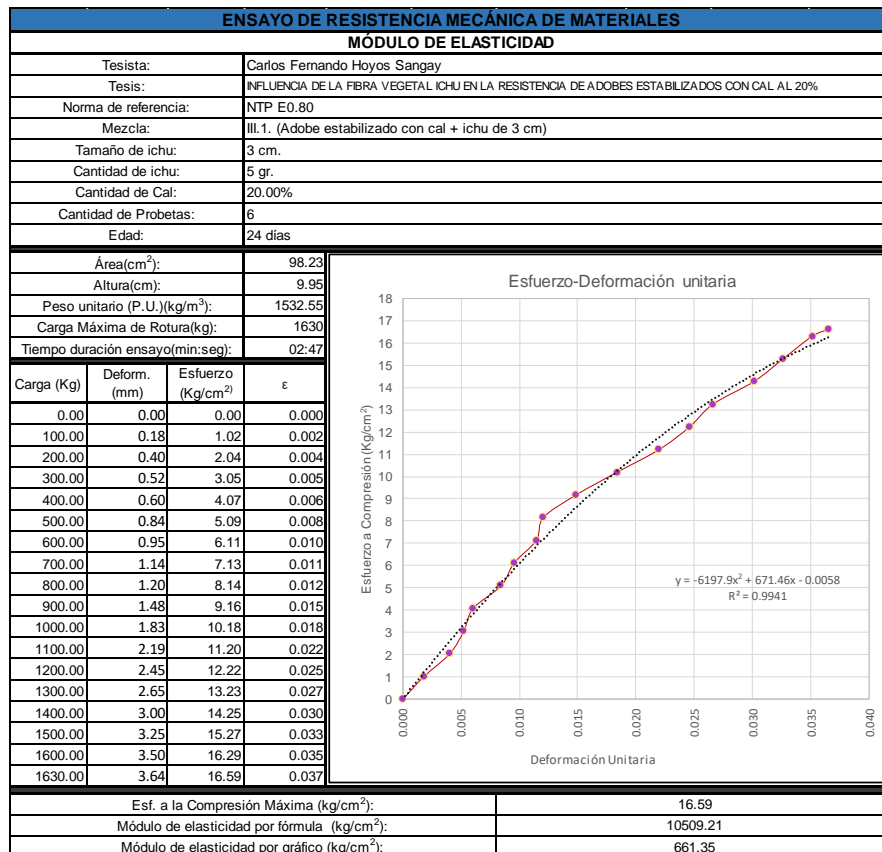


Tabla N°105: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.5

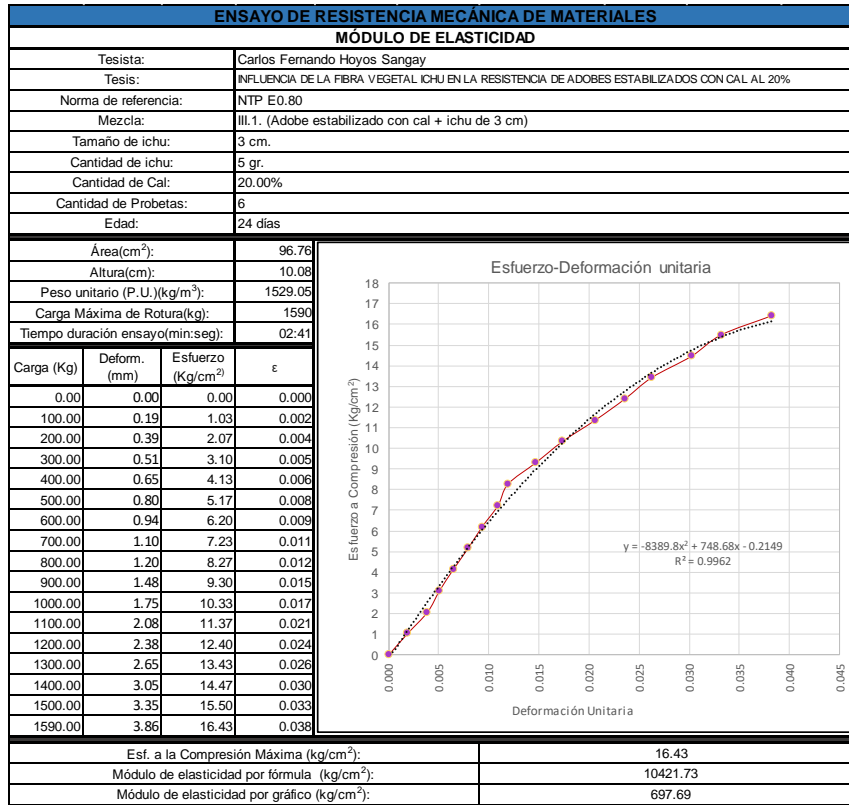
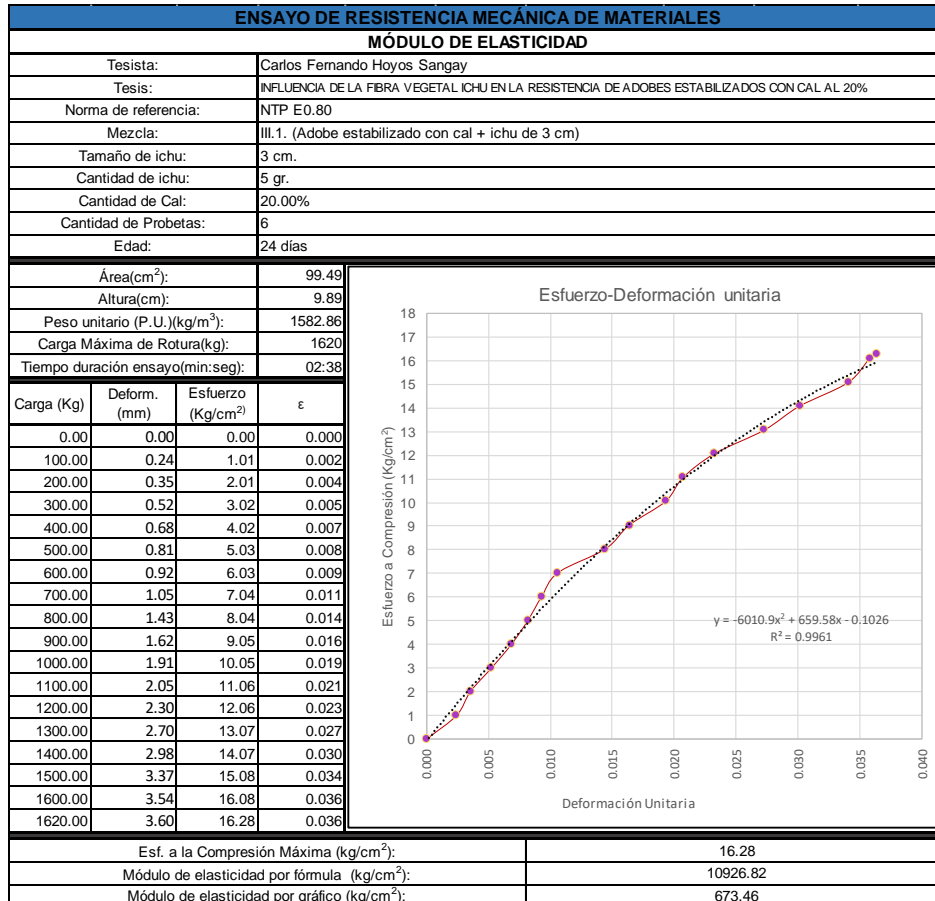


Tabla N°106: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.1.6



- Mezcla tipo III.2 (Adobe con cal al 20% + 15 gr. de ichu de 3cm)

Tabla N°107: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.1

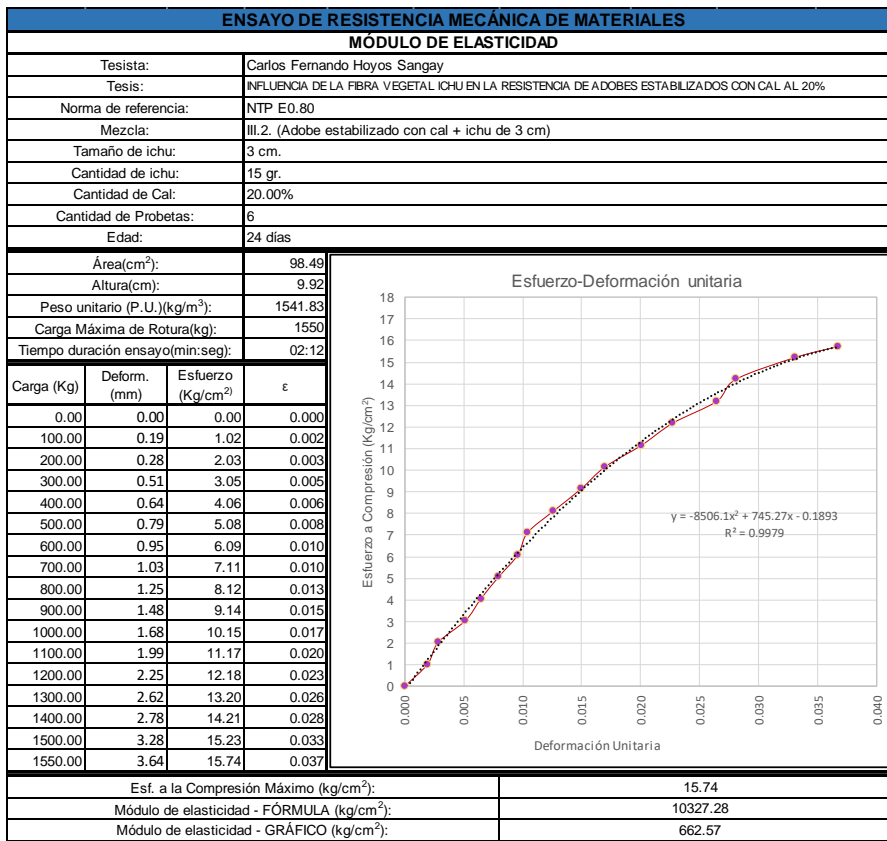


Tabla N°108: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.2

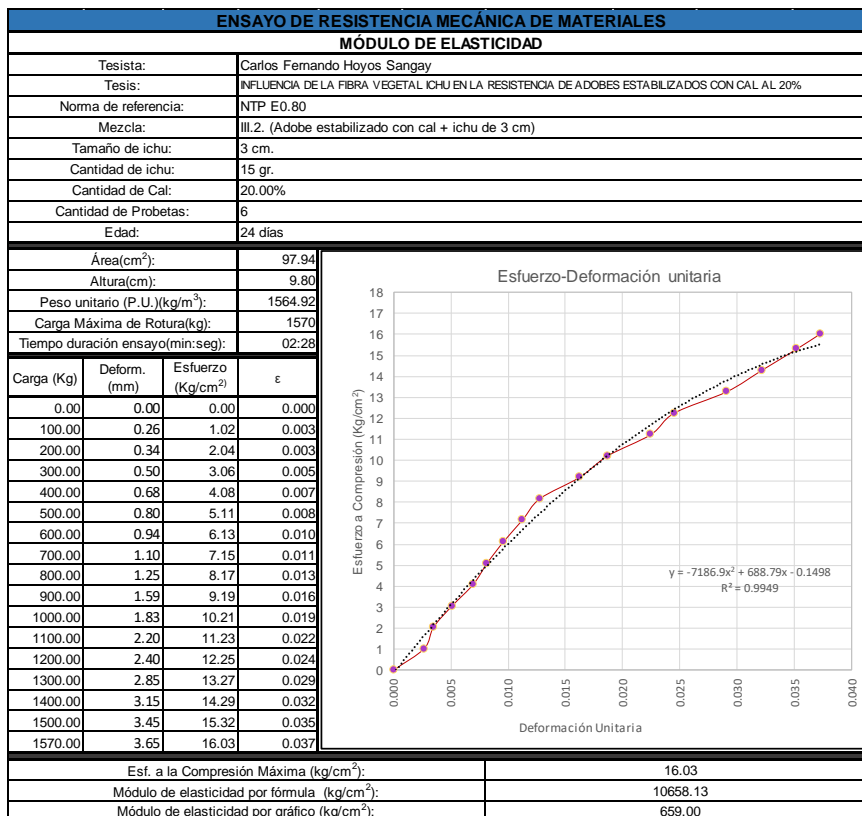


Tabla N°109: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.3

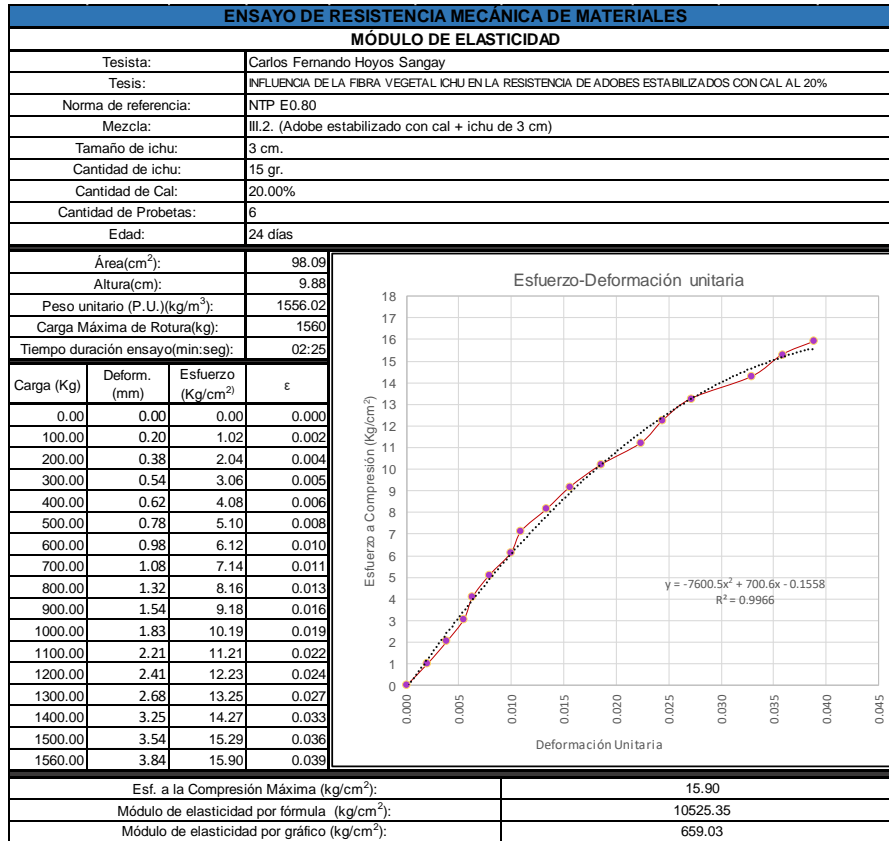


Tabla N°110: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.4

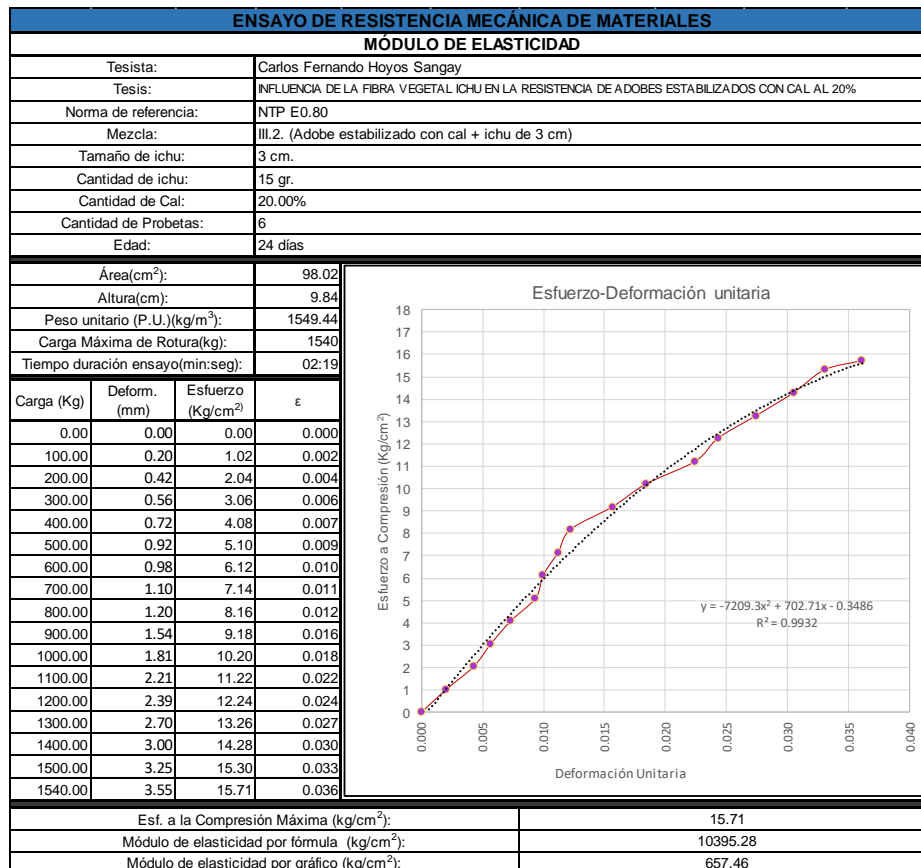


Tabla N°111: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.5

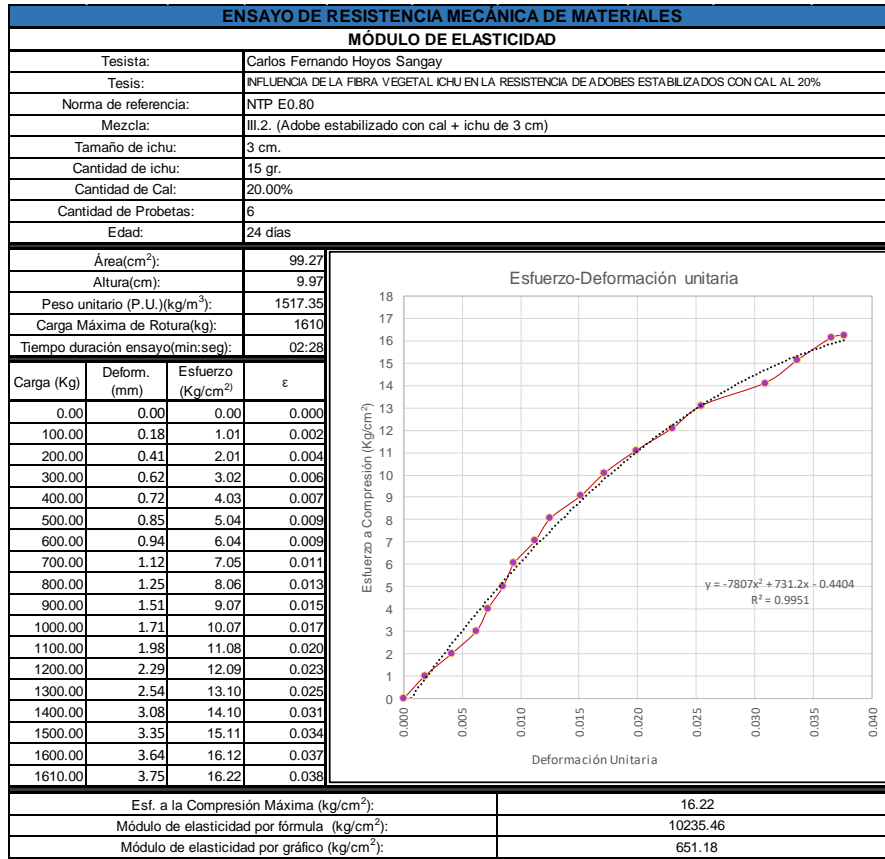
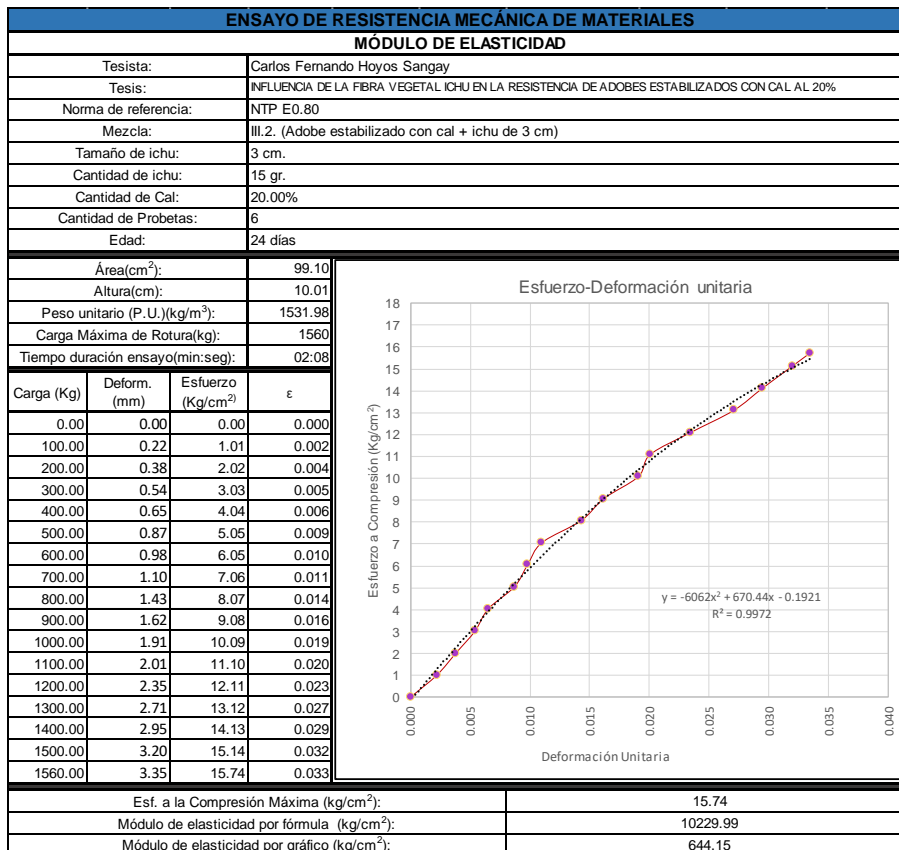


Tabla N°112: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.2.6



- Mezcla tipo III.3 (Adobe con cal al 20% + 25 gr. de ichu de 3cm)

Tabla N°113: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.1

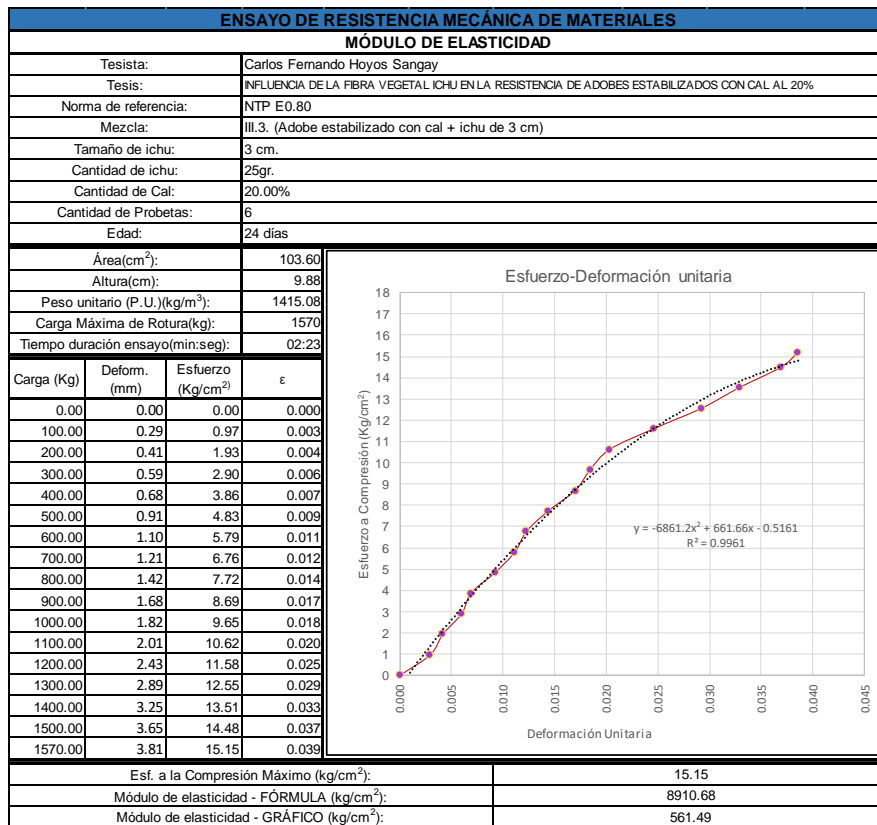


Tabla N°114: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.2

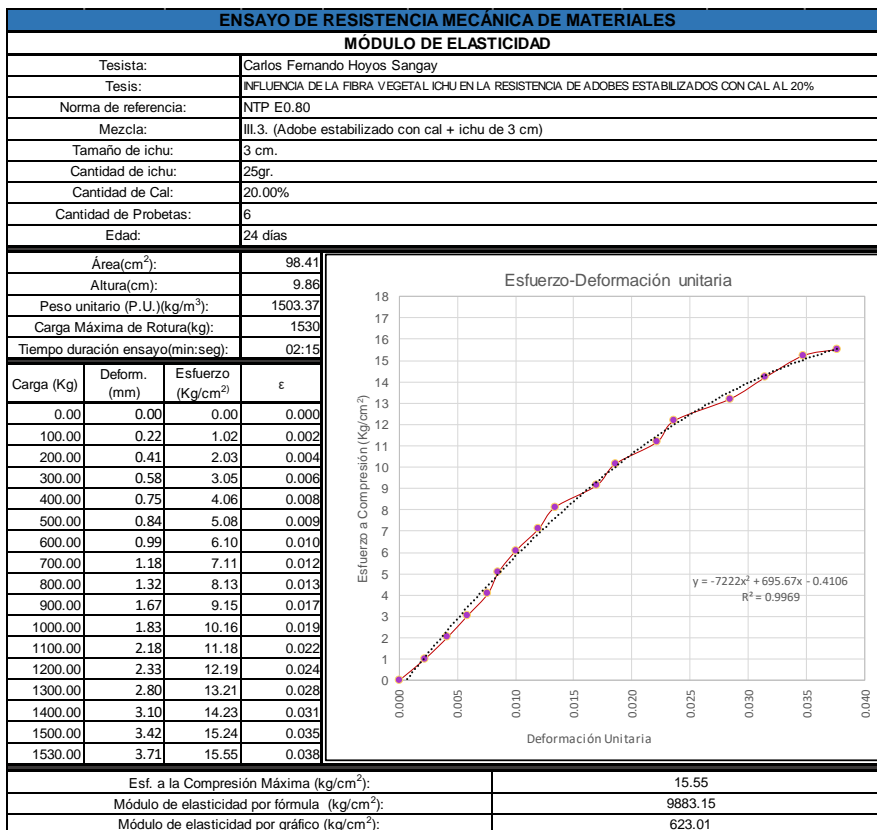


Tabla N°115: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.3

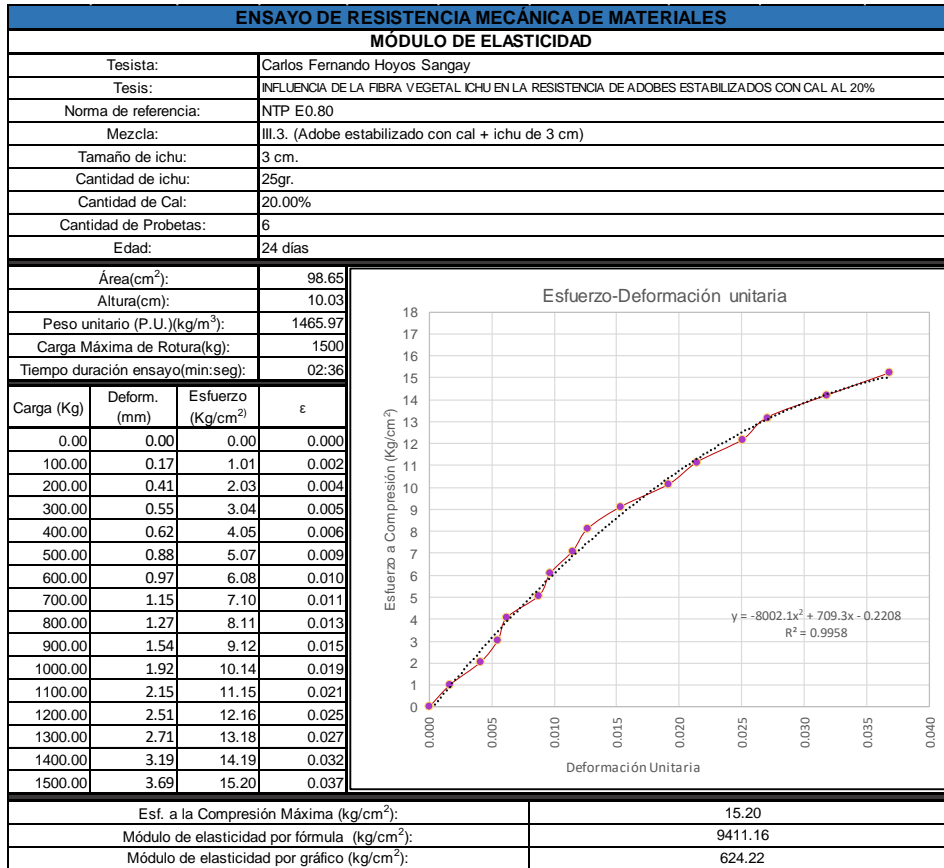


Tabla N°116: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.4

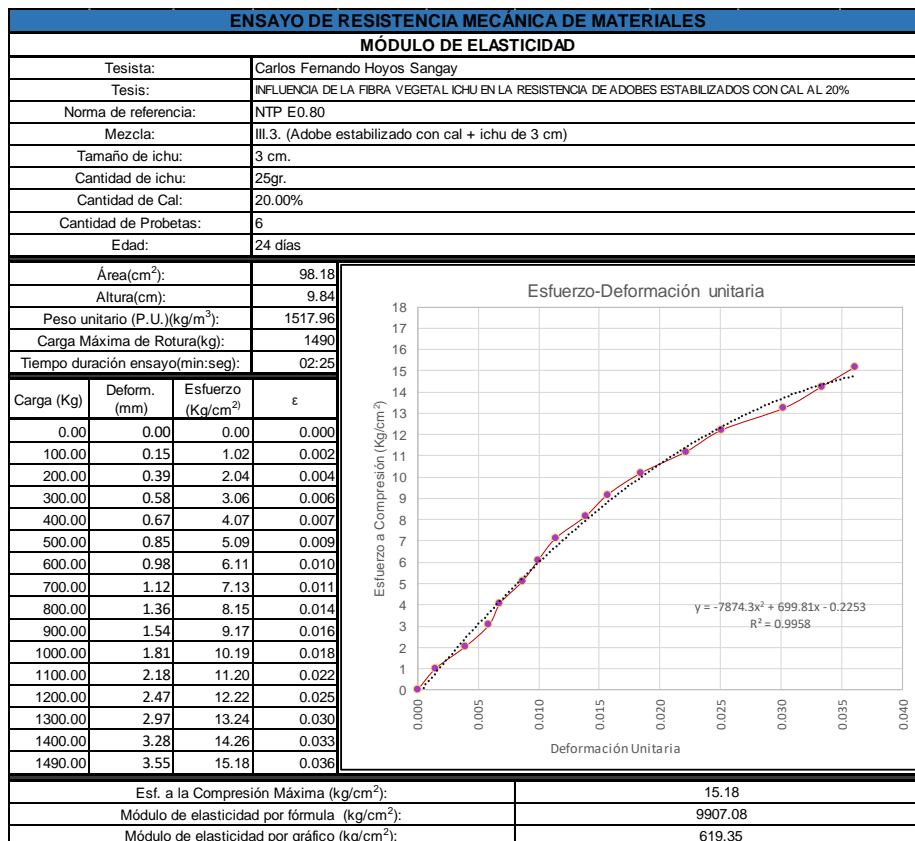


Tabla N°117: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.5

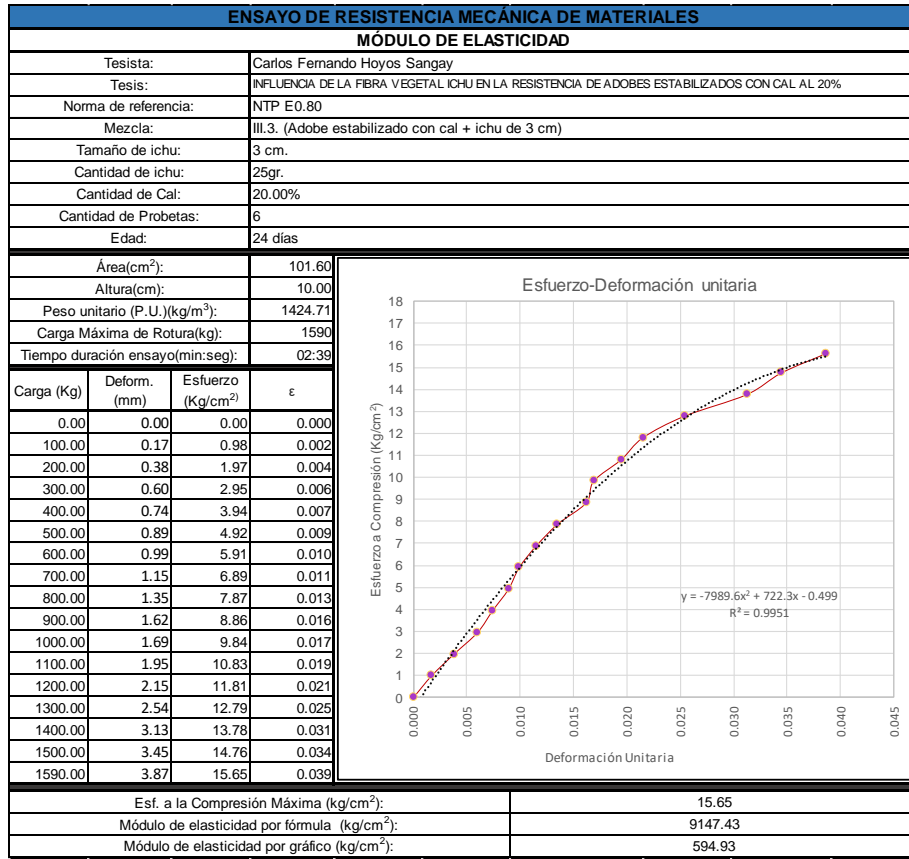
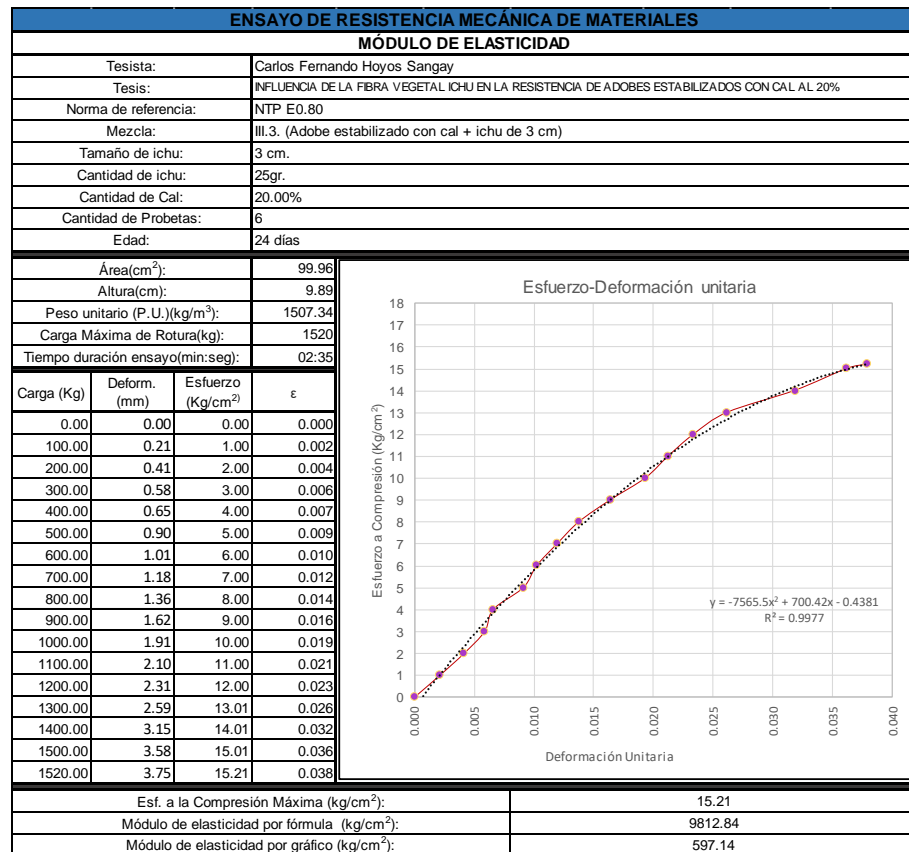


Tabla N°118: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta III.3.6



- Mezcla tipo IV.1 (Adobe con cal al 20% + 5 gr. de ichu de 6cm)

Tabla N°119: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.1. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Edad:	24 días		
Área(cm ²):	100.58		
Altura(cm):	10.00		
Peso unitario (P.U.)(kg/m ³):	1474.88		
Carga Máxima de Rotura(kg):	1620		
Tiempo duración ensayo(min.seg):	02:02		
Carga (Kg)	Deform. (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	ε
0.00	0.00	0.00	0.000
100.00	0.17	0.99	0.002
200.00	0.29	1.99	0.003
300.00	0.51	2.98	0.005
400.00	0.66	3.98	0.007
500.00	0.81	4.97	0.008
600.00	0.90	5.97	0.009
700.00	1.02	6.96	0.010
800.00	1.18	7.95	0.012
900.00	1.48	8.95	0.015
1000.00	1.74	9.94	0.017
1100.00	2.10	10.94	0.021
1200.00	2.27	11.93	0.023
1300.00	2.54	12.93	0.025
1400.00	2.72	13.92	0.027
1500.00	3.07	14.91	0.031
1600.00	3.32	15.91	0.033
1620.00	3.61	16.11	0.036
Esf. a la Compresión Máxima (kg/cm ²):		16.11	
Módulo de elasticidad - FÓRMULA (kg/cm ²):		9774.85	
Módulo de elasticidad - GRÁFICO (kg/cm ²):		662.04	

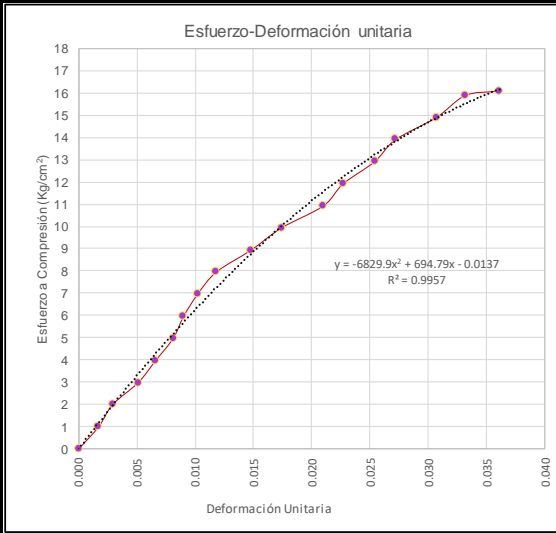


Tabla N°120: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.1. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	5 gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Edad:	24 días		
Área(cm ²):	93.72		
Altura(cm):	9.72		
Peso unitario (P.U.)(kg/m ³):	1583.11		
Carga Máxima de Rotura(kg):	1540		
Tiempo duración ensayo(min.seg):	02:09		
Carga (Kg)	Deform. (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	ε
0.00	0.00	0.00	0.000
100.00	0.16	1.07	0.002
200.00	0.38	2.13	0.004
300.00	0.54	3.20	0.006
400.00	0.75	4.27	0.008
500.00	0.85	5.34	0.009
600.00	0.98	6.40	0.010
700.00	1.15	7.47	0.012
800.00	1.42	8.54	0.015
900.00	1.64	9.60	0.017
1000.00	1.88	10.67	0.019
1100.00	2.04	11.74	0.021
1200.00	2.38	12.80	0.024
1300.00	2.61	13.87	0.027
1400.00	3.11	14.94	0.032
1500.00	3.35	16.01	0.034
1540.00	3.70	16.43	0.038
Esf. a la Compresión Máxima (kg/cm ²):		16.43	
Módulo de elasticidad por fórmula (kg/cm ²):		10979.36	
Módulo de elasticidad por gráfico (kg/cm ²):		627.69	

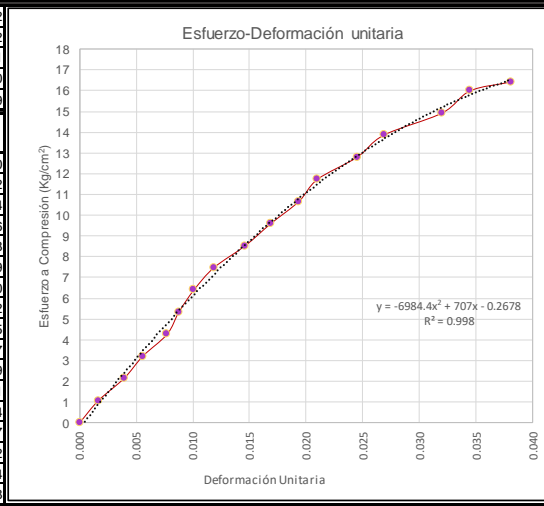


Tabla N°121: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.3

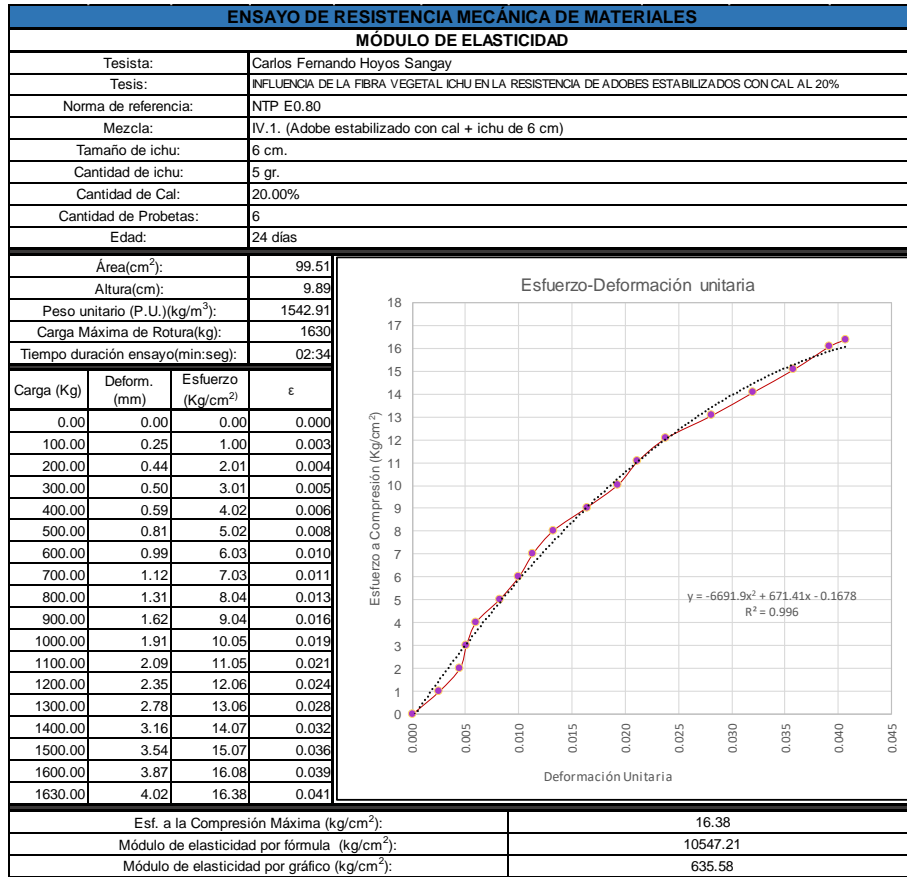


Tabla N°122: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.4

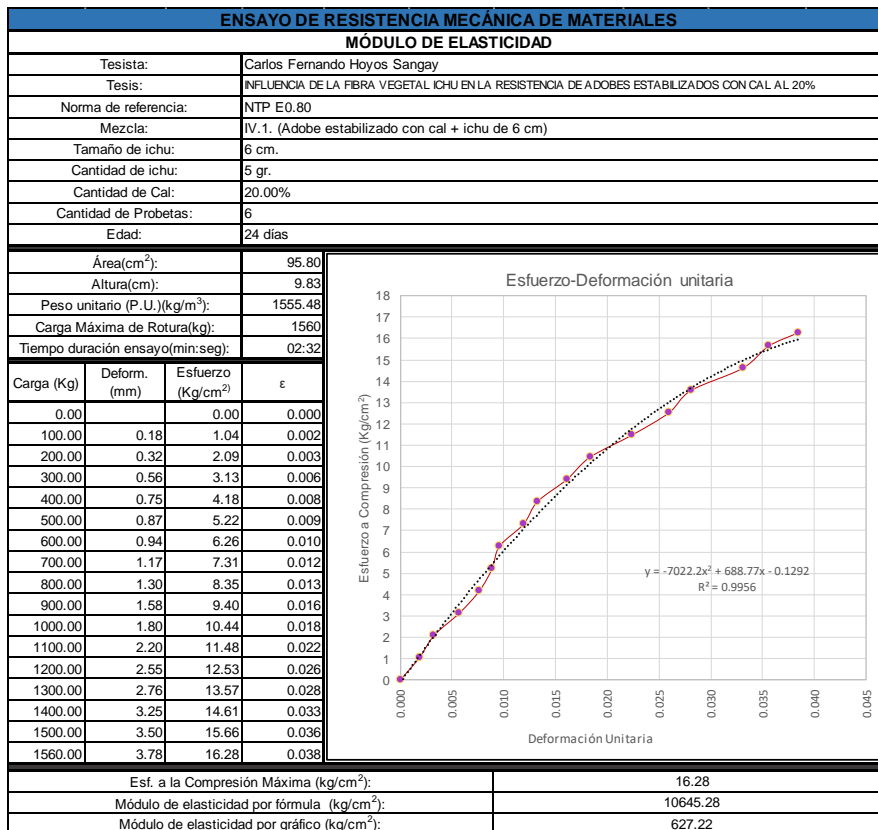


Tabla N°123: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.5

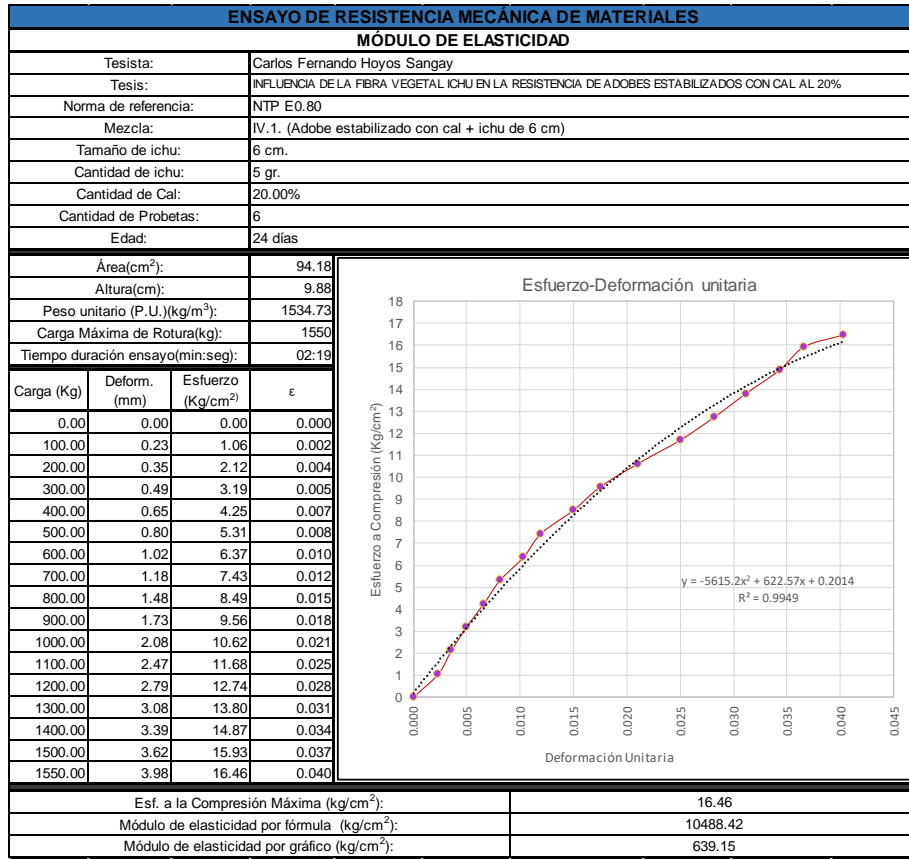
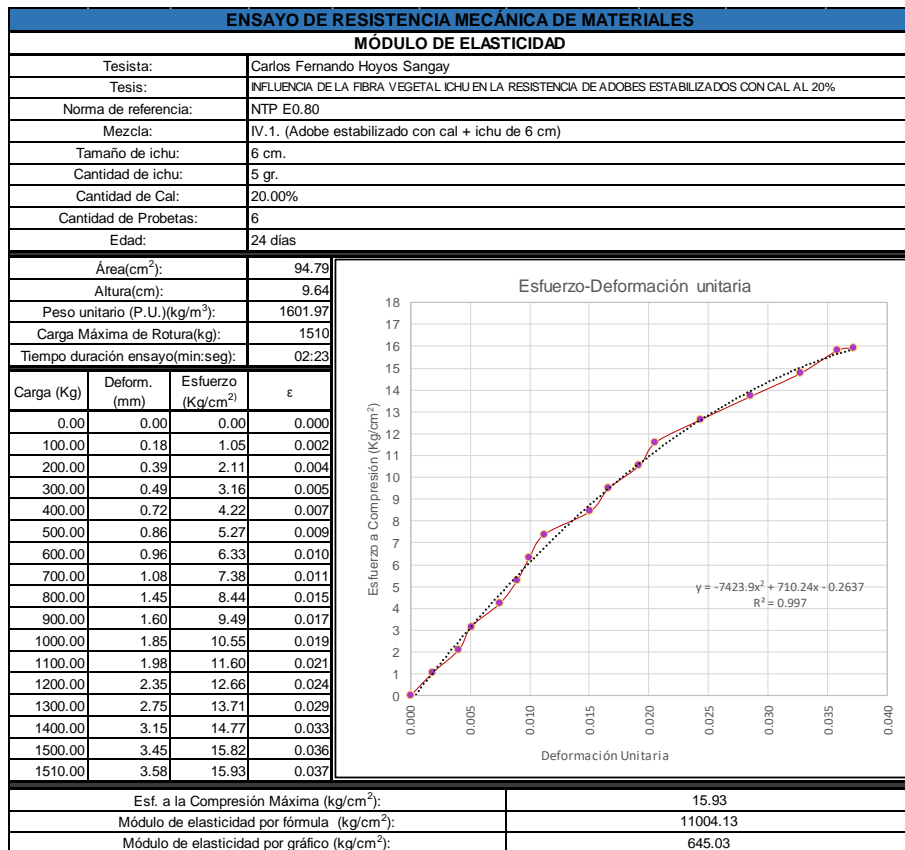


Tabla N°124: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.1.6



- Mezcla tipo IV.2 (Adobe con cal al 20% + 15 gr. de ichu de 6cm)

Tabla N°125: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.1

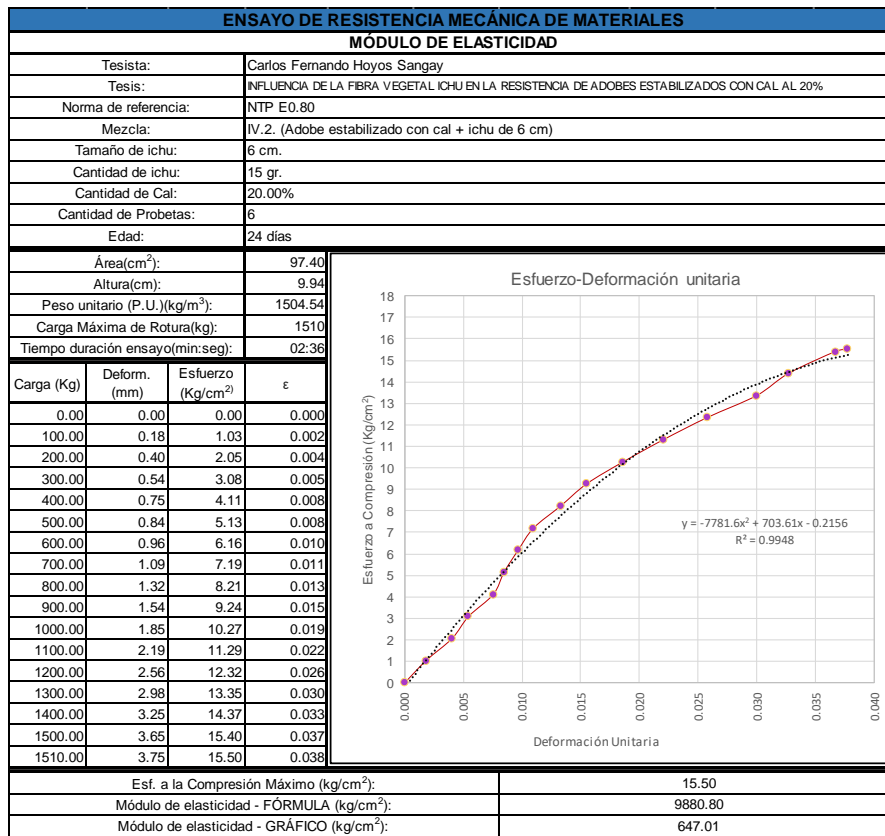


Tabla N°126: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.2

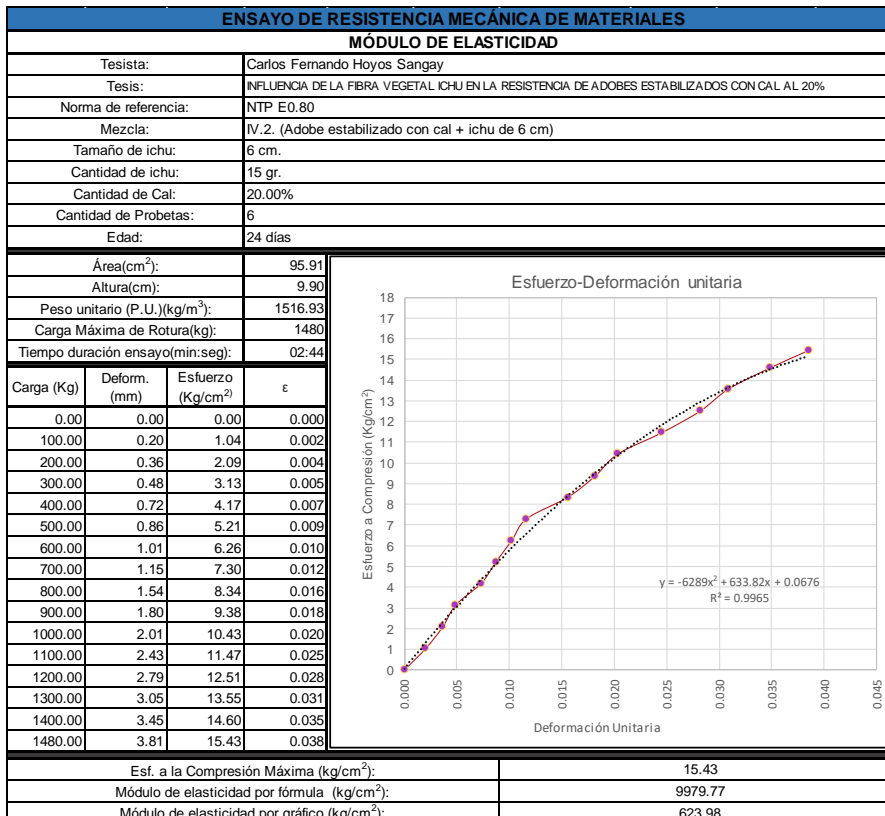


Tabla N°127: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.3

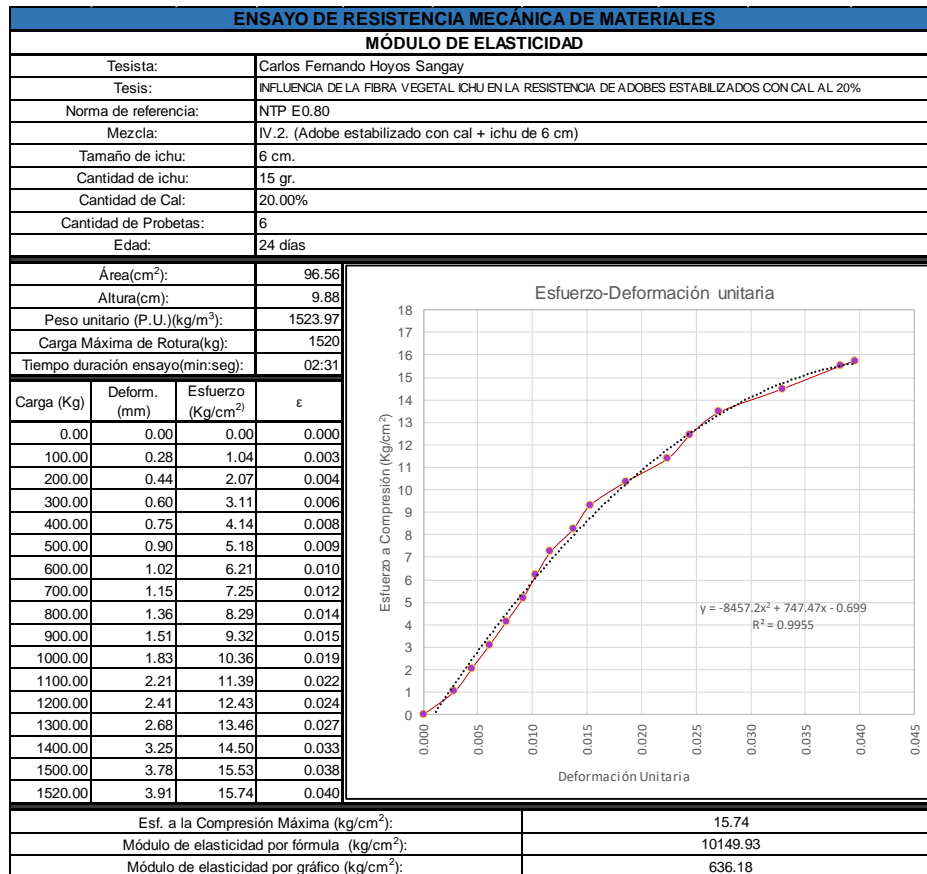


Tabla N°128: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.4

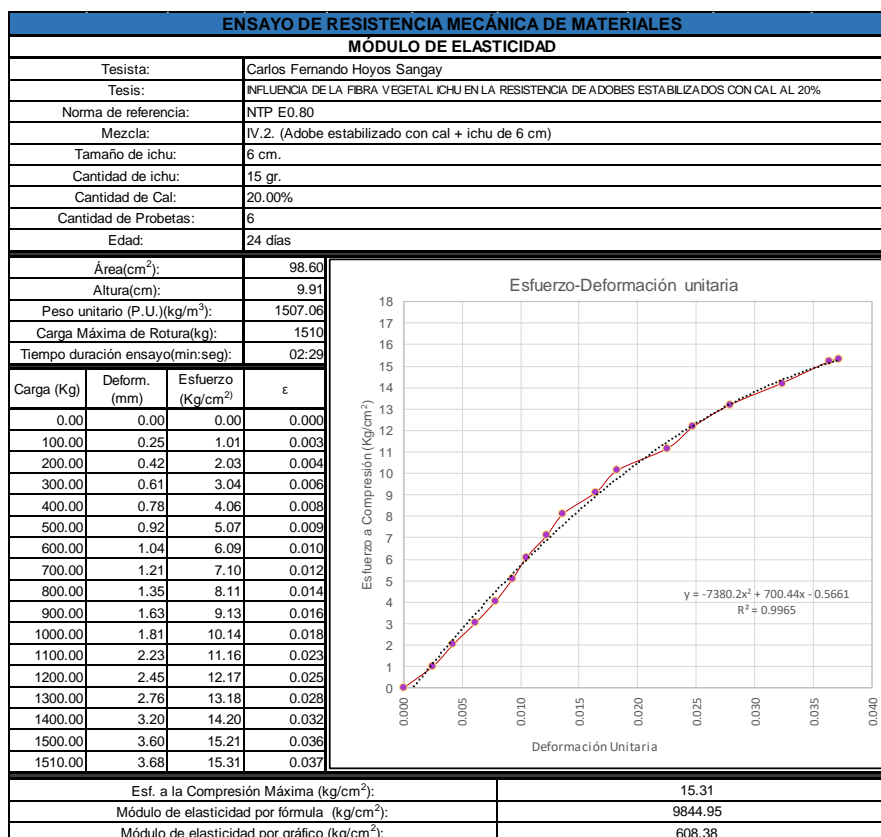


Tabla N°129: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.5

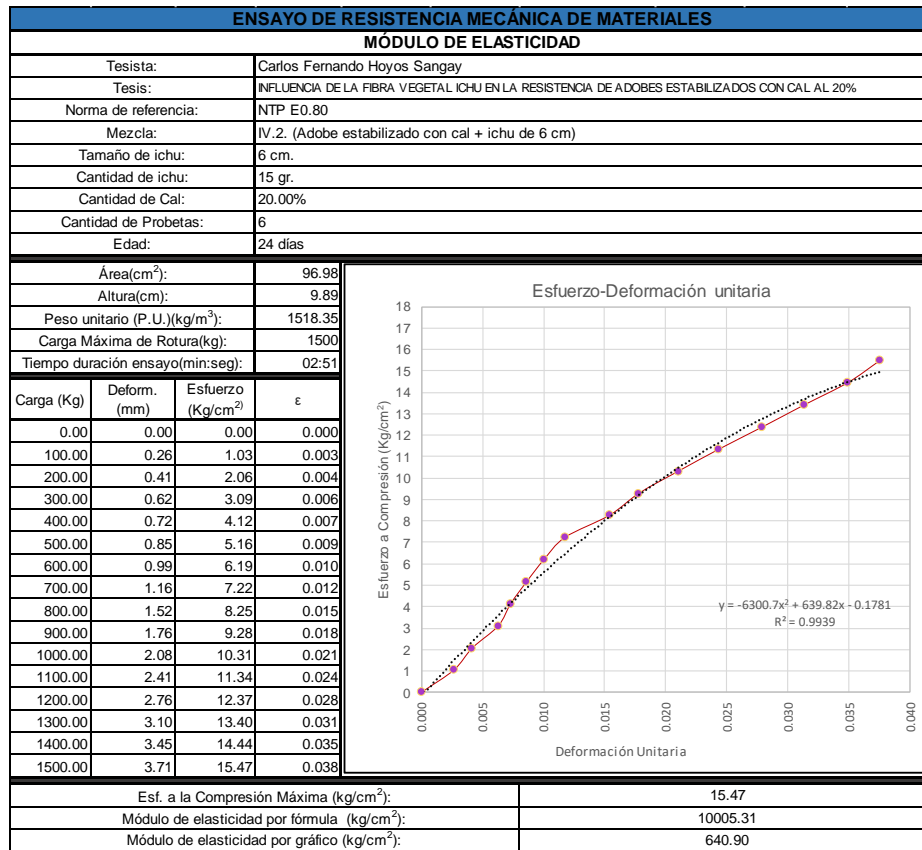
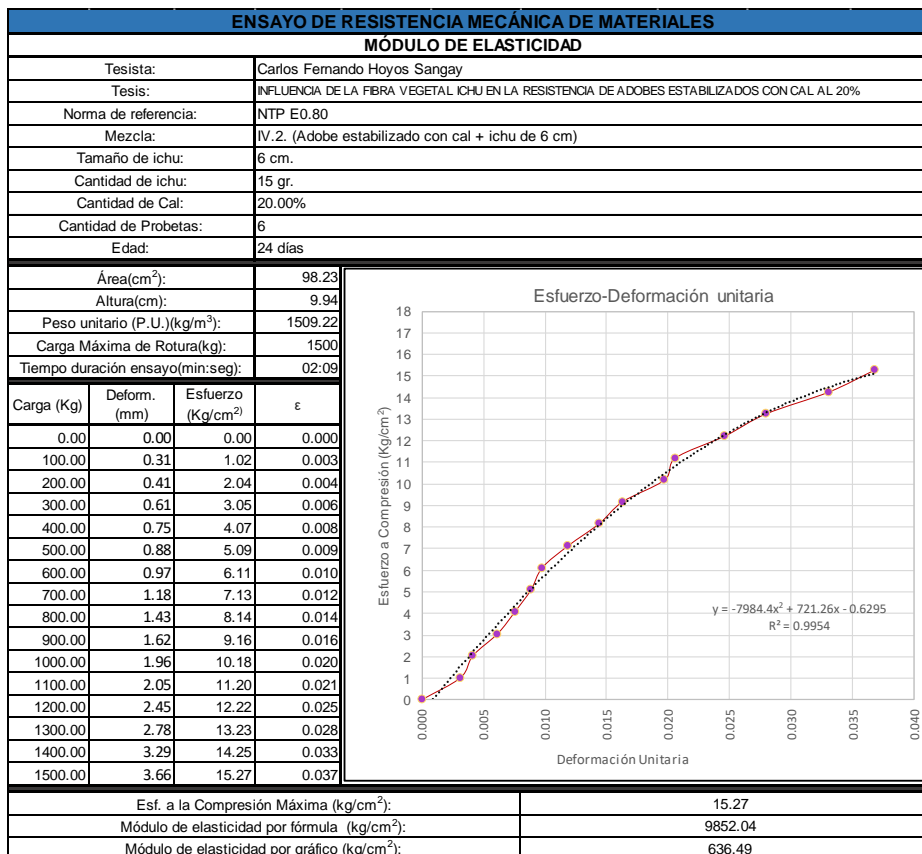


Tabla N°130: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.2.6



- Mezcla tipo IV.3 (Adobe con cal al 20% + 25 gr. de ichu de 6cm)

Tabla N°131: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.1

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.3. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	25gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Edad:	24 días		
Área(cm ²):	99.60		
Altura(cm):	9.88		
Peso unitario (P.U.)(kg/m ³):	1509.48		
Carga Máxima de Rotura(kg):	1480		
Tiempo duración ensayo(min:seg):	02:31		
Carga (Kg)	Deform. (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	ε
0.00	0.00	0.00	0.000
100.00	0.25	1.00	0.003
200.00	0.43	2.01	0.004
300.00	0.57	3.01	0.006
400.00	0.70	4.02	0.007
500.00	0.91	5.02	0.009
600.00	1.21	6.02	0.012
700.00	1.34	7.03	0.014
800.00	1.45	8.03	0.015
900.00	1.72	9.04	0.017
1000.00	1.91	10.04	0.019
1100.00	2.24	11.04	0.023
1200.00	2.69	12.05	0.027
1300.00	2.99	13.05	0.030
1400.00	3.40	14.06	0.034
1480.00	3.81	14.86	0.039
Esf. a la Compresión Máximo (kg/cm ²):		14.86	
Módulo de elasticidad - FÓRMULA (kg/cm ²):		9721.02	
Módulo de elasticidad - GRÁFICO (kg/cm ²):		523.93	

Tabla N°132: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.2

ENSAYO DE RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES			
MÓDULO DE ELASTICIDAD			
Tesista:	Carlos Fernando Hoyos Sangay		
Tesis:	INFLUENCIA DE LA FIBRA VEGETAL ICHU EN LA RESISTENCIA DE ADOBES ESTABILIZADOS CON CAL AL 20%		
Norma de referencia:	NTP E0.80		
Mezcla:	IV.3. (Adobe estabilizado con cal + ichu de 6 cm)		
Tamaño de ichu:	6 cm.		
Cantidad de ichu:	25gr.		
Cantidad de Cal:	20.00%		
Cantidad de Probetas:	6		
Edad:	24 días		
Área(cm ²):	96.96		
Altura(cm):	9.94		
Peso unitario (P.U.)(kg/m ³):	1546.08		
Carga Máxima de Rotura(kg):	1470		
Tiempo duración ensayo(min:seg):	02:15		
Carga (Kg)	Deform. (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	ε
0.00	0.00	0.00	0.000
100.00	0.23	1.03	0.002
200.00	0.45	2.06	0.005
300.00	0.59	3.09	0.006
400.00	0.71	4.13	0.007
500.00	0.99	5.16	0.010
600.00	1.18	6.19	0.012
700.00	1.25	7.22	0.013
800.00	1.36	8.25	0.014
900.00	1.67	9.28	0.017
1000.00	1.96	10.31	0.020
1100.00	2.15	11.34	0.022
1200.00	2.45	12.38	0.025
1300.00	2.88	13.41	0.029
1400.00	3.19	14.44	0.032
1470.00	3.61	15.16	0.036
Esf. a la Compresión Máxima (kg/cm ²):		15.16	
Módulo de elasticidad por fórmula (kg/cm ²):		10178.12	
Módulo de elasticidad por gráfico (kg/cm ²):		585.18	

Tabla N°133: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.3

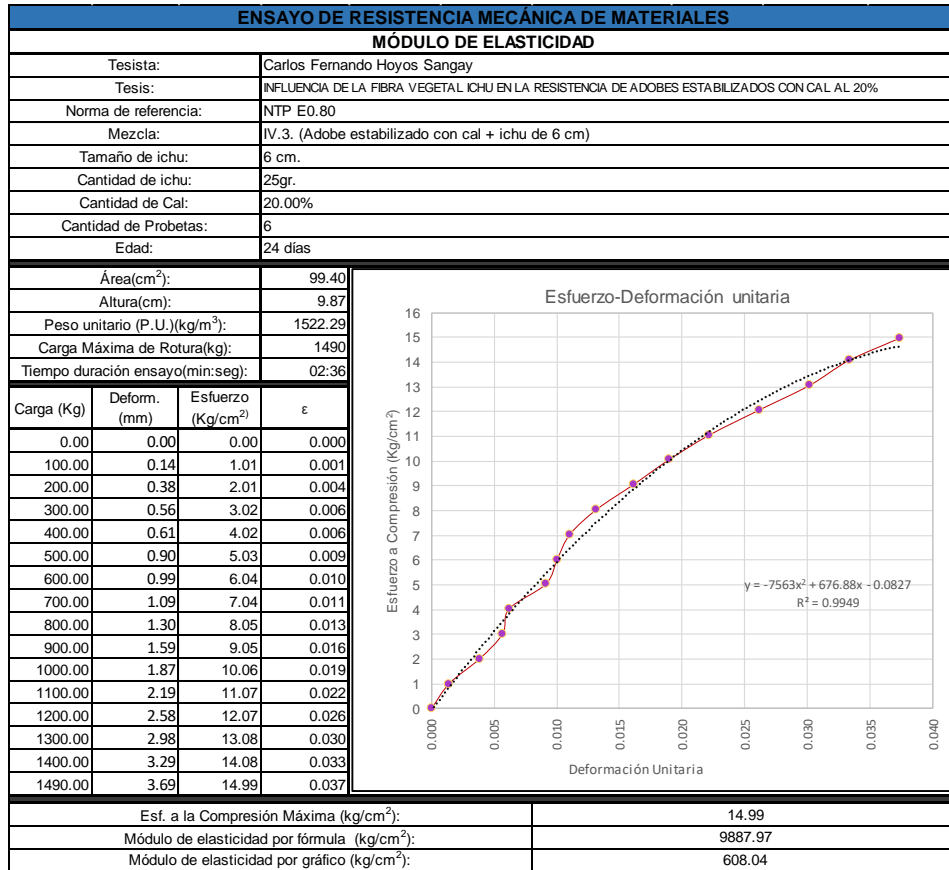


Tabla N°134: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.4

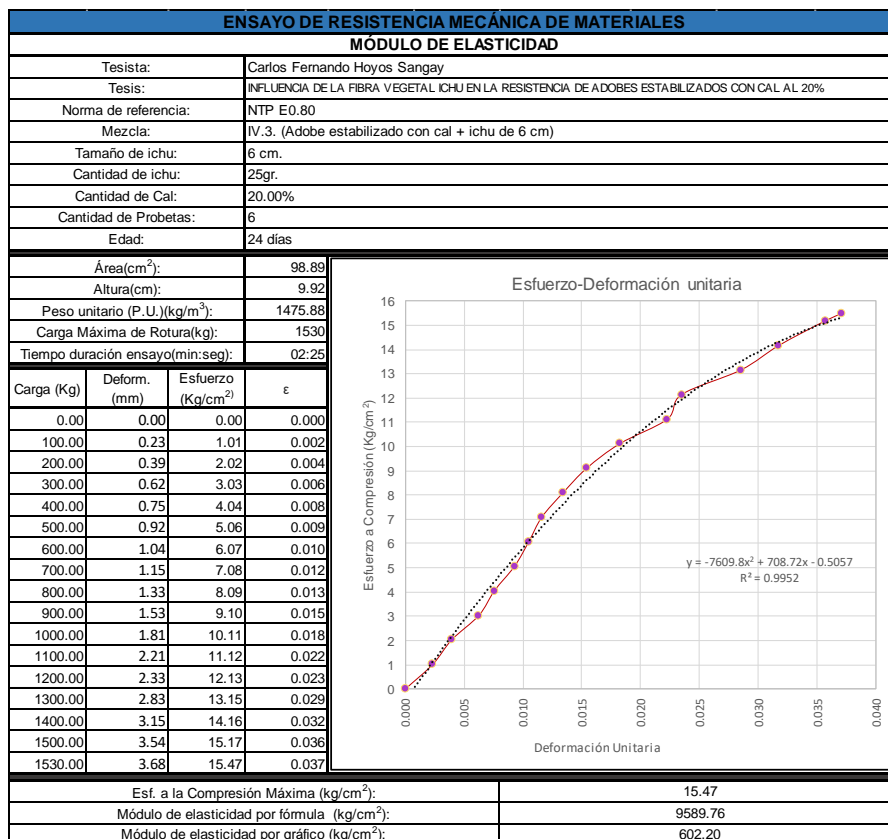


Tabla N°135: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.5

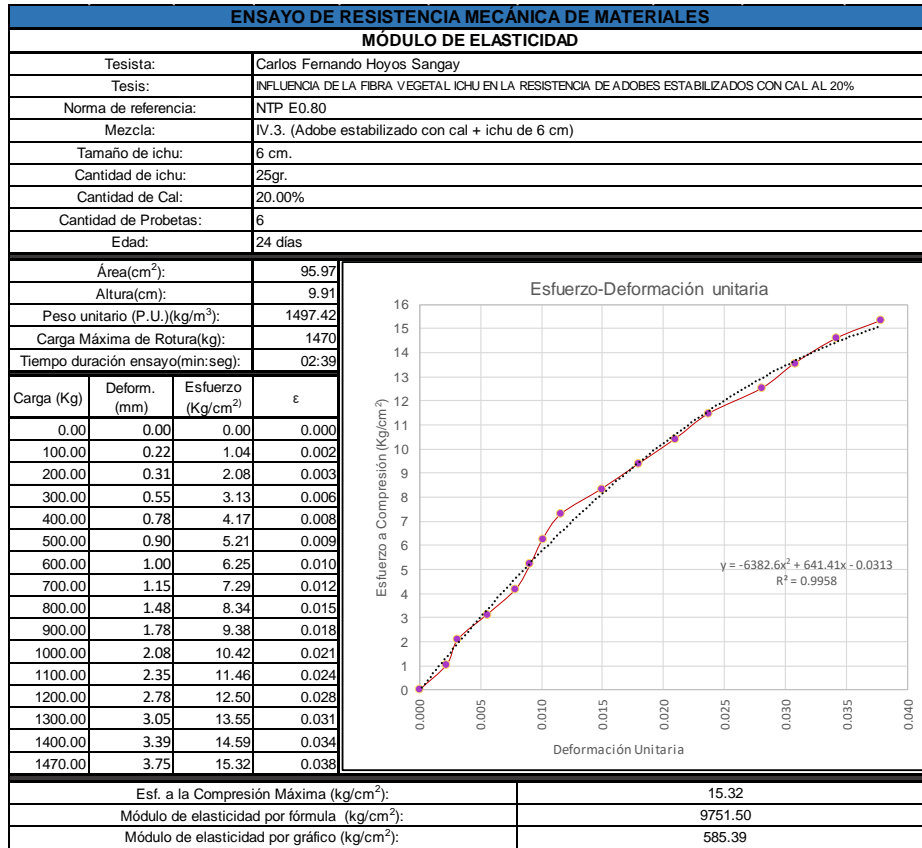
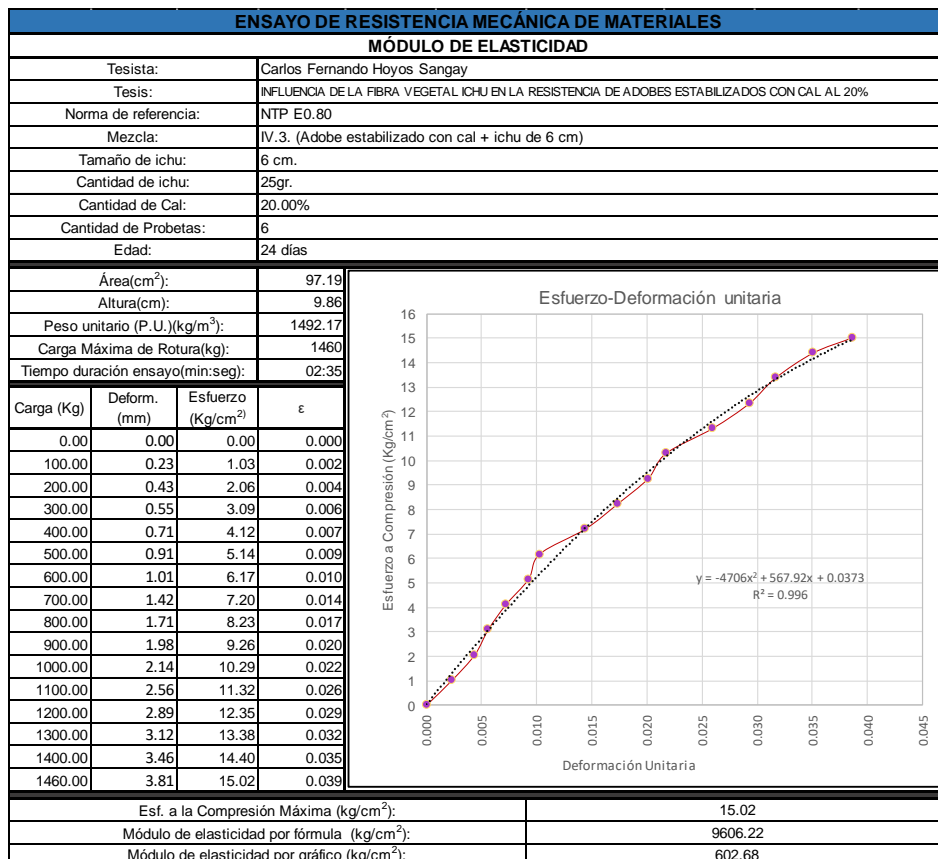


Tabla N°136: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta IV.3.6



- Mezcla tipo V.1 (Adobe con cal al 20% + 5 gr. de ichu de 9cm)

Tabla N°137: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.1

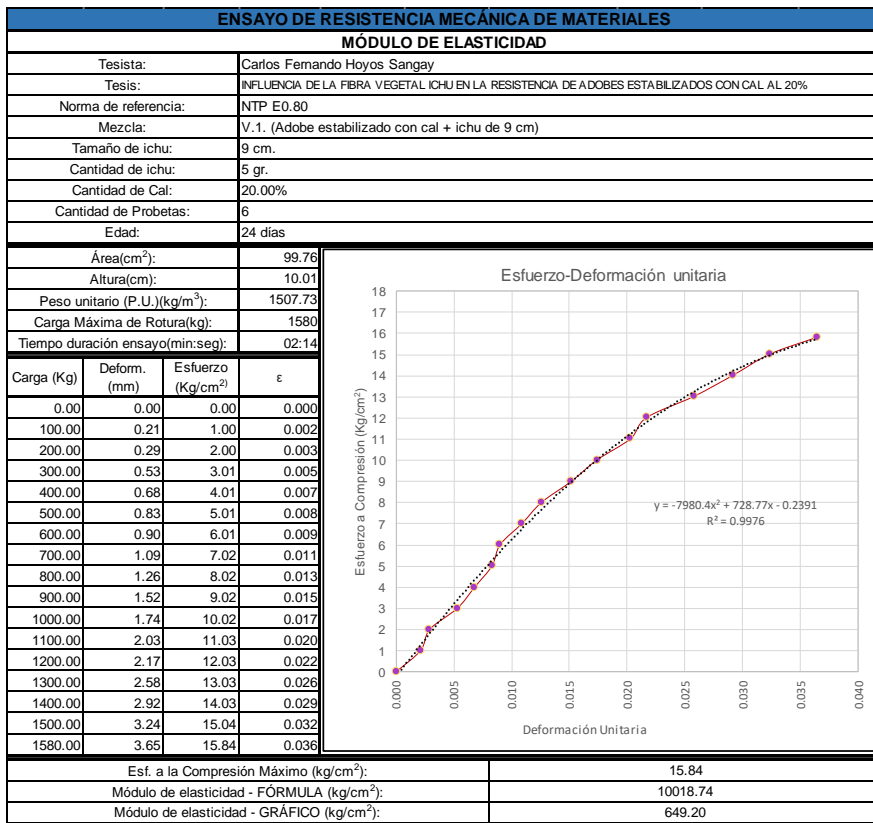


Tabla N°138: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.2

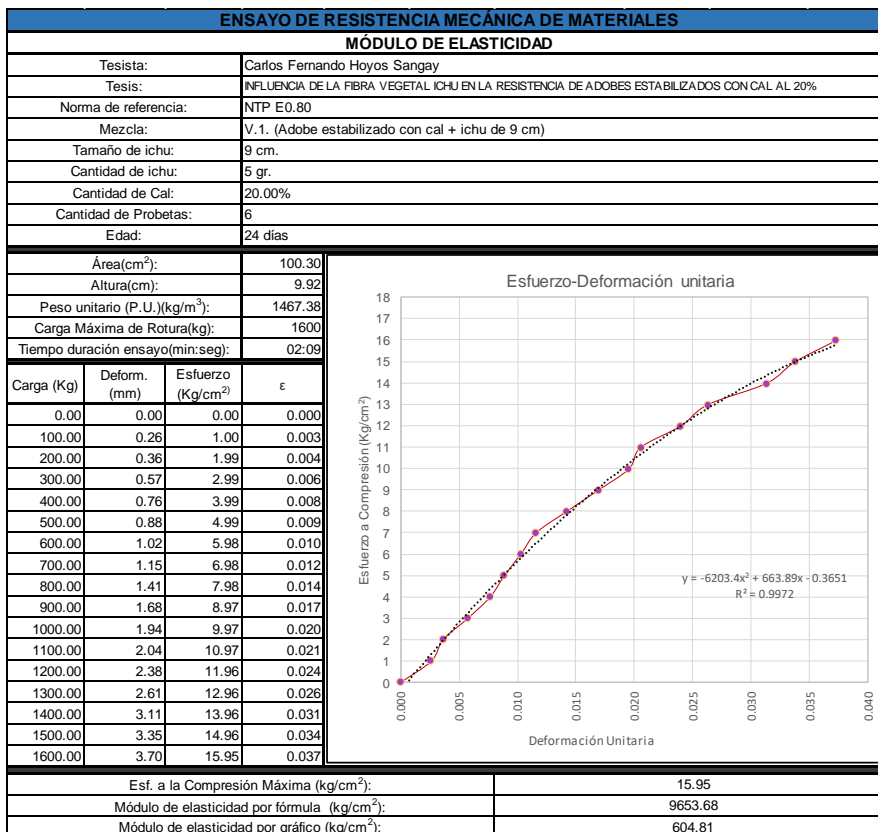


Tabla N°139: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.3

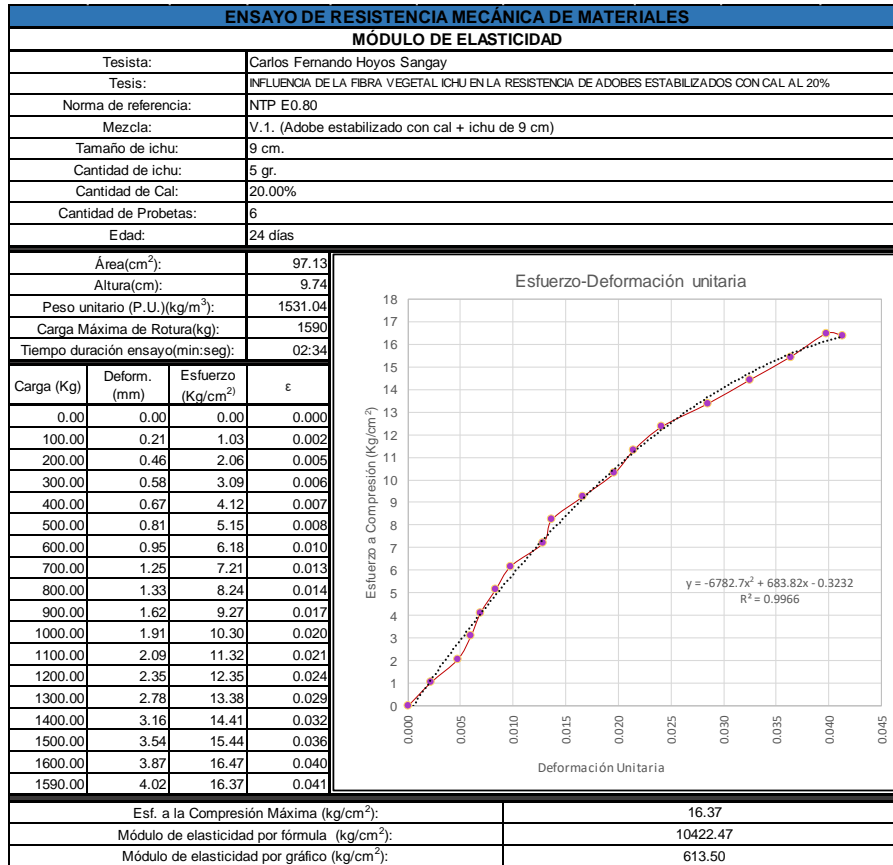


Tabla N°140: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.4

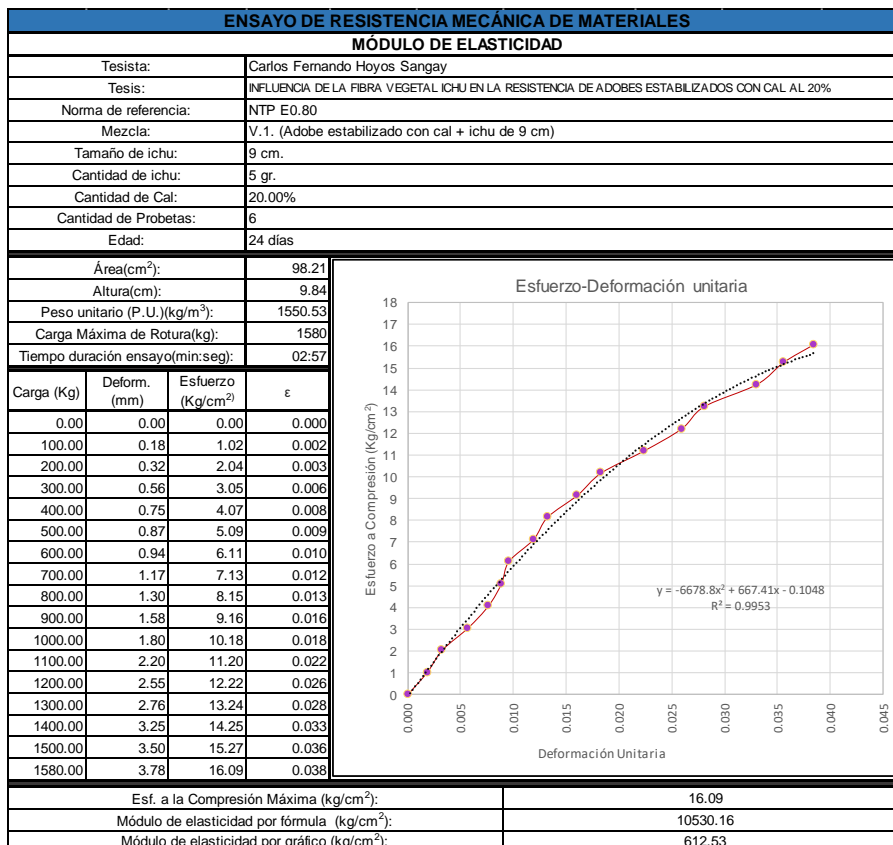


Tabla N°141: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.5

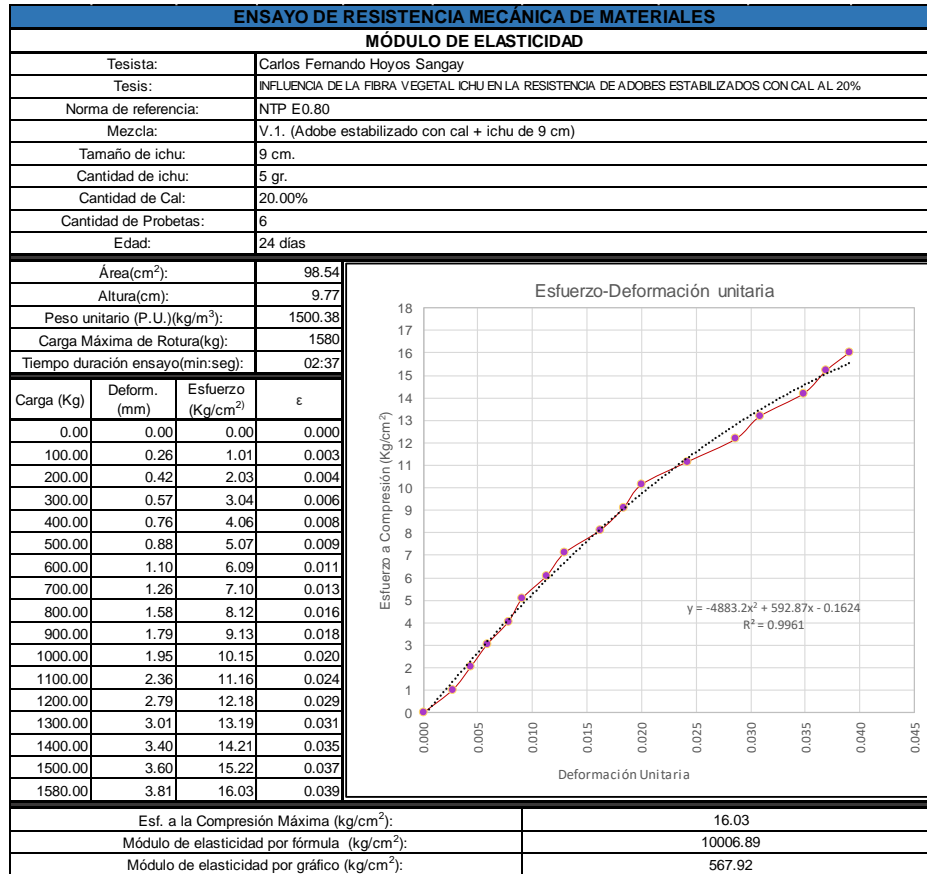
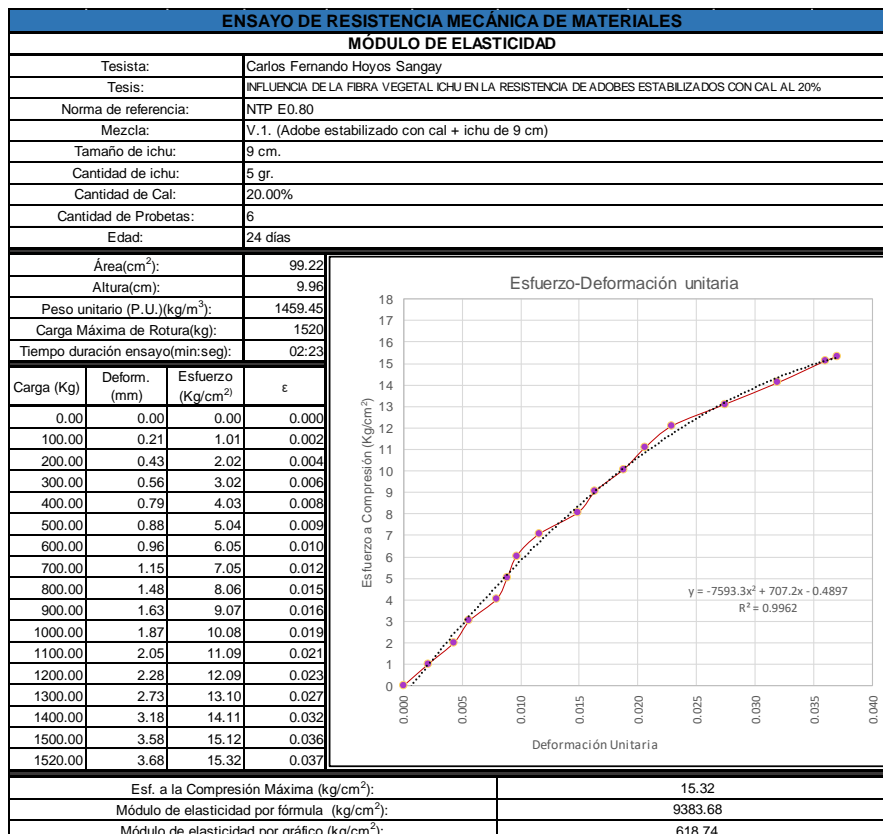


Tabla N°142: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.1.6



- Mezcla tipo IV.2 (Adobe con cal al 20% + 15 gr. de ichu de 9cm)

Tabla N°143: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.1

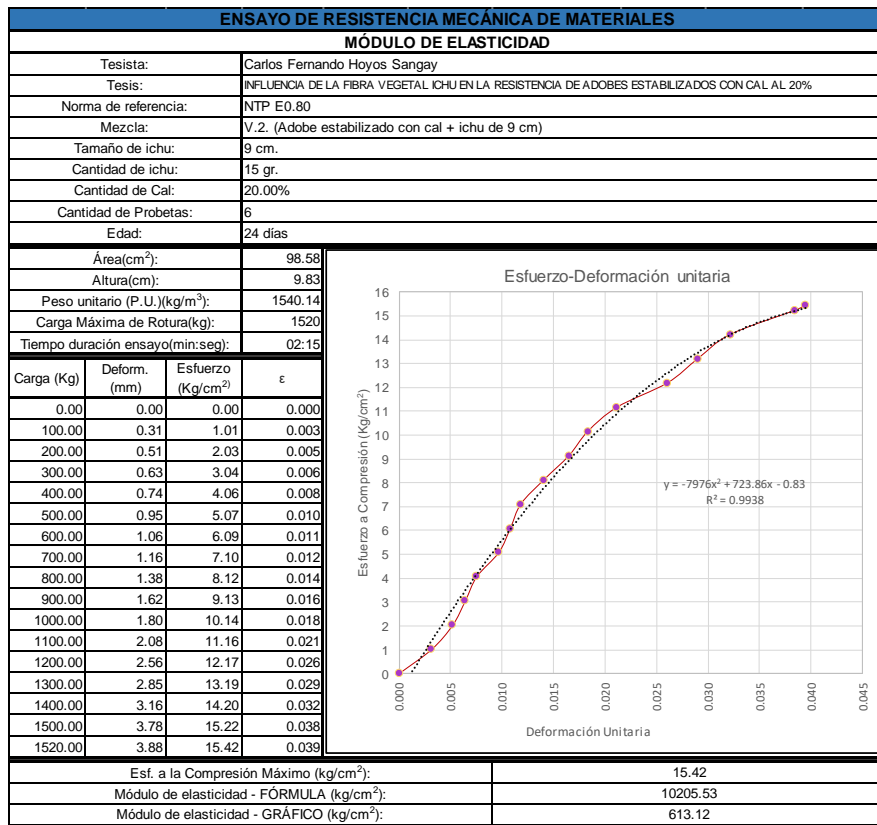


Tabla N°144: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.2

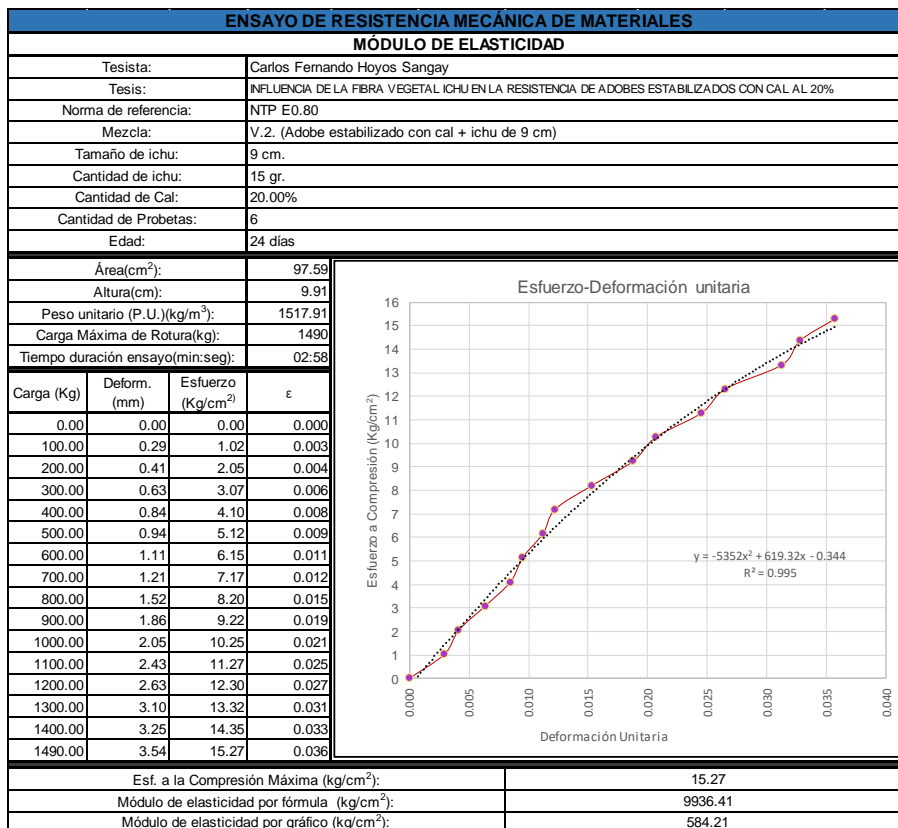


Tabla N°145: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.3

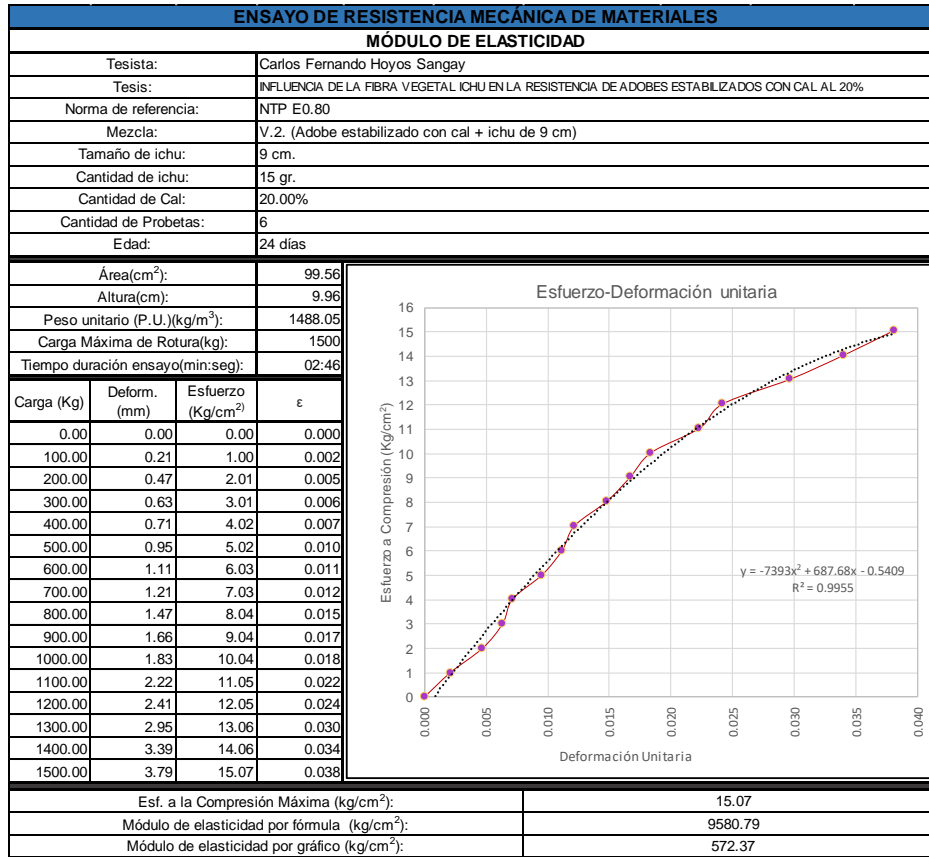


Tabla N°146: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.4

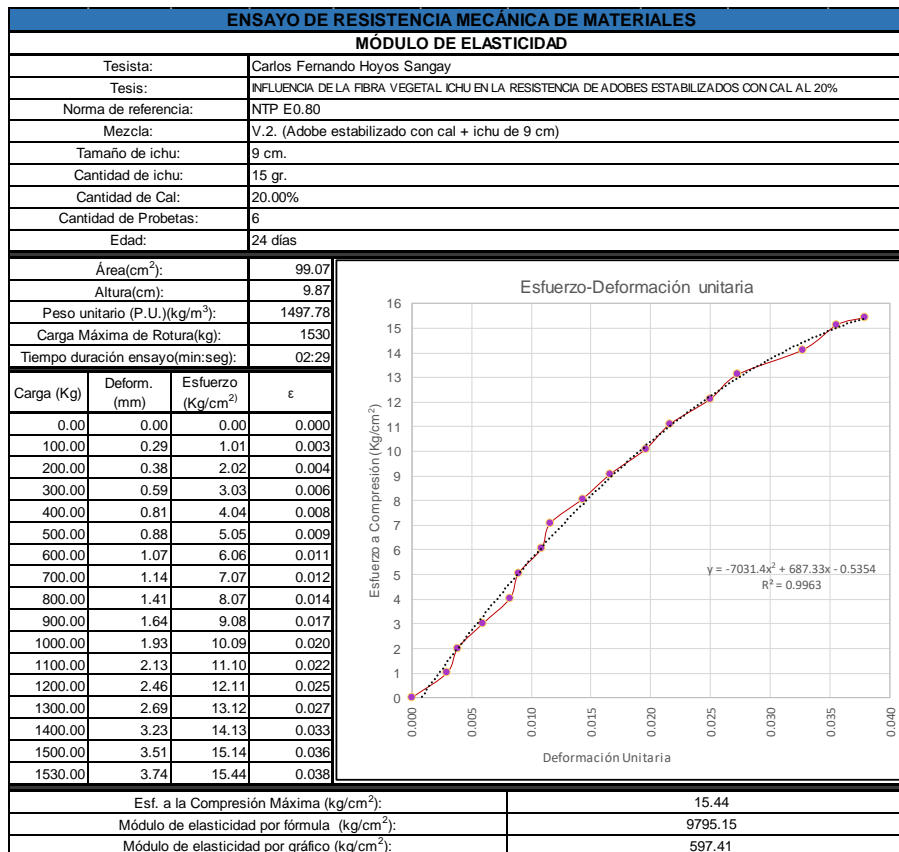


Tabla N°147: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.5

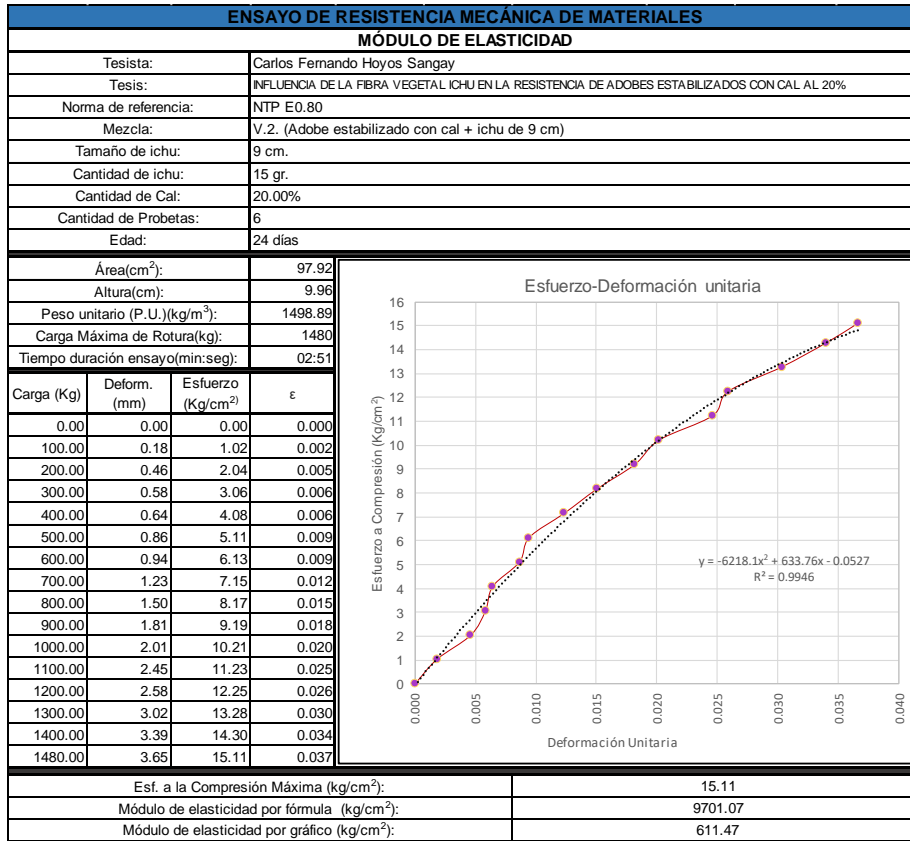
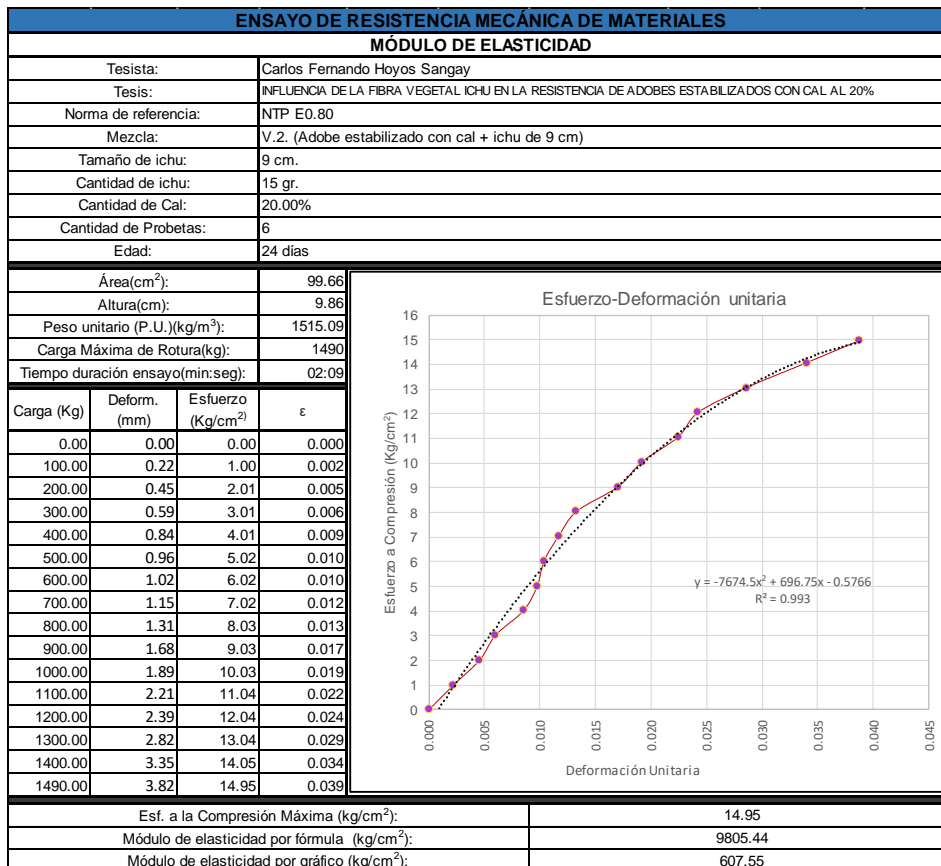


Tabla N°148: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.2.6



- Mezcla tipo V.3 (Adobe con cal al 20% + 25 gr. de ichu de 9cm)

Tabla N°149: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.1

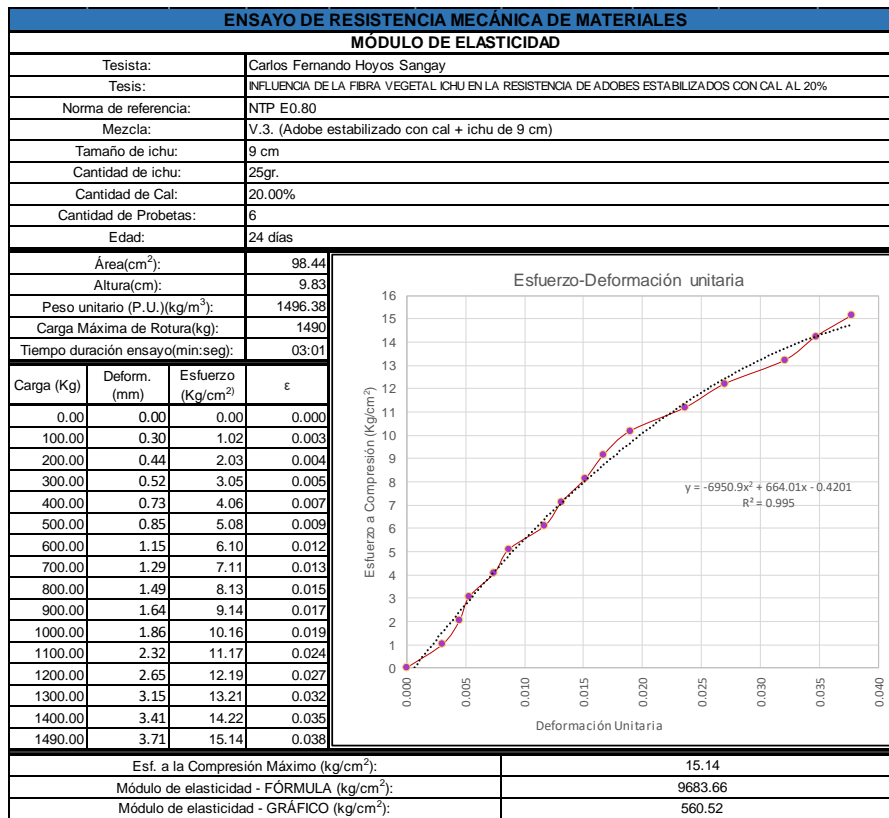


Tabla N°150: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.2

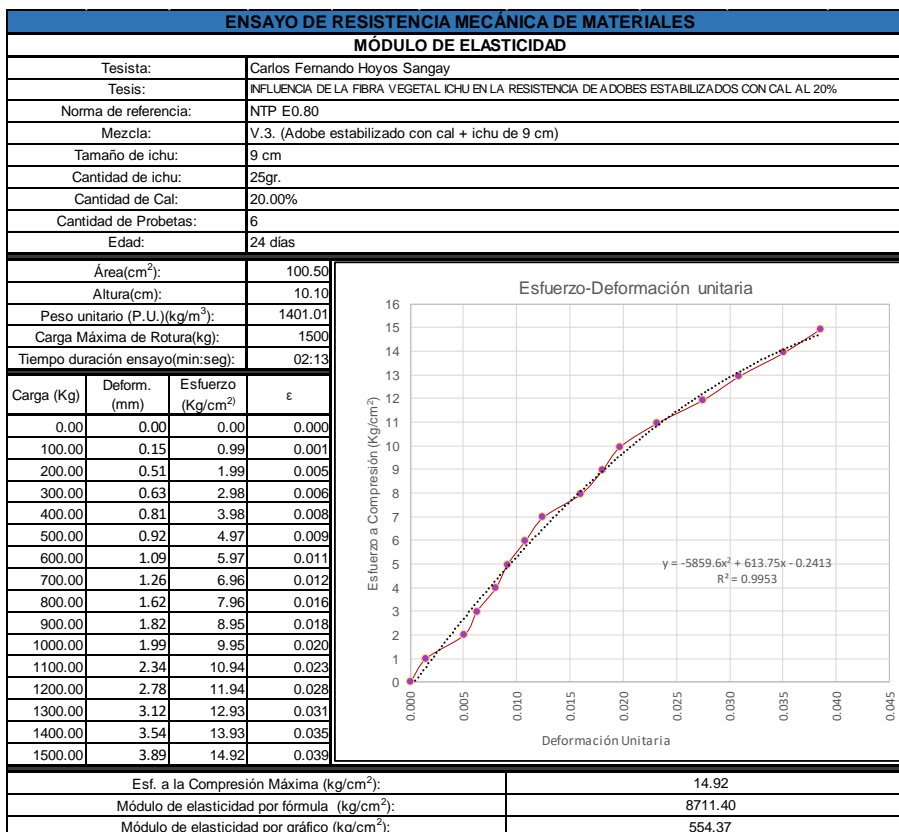


Tabla N°151: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.3

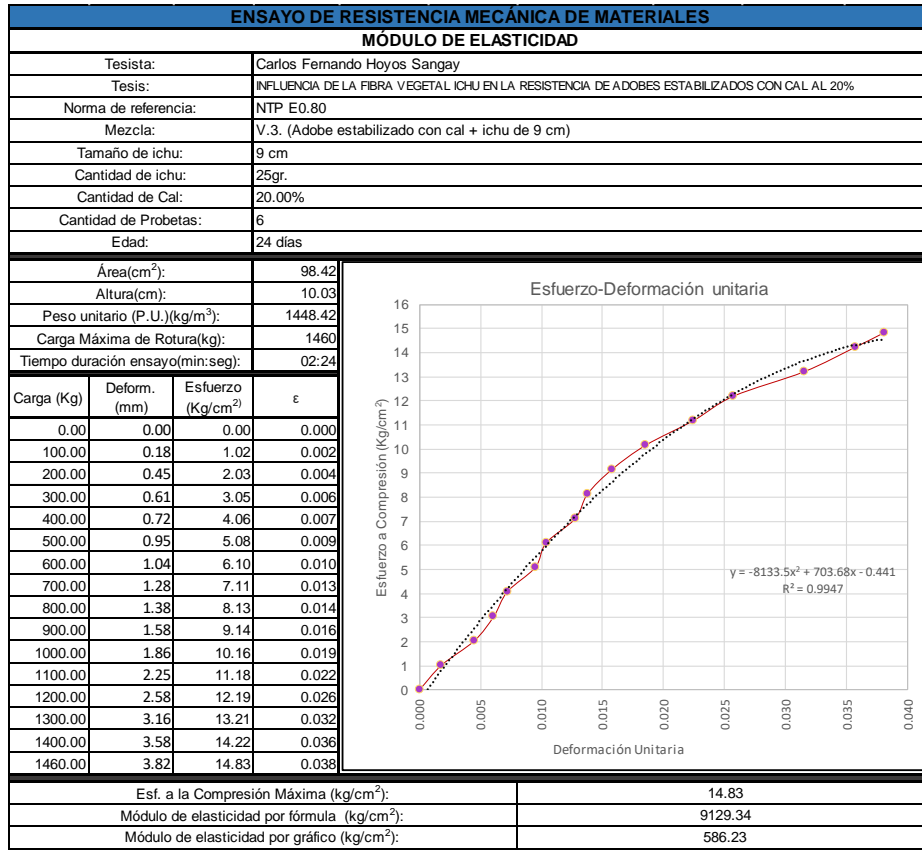


Tabla N°152: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.4

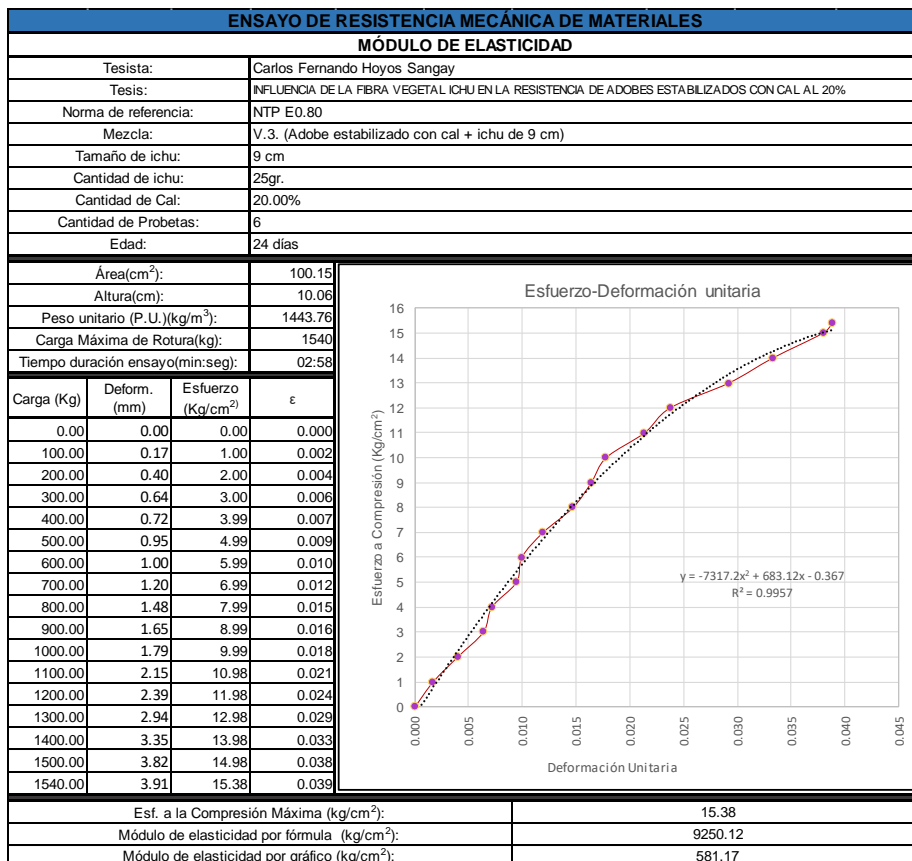


Tabla N°153: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.5

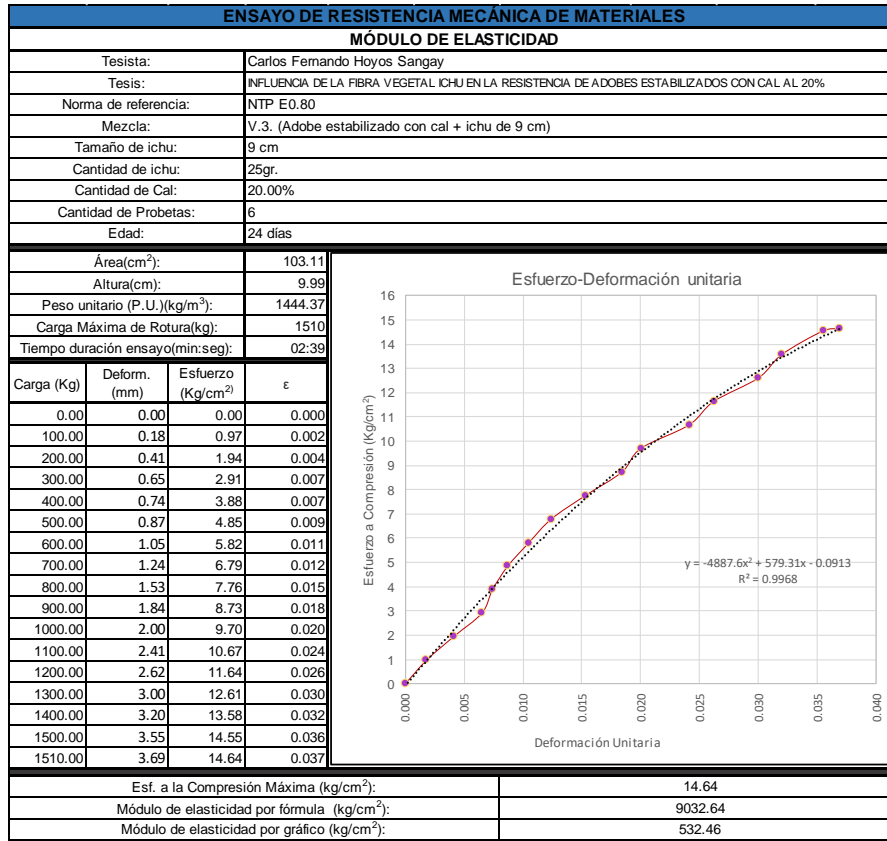
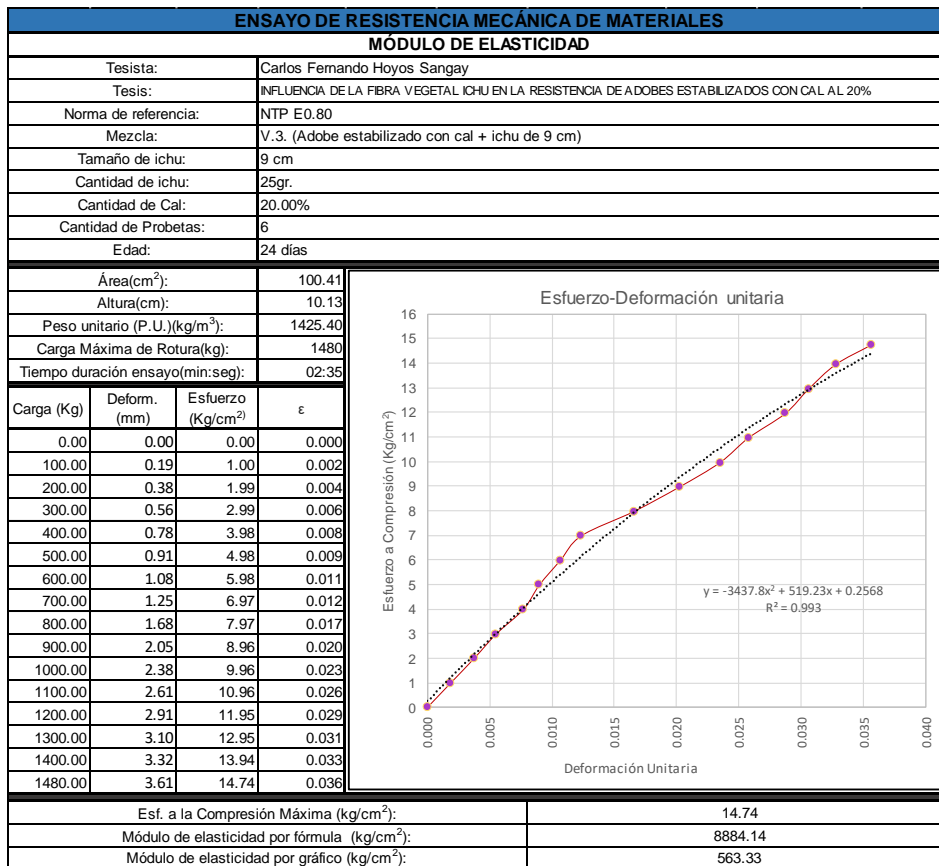


Tabla N°154: Curva esfuerzo vs deformación – Módulo de elasticidad de la probeta V.3.6



E. Procedimiento estadístico de datos

El procedimiento estadístico de datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Fisher (F), trabajándose bajo el planteamiento del problema: ¿En qué medida influye la cantidad de la fibra natural ichu, según el tamaño, sobre la compresión y flexión en adobes estabilizados con cal al 20%? Por lo que se ha planteado las siguientes hipótesis:

H1: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumentará la resistencia a la compresión y flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

H0: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, no aumentará la resistencia a la compresión y flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

Donde:

H1: Hipótesis Alternativa

H0: Hipótesis Nula

- Se rechaza la hipótesis nula (H0) Si $F_0 > F_{\alpha; v_1, v_2}$

Donde:

- F_0 : Distribución de Fisher, se obtiene experimentalmente.
- $F_{\alpha; v_1, v_2}$: Distribución de los grados de libertad, se obtienen de tablas.
 - $v_1 = a - 1$, $v_2 = a(n - 1)$, donde "a" es el número de niveles y "n" el número de réplicas.

Tabla N°155: Fórmulas a utilizar para el análisis de varianza.

Factor de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Media de cuadrados	F ₀
A	a-1	SS _A	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_0 = \frac{MS_A}{MS_E}$
B	b-1	SS _B	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_0 = \frac{MS_B}{MS_E}$
AB	(a-1)(b-1)	SS _{AB}	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_0 = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	ab(n-1)	SS _E	$\frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	abn-1	SS _T		

Fuente: Estadística Descriptiva. DAVID LEVINE. 2012

En primer lugar, hallamos los Grados de libertad (G.L) de los factores:

- Factor A
G.L. = a-1 = 3-1 Donde:
G.L. = 2 - a= Número de niveles del factor A.
- Factor B
G.L. = b-1 = 3-1 Donde:
G.L. = 2 - b= Número de niveles del factor B.
- Grados de libertad de las variables conjugadas (AxB)
G.L. = (a-1) x (b-1) = (3-1) x (3-1)
G.L. = 4
- G.L. del Error:
G.L. = a x b x (n-1) Donde: n=Número de réplicas
G.L. = 3 x 3 x (6-1)
G.L. = 45

Nota:

- En ingeniería se trabaja con un nivel de significancia de 95% de confianza (α=0.05), entonces con los datos anteriores vamos a la tabla N°141 para encontrar el **F Teórico**.

Tabla N°156: Valores críticos de la distribución F_{0.05,v1,v2}.

		F 0.05															
		Grados de libertad del Numerador															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	g.d.l
Grados de libertad del Denominador	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	244,7	245,4	245,9	1
	2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353	19,371	19,385	19,396	19,405	19,413	19,419	19,424	19,429	2
	3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,013	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,763	8,745	8,729	8,715	8,703	3
	4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,936	5,912	5,891	5,873	5,858	4
	5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,772	4,735	4,704	4,678	4,655	4,636	4,619	5
	6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,027	4,000	3,976	3,956	3,938	6
	7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,603	3,575	3,550	3,529	3,511	7
	8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,500	3,438	3,388	3,347	3,313	3,284	3,259	3,237	3,218	8
	9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,102	3,073	3,048	3,025	3,006	9
	10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,135	3,072	3,020	2,978	2,943	2,913	2,887	2,865	2,845	10
	11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,818	2,788	2,761	2,739	2,719	11
	12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,717	2,687	2,660	2,637	2,617	12
	13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,635	2,604	2,577	2,554	2,533	13
	14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,565	2,534	2,507	2,484	2,463	14
	15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,790	2,707	2,641	2,588	2,544	2,507	2,475	2,448	2,424	2,403	15
	16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,456	2,425	2,397	2,373	2,352	16
	17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,413	2,381	2,353	2,329	2,308	17
	18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,374	2,342	2,314	2,290	2,269	18
	19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,340	2,308	2,280	2,256	2,234	19
	20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,310	2,278	2,250	2,225	2,203	20
	21	4,325	3,467	3,072	2,840	2,685	2,573	2,488	2,420	2,366	2,321	2,283	2,250	2,222	2,197	2,176	21
	22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,259	2,226	2,198	2,173	2,151	22
	23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,236	2,204	2,175	2,150	2,128	23
	24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,216	2,183	2,155	2,130	2,108	24
	25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,236	2,198	2,165	2,136	2,111	2,089	25
	26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,265	2,220	2,181	2,148	2,119	2,094	2,072	26
	27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,166	2,132	2,103	2,078	2,056	27
	28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,151	2,118	2,089	2,064	2,041	28
	29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,138	2,104	2,075	2,050	2,027	29
	30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,126	2,092	2,063	2,037	2,015	30
	31	4,160	3,305	2,911	2,679	2,523	2,409	2,323	2,255	2,199	2,153	2,114	2,080	2,051	2,026	2,003	31
	32	4,149	3,295	2,901	2,668	2,512	2,399	2,313	2,244	2,189	2,142	2,103	2,070	2,040	2,015	1,992	32
	33	4,139	3,285	2,892	2,659	2,503	2,389	2,303	2,235	2,179	2,133	2,093	2,060	2,030	2,004	1,982	33
	34	4,130	3,276	2,883	2,650	2,494	2,380	2,294	2,225	2,170	2,123	2,084	2,050	2,021	1,995	1,972	34
	35	4,121	3,267	2,874	2,641	2,485	2,372	2,285	2,217	2,161	2,114	2,075	2,041	2,012	1,986	1,963	35
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,038	2,003	1,974	1,948	1,924	40	
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,952	1,917	1,887	1,860	1,836	60	
80	3,960	3,111	2,719	2,486	2,329	2,214	2,126	2,056	1,999	1,951	1,910	1,875	1,845	1,817	1,793	80	
90	3,947	3,098	2,706	2,473	2,316	2,201	2,113	2,043	1,986	1,938	1,897	1,861	1,830	1,803	1,779	90	
100	3,936	3,087	2,696	2,463	2,305	2,191	2,103	2,032	1,975	1,927	1,886	1,850	1,819	1,792	1,768	100	
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,910	1,869	1,834	1,803	1,775	1,750	120	
inf.	3,841	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,789	1,752	1,720	1,692	1,666	inf.	

Fuente: Probabilidad y estadística (Facultad Regional de Mendoza UTN)

Al no tener un valor para nuestro grado de libertad del denominador, interpolamos y tenemos como resultado el **F Teórico**:

- $A = 3.212$
- $B = 3.212$
- $AXB = 2.586$

a. CALCULAMOS EL F EXPERIMENTAL PARA LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Seguimos el siguiente procedimiento:

DATOS A UTILIZAR				
Numero de niveles de tamaño de lchu (a)				3
Numero de niveles de cantidad de lchu (a)				3
Número de muestras				6
Resumen de Resistencias de todas las Probetas				
		Cantidad lchu		
		5 gr.	15 gr.	25 gr.
T a m a ñ o l c h u	3 cm	16.406	15.737	15.154
		16.331	16.031	15.547
		16.498	15.904	15.205
		16.594	15.711	15.177
		16.432	16.219	15.649
	6 cm	16.282	15.742	15.206
		16.107	15.504	14.859
		16.432	15.432	15.160
		16.380	15.742	14.989
		16.285	15.314	15.471
	9 cm	16.459	15.467	15.317
		15.930	15.271	15.021
		15.839	15.419	15.136
		15.952	15.268	14.925
		16.370	15.067	14.834
		16.088	15.443	15.377
		16.034	15.114	14.644
		15.319	14.951	14.740

ANÁLISIS DE VARIANZA

❖ Realizamos las estimaciones de Y_i y Y_j , esto se hace sumando los valores de cada tipo de muestra y la colocamos en el siguiente cuadro.

Estimación de Y_i y Y_j					
		Cantidad lchu			Y_j
		5 gr.	15 gr.	25 gr.	
Tamaño lchu	3 cm	98.542	95.343	91.938	285.823
	6 cm	97.592	92.729	90.819	281.141
	9 cm	95.602	91.262	89.656	276.520
Y_i		291.736	279.335	272.413	843.484 = Y_T

Nota: Y_T viene a ser la suma de los Y_j o Y_i

HALAMOS LA SUMA DE CUADRADOS DE LOS FACTORES

- Suma de cuadrados para el factor A

SSA	10.6501611
-----	------------

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

- Suma de cuadrados para el factor B

SSB	2.40430367
-----	------------

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

- Suma de cuadrados subtotales

SSS	13.2590484
-----	------------

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

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

SS AxB	0.20458364
--------	------------

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

- Suma de cuadrados totales

SST	15.5521239
-----	------------

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

,- Suma de cuadrados del error

SSE	2.29307544
-----	------------

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

HALLAMOS LA MEDIA DE CUADRADOS

- Media de cuadrado del factor A

MSA	5.32508056
-----	------------

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

- Media de cuadrado del factor B

MSB	1.20215184
-----	------------

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

- Media de cuadrado del factor AxB

MSAxB	0.05114591
-------	------------

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

- Media de los cuadrados del error

MSE	0.05095723
-----	------------

$$MS_E = \frac{SS_E}{(a \cdot b) \cdot x \cdot (n - 1)}$$

FINALMENTE HALLAMOS EL Fo EXPERIMENTAL

- Calculamos Fo (A)

Fo(A)	104.500978
-------	------------

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

- Calculamos Fo (B)

Fo(B)	23.5913881
-------	------------

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

- Calculamos Fo (AxB)

Fo(AxB)	1.00370269
---------	------------

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

AHORA COMPARAMOS EL F EXPERIMENTAL Y EL F TEÓRICO

Factor	F experimental	F teórico
A	104.5009777	3.212
B	23.59138812	3.212
A X B	1.003702694	2.586

Como $F_0 < F_{\alpha}$; v_1 , v_2

Se rechaza la hipótesis alterna(H_1) y se acepta la hipótesis nula(H_0)

H_1 : A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumentará la resistencia a la compresión en adobes estabilizados con cal al 20%.

H_0 : A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, no aumentará la resistencia a la compresión en adobes estabilizados con cal al 20%.

b. CALCULAMOS EL F EXPERIMENTAL PARA LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Seguimos el siguiente procedimiento:

DATOS A UTILIZAR				
		Numero de niveles de tamaño de Ichu (a)	3	
		Numero de niveles de cantidad de Ichu (a)	3	
		Número de muestras	6	
Resumen de Resistencias de todas las Probetas				
		Cantidad Ichu		
		5 gr.	15 gr.	25 gr.
T a m a ñ o I c h u	3 cm	8.868	8.778	8.909
		8.489	8.800	9.021
		8.784	8.807	8.891
		8.774	8.506	8.984
		8.226	8.748	8.845
		8.657	9.054	8.946
	6 cm	8.778	8.860	9.662
		8.727	8.950	9.460
		8.650	9.007	9.663
		8.528	8.873	9.513
		8.958	9.351	9.701
		8.780	9.234	9.511
	9 cm	9.046	9.585	10.199
		8.815	9.436	10.027
		8.855	9.422	10.183
9.021		9.763	9.953	
9.033		9.524	10.403	
8.892		9.624	10.210	

ANÁLISIS DE VARIANZA

- ❖ Realizamos las estimaciones de Y_i y Y_j , esto se hace sumando los valores de cada tipo de muestra y la colocamos en el siguiente cuadro.

Estimación de Y_i y Y_j					
		Cantidad Ichu			Y_j
		5 gr.	15 gr.	25 gr.	
Tamaño Ichu	3 cm	51.799	52.693	53.596	158.088
	6 cm	52.422	54.274	57.512	164.208
	9 cm	53.661	57.353	60.975	171.989
Y_i		157.882	164.321	172.082	494.285 = Y_T

Nota: Y_T viene a ser la suma de los Y_j o Y_i

HALAMOS LA SUMA DE CUADRADOS DE LOS FACTORES

- Suma de cuadrados para el factor A

SSA	5.61775797
-----	------------

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

- Suma de cuadrados para el factor B

SSB	5.39293609
-----	------------

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

- Suma de cuadrados subtotales

SSS	12.331778
-----	-----------

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

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

SS AxB	1.32108397
--------	------------

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

- Suma de cuadrados totales

SST	13.4059377
-----	------------

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

- Suma de cuadrados del error

SSE	1.07415964
-----	------------

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

HALLAMOS LA MEDIA DE CUADRADOS

- Media de cuadrado del factor A

MSA	2.80887899
-----	------------

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

- Media de cuadrado del factor B

MSB	2.69646804
-----	------------

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

- Media de cuadrado del factor AxB

MSAxB	0.33027099
-------	------------

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

- Media de los cuadrados del error

MSE	0.02387021
-----	------------

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

FINALMENTE HALLAMOS EL F₀ EXPERIMENTAL

- Calculamos F₀ (A)

F ₀ (A)	117.672969
--------------------	------------

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

- Calculamos F₀ (B)

F ₀ (B)	112.963714
--------------------	------------

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

- Calculamos F₀ (AxB)

F ₀ (AxB)	13.8361135
----------------------	------------

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

AHORA COMPARAMOS EL F EXPERIMENTAL Y EL F TEÓRICO

Factor	F experimental	F teórico
A	117.6729693	3.212
B	112.9637136	3.212
A X B	13.83611351	2.586

Como $F_0 > F_{\alpha; v_1, v_2}$

Se rechaza la hipótesis nula(H₀) y se acepta la hipótesis alterna(H₁)

H₁: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, aumentará la resistencia a la flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

H₀: A medida que se incrementa el peso de fibra natural ichu; según su tamaño, no aumentará la resistencia a la flexión en adobes estabilizados con cal al 20%.

F. Panel Fotográfico

F.1. Ensayos de Campo

Fotografía N°01: Ensayo de olor.



Fotografía N°04: Ensayo de Sedimentación



Fotografía N°02: Ensayo de Lavado



Fotografía N°05: Ensayo de Caída de la bola



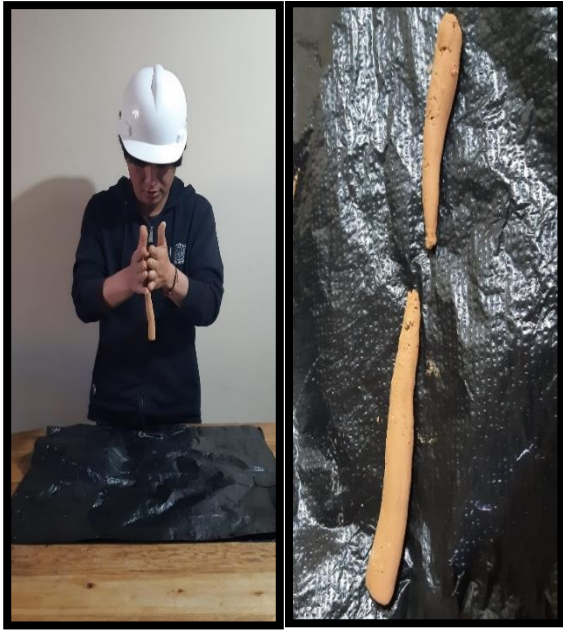
Fotografía N°03: Ensayo de Corte



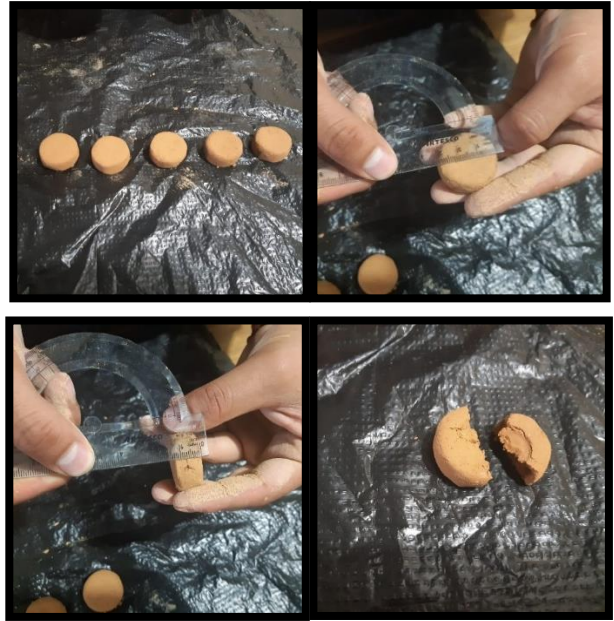
Fotografía N°06: Ensayo de Consistencia



Fotografía N°07: Ensayo de Plasticidad (Prueba del rollo)



Fotografía N°08: Ensayo de Resistencia (Prueba del disco)



F.2. Ensayos de Laboratorio – Propiedades Físicas del Suelo.

Fotografía N°09: Método del cuarteo



Fotografía N°11: Ensayo de Contenido de Humedad



Fotografía N°10: Ensayo de Peso Específico



Fotografía N°12: Ensayo de Granulometría-Análisis por Cribado (Tamizado por Lavado)



Fotografía N°13: Ensayo de Granulometría - Prueba del hidrómetro (densímetro)



Fotografía N°14: Límites de consistencia – Límite líquido



Fotografía N°15: Límites de consistencia – Límite plástico



F.3. Ensayo de Laboratorio – Resistencia a la Compresión y Flexión

Fotografía N°16: Adobes para ensayo en el laboratorio de Mecánica de Materiales de la UNC.



Fotografía N°17: Pesaje de unidades de adobe para compresión.



Fotografía N°18: Medida con vernier de adobes para compresión.



Fotografía N°19: Adobe colocado en el equipo antes de empezar el ensayo.



Fotografía N°20: Inicio del ensayo con el sr. Germán (Técnico del laboratorio)



Fotografía N°21: Deformímetro durante el proceso del ensayo.



Fotografía 22: Adobe antes, durante y luego del ensayo.



Fotografía 23: Adobes para ensayo a flexión.



Fotografía 24: Toma de dimensiones de adobes para ensayo a flexión.



Fotografía 25: Peso de adobes para ensayo a flexión.



Fotografía 26: Marcando los puntos de apoyo de adobes para ensayo a flexión.



Fotografía 27: Ensayo a flexión con el sr. Germán (Técnico del laboratorio)



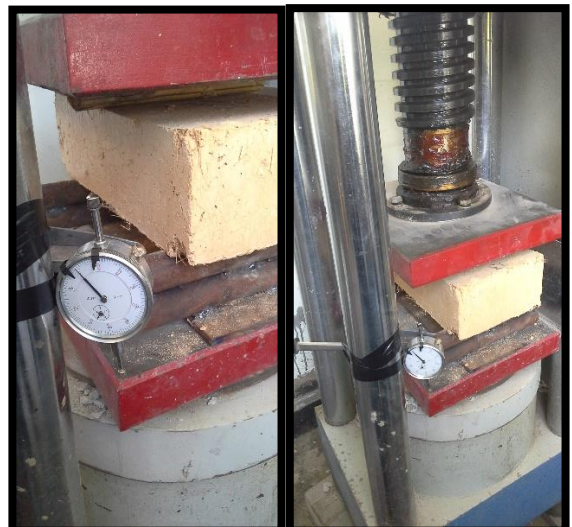
Fotografía 28: Ensayo a flexión con el sr. Juan Villanueva (Técnico en ensayo de materiales)



Fotografía 29: Inicio del ensayo a flexión.



Fotografía 30: Deformímetro durante el ensayo.



Fotografía 31: Adobes después de haber fallado.



F.4. Ensayo de absorción.

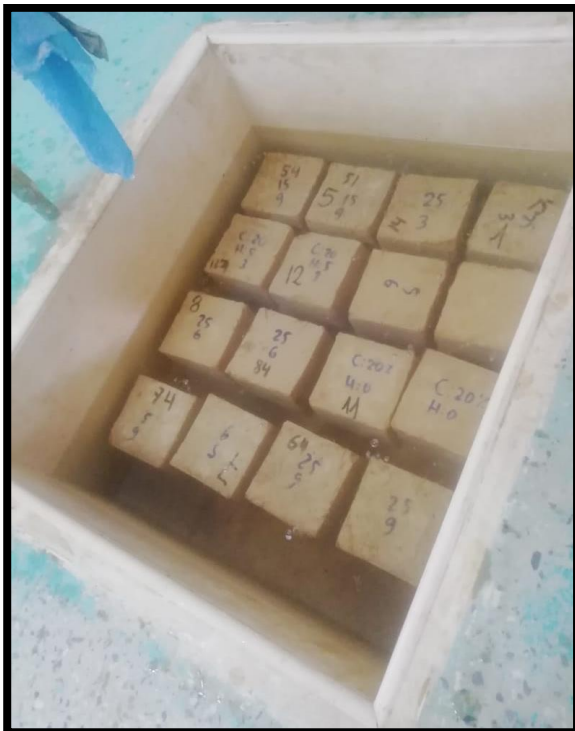
Fotografía 32: Pesaje de probetas para ensayo de absorción.



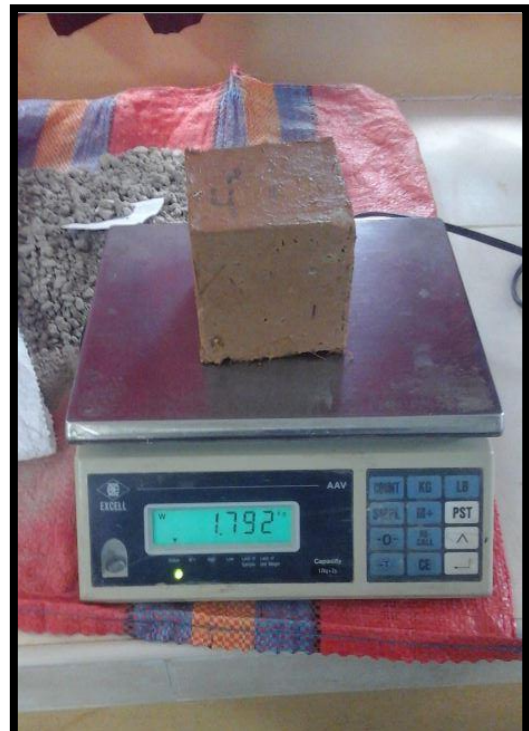
Fotografía 33: Adobes tradicionales en pozo del laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNC.



Fotografía 35: Adobes estabilizados en pozo del laboratorio de Mecánica de la UNC.



Fotografía 36: Pesaje de unidades de adobes luego de ser saturados por 24 horas.



Fotografía 37: Adobes tradicionales luego de la saturación.



F.5. Otros.

Fotografía 38: Adobes después de pasar 3 meses bajo la influencia de la intemperie.



Fotografía 39: El M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza supervisándome.

