

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO
FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA
REGIÓN CUSCO 2022**

PRESENTADO POR:

Br. LISBETH CHAUCCA

HUAILLAHUAMAN

Br. DAVID RAUL SALOMON NIRHUAY

HUAMAN

PARA OPTAR AL TÍTULO

PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Ing. JOSÉ FELIPE AZPILCUETA

CARBONELL

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL
AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN
LA REGIÓN CUSCO 2022

Presentado por: LISBETH CHAUCCA HUAILLAHUAMAN DNI N° 45706380;
presentado por: DAVID RAUL SALOMON NIRHUAY HUAMAN DNI N°: 46874679
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 20 de ENERO de 2026

Firma

Post firma Ing. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

Nro. de DNI 23881345

ORCID del Asesor 0000-0003-3954-4737

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 272598547590737

LISBETH - DAVID CHAUCCA - NIRHUAY

TESIS DE INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:547590737

Fecha de entrega

20 ene 2026, 10:04 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 ene 2026, 10:09 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS DE INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS PROPIEDADES MECANICAS.pdf

Tamaño del archivo

13.9 MB

221 páginas

54.405 palabras

276.059 caracteres




6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Esta tesis de investigación está dedicada, en primer lugar, a nuestro Creador, quien con su bendición me permitió llegar hasta este momento. A Él encomiendo mi vida. Seguidamente a mi querida familia, mis padres: Alcides y Bertha, mis hermanos: Milagros y Klinsmann, mi abuelita Genara y mi sobrina Adriana. siendo mi familia el principal motor de mi vida.

Lisbeth Chaucca Huaillahuamán.

A mi mamá Aidee y Tía Saida quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis amigos quienes me brindaron apoyo emocional durante mi vida universitaria.

David Raúl S. Nirhuay Huamán.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a nuestro asesor Ing. JOSÉ FELIPE AZPILCUETA CARBONELL, por el apoyo permanente que nos brindó durante el desarrollo de este trabajo, Extendemos el agradecimiento a los docentes dictaminadores Ing. Orlando Barreto Jara e Ing. Adriel Gamarra Durand de igual maneras a los docentes replicantes, también agradecemos a los técnicos que atienden el laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad.

RESUMEN

Esta investigación intitulada “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA REGIÓN DEL CUSCO-2022” tuvo como objetivo principal determinar si la variación de agregado fino dentro de la mezcla de fabricación de adobe, genera alteraciones significativas en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe, para ello se extrajeron muestras de tierra, dicha muestras fueron sometidas al ensayo de análisis granulométrico, encontrando los siguientes resultados: arcilla y limos 78.40%, arena 20.68% y agregado grueso (grava) 0.92%. Se elaboraron 05 tipos de muestras adobe (A, B, C, D y E), el primero considerando el porcentaje arena original del suelo encontrado y los otros al 55 %, 60%, 65% y 70% de arena respectivamente. El análisis experimental consistió en realizar ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal de muretes tipos A (suelo in situ), B, C, D y E, obteniendo los siguientes resultados: 20.52 kfg/cm², 17.95 kfg/cm², 16.37 kfg/cm², 19.24 kfg/cm², y 15.84 kfg/cm² en el ensayo de resistencia a compresión axial y en el ensayo de compresión diagonal 0.77 kfg/cm², 1.12 kfg/cm², 1.18 kfg/cm², 1.05 kfg/cm², 1.06 kfg/cm² respectivamente, se concluye que el agregado fino influye de manera significativa en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. La variación del porcentaje de agregado fino evidenció un mejor comportamiento incrementando la resistencia al corte, por el contrario, en la resistencia a la compresión axial los resultados fueron decrecientes.

PALABRAS CLAVE: Propiedades mecánicas, Mampostería de adobe, Agregado fino, Adobe tradicional.

ABSTRACT

This research entitled “DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF ADOBE MASONRY BY THE INFLUENCE OF FINE AGGREGATE IN TRADITIONAL ADOBE UNITS IN THE CUSCO REGION–2022” had as its main objective to determine whether the variation of fine aggregate within the adobe manufacturing mixture generates significant alterations in the mechanical properties of adobe masonry. For this purpose, soil samples were extracted and subjected to particle size distribution analysis, obtaining the following results: 78.40% clay and silt, 20.68% sand, and 0.92% coarse aggregate (gravel). Five types of adobe specimens (A, B, C, D, and E) were manufactured, the first considering the original sand percentage of the natural soil, and the others with sand contents of 55%, 60%, 65%, and 70%, respectively. The experimental analysis consisted of performing axial compression tests on masonry prisms and diagonal compression tests on masonry wallets of types A (in situ soil), B, C, D, and E, obtaining the following results: 20.52 kgf/cm², 17.95 kgf/cm², 16.37 kgf/cm², 19.24 kgf/cm², and 15.84 kgf/cm² in the axial compressive strength test, and 0.77 kgf/cm², 1.12 kgf/cm², 1.18 kgf/cm², 1.05 kgf/cm², and 1.06 kgf/cm² in the diagonal compression test, respectively. It is concluded that fine aggregate significantly influences the mechanical properties of adobe masonry. The variation of the fine aggregate percentage evidenced improved performance by increasing shear strength; however, axial compressive strength exhibited a decreasing trend.

KEYWORDS: Mechanical properties, Adobe masonry, Fine aggregate, Traditional adobe.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
INTRODUCCIÓN	XVIII
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	1
A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
A.1 Descripción del Problema	2
A.2 Identificación del Problema	2
A.2.1 Causas	2
A.2.2 Efectos	3
A.2.3 Aporte	3
A.3 Formulación del Problema	6
A.3.1 Problema General	6
A.3.2 Problemas Específicos	6
A.4 Delimitación, Limitación y Viabilidad de la Investigación	6
A.4.1 Delimitación	6
A.4.2 Limitación	6
A.4.3 viabilidad	6
A.5 Objetivos de la Investigación	7
A.5.1 Objetivo General	7
A.5.2 Objetivos Específicos	7
B. MARCO TEÓRICO	7
B.1 Antecedente o Estado de Arte	7
B.1.1 Antecedentes nacionales	7
B.1.2 Antecedentes internacionales	9
B.2 Marco Conceptual	9
B.3 Abreviatura	10

B.4	Bases Teóricas y Científicas.....	11
B.4.1	Resistencia a la Compresión Axial.....	11
B.4.2	Módulo de Elasticidad.....	11
B.4.3	Resistencia a la Resistencia Diagonal	12
B.4.4	Módulo de Corte	12
B.4.5	Resistencia a la Flexión	12
B.4.6	Adobe Tradicional.....	12
B.4.7	Características del Adobe Tradicional	12
B.4.8	Ventajas del uso del Adobe Tradicional	13
B.4.9	Desventajas de usar Adobe Tradicional	13
B.4.10	Fabricación de adobe tradicional	14
B.4.11	Muro o Mampostería de Adobe	15
B.4.12	Tierra	16
B.4.13	Materiales que Componen el Adobe Tradicional	16
B.4.14	Mortero	19
B.4.15	Coeficiente de variación CV.....	19
C.	HIPÓTESIS	20
C.1	Formulación de la Hipótesis.....	20
C.1.1	H. General	20
C.1.2	H. Especificas	20
D.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	20
D.1	Identificación de Variables	20
D.1.1	Variables Independientes	20
D.1.2	Variables Independientes	21
D.2	Operacionalización de Variables.....	21
D.3	Enfoque de la Investigación	22
D.4	Tipo de Investigación	22
D.5	Nivel de Investigación	22
D.6	Diseño de investigación	22
D.7	Diseño Experimental.....	23
D.7.1	Población y Muestra	23
D.7.2	Descripción y Cuantificación de las Muestras.....	23
D.7.3	Unidad de Análisis	24
D.7.4	Grupo de Control de Variable	24

D.7.5	Codificación de Grupos Experimentales de Adobe	25
D.7.6	Esquema del Diseño Experimental	25
E.	DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL	26
E.1	Pruebas Preliminares Para la Selección de Suelo	26
E.1.1	Prueba de Cinta de Barro	26
E.1.2	Prueba de Resistencia Seca o Presencia de Arcilla	26
E.1.3	Prueba de Contenido de Humedad	27
E.2	Ensayos de Laboratorio del Material.....	28
E.2.1	Contenido de Humedad	28
E.2.2	Peso Específico Relativo de las Partículas Sólidas del Suelo	30
E.2.3	Análisis Granulométrico por Sedimentación Usando el Hidrómetro	31
E.2.4	Análisis Granulométrico por Tamizado	37
E.2.5	Límites de Consistencia.....	42
E.3	Elaboración de las Unidades de Adobe	49
E.3.1	Extracción de Suelo.....	49
E.3.2	Recolección y Tratamiento de la Fibra de Ichu	50
E.3.3	Preparación del Agregado Fino	50
E.3.4	Cálculo de los Componentes del Suelo Para Cada Tipo de Muestra....	51
E.3.5	Preparación de Barro.....	54
E.3.6	Fabricación de Muestras de Adobe	56
E.3.7	Secado de Adobe	56
E.4	Preparación de Muestras Para los Ensayos	57
E.4.1	Unidades (25.5x13x9.5 cm).....	57
E.4.2	Cubos (10x10) cm.	58
E.4.3	Testigo Cilíndricos de 6" x 12" (15.24 x 30.48)cm.....	58
E.4.4	Testigos cilíndricos de mortero de barro.....	58
E.4.5	Probetas de dos unidades para el ensayo de resistencia del mortero a la tracción	59
E.4.6	Probetas de tres unidades para prueba de adherencia	59
E.4.7	Pilas de cuatro unidades de adobe para ensayo de compresión.	60
E.4.8	Muretes de adobe (50x50)cm	61
E.5	Programa de Ensayos de Laboratorio	61
E.5.1	Unidades de Adobe	62
E.5.2	Mortero de Barro.....	69
E.5.3	Mampostería de Adobe	73

F.	CÁLCULOS Y RESULTADO	78
F.1	Unidades de Adobe	78
F.1.1	Variación Dimensional de las Unidades de Adobes Tipo A	78
F.1.2	Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo B	79
F.1.3	Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo C	80
F.1.4	Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo D	80
F.1.5	Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo E	81
F.1.6	Ensayo de Absorción	82
F.1.7	Resistencia a Compresión Axial de unidades de Adobes	82
F.1.8	Resistencia a Compresión del Material Tierra de Adobe	86
F.1.9	Resistencia a Flexión de unidades de Adobe	90
F.1.10	Resistencia del Material Tierra a Tracción en Cilindros	94
F.2	Mortero de Barro.....	97
F.2.1	Resistencia del mortero a compresión.....	97
F.2.2	Resistencia de mortero a tracción.....	98
F.2.3	Esfuerzo de Adherencia del Mortero.....	102
F.3	Mampostería de Adobe.....	106
F.3.1	Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas de Adobe.....	106
F.3.2	Módulo de elasticidad	110
F.3.3	Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes de Adobe.	116
F.3.4	Módulo de corte	120
G.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	127
G.1	Análisis de resultados de ensayos en la unidad de adobe y material tierra	127
G.1.1	Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe	127
G.1.2	Análisis de resultados del ensayo de resistencia del material tierra a la compresión	128
G.1.3	Análisis de resultados del ensayo de resistencia a flexión de unidades de adobe	129
G.1.4	Análisis de resultados del ensayo de resistencia del material tierra a tracción	130
G.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados del mortero de barro....	131
G.2.1	Análisis de resultados de la resistencia del mortero a la tracción	131
G.2.2	Análisis de resultados del ensayo de esfuerzo de adherencia del mortero	133

G.3	Análisis de resultados de mampostería de adobe.....	134
G.3.1	Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de adobe	134
G.3.2	Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe.....	139
G.4	Prueba de Hipótesis	145
G.4.1	Análisis Estadístico en el software “Minitab”	145
G.5	Discusión	170
G.5.1	Discusión respecto a los antecedentes.....	170
H.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	171
H.1	Conclusión general	171
H.2	Conclusiones específicas	171
H.3	Recomendaciones	172
	BIBLIOGRAFÍA	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	sustento de problemática.....	3
Tabla 2	Sustento de problemática	5
Tabla 3	Denominación de suelos.....	16
Tabla 4	Rango de valores de coeficiente de variación	19
Tabla 5	Operacionalización de variables.....	21
Tabla 6	Tipo Experimental.....	22
Tabla 7	Resumen de ensayos y cantidad de muestras.....	23
Tabla 8	Tipos de unidad de análisis.....	24
Tabla 9	Control de variable	24
Tabla 10	Nomenclatura de muestras.....	25
Tabla 11	Valores (Ct) para corrección por temperatura	34
Tabla 12	Valores de “K” para el cálculo del diámetro de partículas	36
Tabla 13	Resultados de LL, LP y IP.....	45
Tabla 14	Relaciones entre límites en la carta de plasticidad	45
Tabla 15	Cuadro de Clasificación de Suelos (SUCS).....	48
Tabla 16	Clasificación SUCS de las la muestras Tipo (A, B, C, D y E)	49
Tabla 17	Cantidad de agua requerida para cada tipo de muestra	51
Tabla 18	Compones de la mezcla de suelo y arena para Tipo B.....	51
Tabla 19	Peso final de cada componente para adobe Tipo B	52

Tabla 20	Componentes de la mezcla de suelo y arena para Tipo C	52
Tabla 21	Peso final de cada componente para tipo C.....	52
Tabla 22	Componentes de la mezcla de suelo y arena para Tipo D.....	52
Tabla 23	Peso final de cada componente para adobe de tipo D	53
Tabla 24	Componentes de la mezcla de arna para adobe tipo E.....	53
Tabla 25	Peso final de cada componente para adobe de tipo E.....	53
Tabla 26	Composición granulométrica y dosificación en peso para los tipos de adobe (A-E).....	53
Tabla 27	Dosificación y proporciones de los componentes de la mezcla de barro para cada tipo de adobe.....	54
Tabla 28	Resumen de la cantidad de muestras según el tipo de ensayo realizado.....	62
Tabla 29	Variación dimensional de las unidades de adobe tipo A.....	78
Tabla 30	Variación volumétrica del adobe de tipo A	78
Tabla 31	Variación dimensional de las unidades de adobe tipo B.....	79
Tabla 32	Variación volumétrica del adobe de tipo B	79
Tabla 33	Variación dimensional de las unidades de adobe tipo C.....	80
Tabla 34	Variación volumétrica del adobe de tipo C	80
Tabla 35	Variación dimensional de las unidades de adobe tipo D.....	80
Tabla 36	Variación volumétrica del adobe de tipo D	81
Tabla 37	Variación dimensional de la unidad de adobe Tipo E	81
Tabla 38	Variación volumétrica del adobe de tipo E.....	81
Tabla 39	Ensayo de absorción.....	82
Tabla 40	Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo A	82
Tabla 41	Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo B	83
Tabla 42	Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo C.....	83
Tabla 43	Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo D	84
Tabla 44	Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo E.....	84
Tabla 45	Resumen de resistencia a compresión axial de unidades de adobe	85
Tabla 46	Resistencia a compresión axial de unidades de adobe	85
Tabla 47	Resistencia promedio a compresión axial de unidades de adobe.....	85
Tabla 48	Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo A.....	86
Tabla 49	Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo B	86
Tabla 50	Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo C.....	87
Tabla 51	Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo D.....	87
Tabla 52	Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo E	88
Tabla 53	Resumen de resistencia a compresión del material tierra de adobe	88
Tabla 54	Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo A.....	90
Tabla 55	Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo B.....	90
Tabla 56	Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo C	91
Tabla 57	Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo D.....	91

Tabla 58 Resumen de la Resistencia a flexión en unidades de adobe E.....	92
Tabla 59 Resumen de resistencia a flexión de unidades de adobe	92
Tabla 60 Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo A	94
Tabla 61 Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo B	94
Tabla 62 Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo C	95
Tabla 63 Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo D	95
Tabla 64 Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo E	96
Tabla 65 Resumen Resistencia del material tierra a tracción en cilindros.....	96
Tabla 66 Determinación de la resistencia del mortero a compresión	97
Tabla 67 Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo A	98
Tabla 68 Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo B	99
Tabla 69 Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo C	99
Tabla 70 Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo D	100
Tabla 71 Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo E.....	100
Tabla 72 Resumen de resistencia del mortero a tracción	101
Tabla 73 Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo A	102
Tabla 74 Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo B.....	102
Tabla 75 Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo C.....	103
Tabla 76 Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo D	103
Tabla 77 Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo E.....	104
Tabla 78 Resumen del esfuerzo de adherencia del mortero.	104
Tabla 79 Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo A.....	106
Tabla 80 Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo B.....	106
Tabla 81 Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo C.....	107
Tabla 82 Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo D	107
Tabla 83 Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo E.....	108
Tabla 84 Resumen de Resistencia a Compresión Axial en Pilas	108
Tabla 85 Módulo de elasticidad en pilas tipo A	110
Tabla 86 Módulo de elasticidad en pilas tipo B.....	111
Tabla 87 Módulo de elasticidad en pilas tipo C.....	112
Tabla 88 Módulo de elasticidad en pilas tipo D.....	113
Tabla 89 Módulo de elasticidad en pilas tipo E.....	114
Tabla 90 Resumen de Módulo de elasticidad en pilas	115
Tabla 91 Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo A.....	116
Tabla 92 Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo B.....	117
Tabla 93 Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo C.....	117
Tabla 94 Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo D.....	118
Tabla 95 Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo E	118

<i>Tabla 96 Resumen de resistencia a Compresión Diagonal de Muretes</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 97 Módulo de corte en Muretes Tipo A.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 98 Módulo de corte en Muretes Tipo B.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 99 Módulo de corte en Muretes Tipo C.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 100 Módulo de corte en Muretes Tipo D.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 101 Módulo de corte en Muretes Tipo E.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 102 Resumen Módulo de corte en Muretes</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 103 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 104 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>147</i>
<i>Tabla 105 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 106 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 107 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 108 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 109 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 110 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 111 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 112 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 113 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 114 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.</i>	<i>168</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Muros de adobe</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2 Tamaño de las partículas de tierra</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3 Mortero entre unidades</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4 Esquema experimental de producción y ensayos</i>	<i>25</i>
<i>Figura 5 Prueba de cinta de barro.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6 Prueba de resistencia seca</i>	<i>27</i>
<i>Figura 7 Ejemplo de prueba</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8 Prueba preliminar de contenido de humedad.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9 Ensayo de contenido de humedad</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10 Resultados de contenido de humedad</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 Procedimiento del Ensayo de Peso específico relativo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 Peso específico de suelo Insitu, Arena y Diferentes tipos de Mezclas (B, C, D y E)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13 Insumos usados para la mezcla</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14 Preparación de la suspensión con agente defloculante.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 15 Captura de datos para el cálculo del factor de corrección por menisco</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16 Fase de agitación y toma de lecturas con hidrómetro.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 17 Modelo del densímetro 152H.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 18 Valores que se toman para la lectura del hidrómetro</i>	<i>35</i>
<i>Figura 19 Granulometría del suelo fino.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 20 Proceso de preparación y Ensayo de análisis granulométrico del suelo.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 21 Curva granulométrica del Suelo In-situ (TIPO A).....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 22 Curva granulométrica de arena</i>	<i>39</i>
<i>Figura 23 Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 55% (TIPO B).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 24 Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 60% (TIPO C).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 25 Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 65% (TIPO D).....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 26 Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 70% (TIPO E)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 27 Ensayo de limite liquido</i>	<i>42</i>
<i>Figura 28 Ensayo de limite plástico.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 29 Muestras pesadas de los límites de consistencia.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 31 Carta de Casa grande.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 32 Extracción del suelo.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 33 Recolección de la fibra de ichu</i>	<i>50</i>
<i>Figura 34 Preparación del agregado fino.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 35 Pesaje de los componentes</i>	<i>55</i>
<i>Figura 36 Mezclado de barro</i>	<i>55</i>
<i>Figura 37 Modelo de adoberas</i>	<i>56</i>

<i>Figura 38 Secado de muestras de adobe</i>	<i>57</i>
<i>Figura 39 Elaboración de unidades de adobe</i>	<i>57</i>
<i>Figura 40 Muestras cubicas de 10x10x10cm</i>	<i>58</i>
<i>Figura 41 Muestras cilíndricas de 6"x12"</i>	<i>58</i>
<i>Figura 42 Muestra de testigo cilíndricos del mortero de barro</i>	<i>59</i>
<i>Figura 43 Probeta de 02 unidades</i>	<i>59</i>
<i>Figura 44 Disposición de tres unidades para el ensayo de adherencia según Norma.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 45 Probetas de tres unidades.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 46 Muestras de pilas de 04 unidades.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 47 Proceso de Elaboración/Fabricación de los Muretes de Mampostería</i>	<i>61</i>
<i>Figura 48 Ensayo de variación dimensional.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 49 Procedimiento de la prueba de absorción</i>	<i>64</i>
<i>Figura 50 Prueba de inmersión de unidades.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 51 Ensayo de resistencia a compresión de unidades</i>	<i>65</i>
<i>Figura 52 Ensayo de resistencia a compresión de cubos</i>	<i>66</i>
<i>Figura 53 Ensayo de resistencia a tracción o flexión de unidades</i>	<i>67</i>
<i>Figura 54 Resistencia del material tierra a tracción</i>	<i>69</i>
<i>Figura 55 Procedimiento para el ensayo experimental mortero a compresión</i>	<i>70</i>
<i>Figura 56 Procedimiento del ensayo a tracción del mortero</i>	<i>71</i>
<i>Figura 57 Ejemplo del Ensayo de resistencia del mortero a tracción.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 58 Procedimiento para el ensayo de adherencia.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 59 Procedimiento para ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas</i>	<i>73</i>
<i>Figura 60 Ensayo de compresión en pilas</i>	<i>75</i>
<i>Figura 61 Instrumentación del ensayo de resistencia a Compresión Diagonal en muretes</i>	<i>75</i>
<i>Figura 62 Instrumentación del ensayo de resistencia a Compresión Diagonal en muretes</i>	<i>76</i>
<i>Figura 63 Resistencia a compresión del material tierra.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 64 Resistencia promedio compresión del material tierra</i>	<i>89</i>
<i>Figura 65 Resistencia a flexión de unidades de adobe.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 66 Resistencia promedio a flexión de unidades de adobe</i>	<i>93</i>
<i>Figura 67 Resistencia de material tierra a tracción en cilindros.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 68 Resistencia promedio de material tierra a tracción en cilindros</i>	<i>97</i>
<i>Figura 69 Resistencia del mortero a compresión</i>	<i>98</i>
<i>Figura 70 Resistencia de mortero a tracción.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 71 Resistencia promedio del Mortero a tracción.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 72 Esfuerzo a adherencia del mortero</i>	<i>105</i>
<i>Figura 73 Resumen de esfuerzo a adherencia del mortero.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 74 Resistencia a Compresión Axial en Pilas</i>	<i>109</i>
<i>Figura 75 Resistencia promedio a Compresión Axial en Pilas.....</i>	<i>109</i>

<i>Figura 76 Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo A.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 77 Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo B.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 78 Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo C.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 79 Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo D.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 80 Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo E.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 81 Módulo de Elasticidad en Pilas.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 82 Módulo de Elasticidad promedio en Pilas.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 83 Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 84 Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 85 Módulo de corte Tipo A.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 86 Módulo de corte Tipo B.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 87 Módulo de corte Tipo C.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 88 Módulo de corte Tipo D.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 89 Módulo de corte Tipo E.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 90 Módulo de corte en Muretes.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 91 Módulo de corte promedio en Muretes.....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 92 Unidades de Adobe Post-Ensayo de resistencia a Compresión.....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 93 Cubos de Adobe Post-Ensayo de resistencia del material tierra a compresión.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 94 Unidades de adobe Post-Ensayo de resistencia a flexión.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 95 Probetas de adobe Post-Ensayo de resistencia del material a tracción.....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 96 Probetas de 02 unidades Post-Ensayo de resistencia del mortero a la tracción.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 97 Probetas de 03 unidades Post-Ensayo de esfuerzo a la adherencia del mortero.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 98 Pilas de adobe TIPO A Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial.....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 99 Pilas de adobe TIPO B Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial.....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 100 Pilas de adobe TIPO C Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial.....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 101 Pilas de adobe TIPO D Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 102 Pilas de adobes TIPO E Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 103 Murete de adobe TIPO A Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 104 Murete de adobe TIPO B Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 105 Murete de adobe TIPO C Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 106 Murete de adobe TIPO D Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 107 Murete de adobe TIPO E Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 108 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 109 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>148</i>
<i>Figura 110 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 111 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>151</i>

<i>Figura 112 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura 113 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura 114 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a flexión de unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>154</i>
<i>Figura 115 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>155</i>
<i>Figura 116 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe.....</i>	<i>156</i>
<i>Figura 117 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 118 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 119 Diferencia de las medias para el esfuerzo a la adherencia.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 120 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 121 Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 122 Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 123 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 124 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>164</i>
<i>Figura 125 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en Unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 126 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 127 Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza.....</i>	<i>169</i>

INTRODUCCIÓN

La mampostería de adobe tradicional ha sido utilizada durante décadas en la construcción de viviendas, especialmente en zonas rurales. El proceso constructivo convencional para la elaboración del adobe consiste en el empleo de suelo in situ, al cual se le adicionan fibras naturales como el ichu; posteriormente, se prepara una mezcla de barro que se coloca en moldes o adoberas y se deja secar sobre un tendal. Sin embargo, este procedimiento se realiza de manera empírica, sin considerar los porcentajes adecuados de cada uno de sus componentes, lo que puede generar variaciones significativas en las propiedades mecánicas de los muros de mampostería, incrementando su vulnerabilidad ante eventos sísmicos. En ese contexto, la presente investigación se orienta a determinar la influencia del agregado fino en las propiedades mecánicas de la mampostería elaborada con unidades de adobe tradicional en la región del Cusco.

La presente investigación tiene relevancia, por su aporte académico a la comunidad científica y tecnológica en ver como el agregado fino influye en las propiedades mecánicas, y promover la utilización de bajo costo ambiental y alta sostenibilidad.

En esta investigación se realizó 05 tipos de muestras, A (material in situ para adobe tradicional) y los restantes B, C, D y E con agregado fino al 55%,60%,65% y 70% en peso seco respectivamente

La tesis está organizada en 08 capítulos, el CAPÍTULO A presenta el planteamiento del problema, el CAPÍTULO B el marco teórico, el CAPÍTULO C la hipótesis, el CAPÍTULO D la metodología de investigación, el CAPÍTULO E el desarrollo del trabajo experimental, el CAPÍTULO F presenta los cálculos y resultados, el CAPÍTULO G el análisis y discusión de resultados y finalmente el CAPÍTULO H las conclusiones y recomendaciones.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Conveniencia

El desarrollo de la presente investigación es conveniente, por su aporte académico y científico, pues nos permite profundizar el conocimiento de la interacción entre la variación de agregado fino en la fabricación de unidades de adobe y las propiedades mecánicas resultantes de la mampostería.

Relevancia Social

Este estudio es socialmente relevante al buscar mejorar la calidad del adobe, material esencial en zonas rurales por su bajo costo. Al mejorar sus propiedades, se facilita el acceso a viviendas más seguras, al mismo tiempo se promueve la construcción de viviendas que causen mínimo impacto ambiental

Implicancias Practicas

Esta investigación determinará la influencia del agregado fino en el desempeño mecánico de la mampostería de adobe tradicional. Mediante el análisis de diversas dosificaciones, se establecerán parámetros técnicos aplicables que permitan optimizar la fabricación de las unidades, garantizando así una mejoría significativa en las propiedades mecánicas del material.

Valor Teórico

Esta investigación dará a conocer datos específicos sobre el comportamiento de las propiedades mecánicas en específico de las pilas y muretes hechos con unidades de adobe en sus diferentes proporciones de agregado fino.

A. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A.1 Descripción del Problema

Desde tiempos antiguos, la tierra ha sido el recurso de construcción más común y abundante en diversas regiones del mundo; estimándose que aproximadamente el 30% de la población mundial habita en viviendas construidas de tierra (Houben y Guillaud, 1994). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), en el Perú, esta realidad es sumamente relevante, el adobe es el segundo material más usado en la construcción de muros exteriores e interiores de viviendas, 2 millones 148 mil 494 equivalentes al 27,9% del total de viviendas están contruidos con adobe. En la región del cusco se tiene 217 mil 794 viviendas de adobe, que equivale a 67.3% donde se ve un incremento. Esta estadística proviene mayormente de las viviendas ubicadas en zonas rurales y provincias altas de la región (INEI, 2017).

Por otro lado, la ciudad del Cusco es considerada una ciudad con una riqueza cultural y arquitectónica que contiene centros arqueológicos y monumentos históricos, por esta razón el Ministerio de cultura a través la Dirección Desconcentrada de Cultura de Cusco (DDC Cusco) restringe y prohíbe el uso de concreto armado o algún otro tipo de material en la construcción de viviendas, un claro ejemplo, es el complejo de Sacsayhuamán, donde existen comunidades a su alrededor donde únicamente existe autorización para construcción de viviendas de adobe.

A.2 Identificación del Problema

A.2.1 Causas

La baja calidad mecánica del adobe se origina principalmente en su producción empírica, realizada sin asesoramiento técnico ni control de la composición granulométrica del suelo empleado (Cahuana, 2018). En la práctica, la selección del suelo se efectúa mediante una inspección visual o táctil, sin considerar los porcentajes adecuados de arena, limo y arcilla establecidos por la Norma E.080, lo que conduce al uso de suelos con gradaciones inadecuadas.

Cuando el suelo presenta un exceso de arcilla, esta experimenta contracciones volumétricas significativas durante el secado, generando fisuras y agrietamientos que debilitan la unidad de adobe (San Bartolomé, 1994), Asimismo, la ausencia de una estructura granular inerte equilibrada, conformada principalmente por arena, impide el desarrollo de una cohesión interna eficiente y de una resistencia seca óptima (Blondet y Vargas Neumann, 2005).

Diversos estudios experimentales reportados en la literatura técnica evidencian que la variación en la dosificación de los componentes del suelo, así como la incorporación de distintos estabilizantes, genera resultados mecánicos dispares en la mampostería de adobe (Blondet et al., 2011; Minke, 2012). Esta variabilidad confirma que la falta de control técnico en la composición del suelo base constituye una causa determinante del deficiente desempeño estructural del adobe y pone en evidencia la ausencia de criterios técnicos específicos relacionados con la variación del agregado fino.

A.2.2 Efectos

Todo lo mencionado en casusas traduce en un deficiente comportamiento mecánico de la mampostería de adobe, manifestando una baja resistencia a la compresión axial y diagonal, tanto a nivel de unidad como de murete. Este comportamiento genera fallas estructurales típicas, tales como grietas diagonales por esfuerzo cortante, fisuración en los encuentros de muros y desprendimientos en la interfaz mortero–unidad de la mampostería.

Ante solicitaciones sísmicas leves o moderadas, estas deficiencias incrementan la vulnerabilidad estructural, pudiendo ocasionar el colapso parcial o total de las viviendas y monumentos históricos contruidos con adobe, Adicionalmente, la presencia de fisuras facilita la erosión acelerada, debilitando progresivamente las paredes desde los cimientos y comprometiendo la estabilidad estructural de las viviendas contruidas a base de adobe.

A.2.3 Aporte

La presente investigación propone como aporte mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería del adobe a través de la dosificación técnica del agregado fino (arena), y reducir los efectos negativos asociados a la contracción del material.

El aporte científico del estudio radica en determinar cuantitativamente cómo la variación de contenido de agregado fino tiene influencia en la resistencia a compresión axial (pilas) y diagonal (muretes) de la mampostería de adobe, de esta manera, la investigación busca generar criterios técnicos confiables que permitan un uso más seguro y eficiente del adobe, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones contruidas con este material.

En la **Tabla 1** se puede observar que existe una considerable cantidad de estudios realizados sobre el adobe y sus componentes; sin embargo, estos no abordan de manera específica la variación del agregado fino (arena) como variable principal en la determinación de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. Esta ausencia de estudios específicos sustenta la problemática planteada y justifica el desarrollo de investigación.

Tabla 1
Sustento de problemática

Título	Autor	Granulometría (Suelo Base)	Elemento Adicionado	Conclusiones: Resultados de Compresión Axial y Diagonal
Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca - Jauja	Christian Said Alfaro Carhuamaca; Univ. Nacional del Centro del Perú.	Finos: 79.9%, Arena: 19.9% y Grava: 0.2% (Suelo ML).	Fibras de polipropileno (0.25%, 0.50% y 0.75%).	Compresión axial (unidad): El suelo patrón obtuvo 16.61 kg/cm^2 . La adición de 0.50% de fibra (dosis óptima) eleva la resistencia a 24.32 kg/cm^2 , lo que representa una mejora del 46.43%. Las fibras actúan como una malla estructural que mantiene el suelo unido.
Propiedades mecánicas y físicas del adobe compactado con adición de viruta y aserrín, Cajamarca 2016	Jhenifer Carhuamambo Villanueva; Univ. Privada del Norte.	Finos: 26.42% y Arena: 73.58% (Suelo SC).	Viruta y aserrín de Eucalipto (1.5%, 3.0% y 4.5%).	Compresión axial (unidad): El suelo patrón alcanzó 21.1' kg/cm^2 . La viruta al 4.5% fue la más efectiva, aumentando la resistencia a 30.94 kg/cm^2 (incremento del 32%). Por contrario, el aserrín redujo la resistencia hasta 13.64 kg/cm^2 en la misma dosis.
Evaluación de la erosión y las propiedades físico mecánicas del adobe estabilizado con cenizas de cal – Huánuco 2022	E. Ñaupay y K. Cantalicio; Univ. Nacional Hermilio Valdizán.	Finos: 49.24% y Arena: 50.76% (Suelo SC-SM).	Cenizas de cal (5%, 10% y 15%).	Compresión axial (pila): El patrón obtuvo 7.33 kgf/cm^2 ; con 5% de ceniza bajó levemente a 6.43 kgf/cm^2 . Compresión diagonal (murete): El patrón registró 0.25 kgf/cm^2 , mientras que con 15% de ceniza subió a 0.36 kgf/cm^2 , mejorando la resistencia ante fuerzas laterales.
Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala	S. Llunitasig y A. Siza; Univ. Técnica de Ambato (Ecuador).	Suelo con presencia de arcilla óptima (pruebas de campo).	Paja (3%), Estiércol (10%), Savia (28%) y Sangre (20%).	Compresión axial (unidad): El adobe básico dio 9.84 kg/cm^2 . La mezcla óptima de sangre de toro (20%) + estiércol (10%) alcanzó 11.29 kg/cm^2 , un incremento de 14.74%. La sangre y el estiércol actúan reduciendo el agrietamiento y reforzando la cohesión.
Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna.	Juan Bolaños Rodríguez; Univ. Privada del Norte.	Finos: 29.34% y Arena: 70.66% (Suelo SC).	Goma de tuna (5%, 10% y 15%).	Compresión axial (unidad): El suelo patrón obtuvo 19.19 kg/cm^2 . La adición de 15% de goma de tuna incrementó la resistencia a 27.56 kg/cm^2 , superando al patrón en un 43%. La compactación mecánica mejora la densidad y reduce la porosidad.
Resistencia a la compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo Jaén - Cajamarca	J. Lozano y A. Zurita; Universidad Nacional de Jaén.	Finos: 39.98% y Arena: 60.02% (Suelo SC).	Confitillo (25%, 30% y 35%).	Compresión axial (unidad): El suelo patrón obtuvo 11.57 kg/cm^2 . Al adicionar 35% de confitillo, la resistencia disminuyó drásticamente a 6.83 kg/cm^2 , una reducción del 40.97%. Se concluye que el confitillo no es favorable para aumentar la resistencia axial en este suelo.

Nota. Fuente Elaboración propia con apoyo de Gemini (Google, 2024).

Tabla 2
Sustento de problemática

Título	Autor	Granulometría (Suelo Base)	Elemento Adicionado	Conclusiones: Resultados de Compresión Axial y Diagonal
Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca	Oscar Altamirano Carrasco; Univ. Nacional de Cajamarca.	Finos: 41.82% y Arena: 58.18% (Suelo SM).	Paja ichu (0.40%, 0.80% y 1.20%).	Compresión axial (unidad): El patrón obtuvo 13.90 kg/cm ² . Con 0.80% de paja subió a 14.57 kg/cm ² . Compresión axial (murete): El murete patrón resistió 8.5 kg/cm ² , incrementándose con 0.80% de paja a 10.39 kg/cm ² (mejora del 21%). La paja ichu mejora la tenacidad de la unidad.
Evaluación del comportamiento físico mecánico de la unidad de albañilería de adobe con adición de botellas de plástico picado en la ciudad del Cusco 2018	W. Chavez y J. Quispe; Cusco (EPIC).	Finos: 3.38% y Arena: 96.62% (Suelo SP).	Plástico picado de botellas (3%, 5% y 7%).	Compresión axial (pila): El patrón (San Jerónimo) dio 16.13 kg/cm ² ; con 5% de plástico subió a 16.59 kg/cm ² . Compresión diagonal (murete): El patrón obtuvo 1.75 kg/cm ² , aumentando con 5% de plástico a 1.88 kg/cm ² . El plástico actúa como anclaje entre el adobe y el mortero.
Influencia de la fibra de maguey (Furcraea andina) en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, Cusco – 2018	F. Florez y Y. Limpe; UNSAAC.	Finos: 41.30% y Arena: 58.70% (Suelo SC).	Fibra de maguey (0.05%, 0.15% y 0.20%) con paja.	Compresión axial (pila): El suelo base dio 8.11 kg/cm ² . Con 0.20% de maguey (+0.20% paja) subió a 9.07 kg/cm ² . Compresión diagonal (murete): El murete base dio 0.40 kg/cm ² , aumentando con 0.20% de maguey a 0.55 kg/cm ² (mejora del 37.38%).
Influencia del agregado grueso en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en los procesos de restauración de muros de monumentos históricos de la región del Cusco – 2019	E. Salcedo y J. Pfuyo; UNSAAC.	Finos: 44.11% y Arena: 55.89% (M-1 Suelo Corregido).	Agregado grueso de río (13.3%, 18.3%, 23.3% y 28.3%).	Compresión axial (pila): El patrón dio 21.36 kg/cm ² . Con 28.3% de agregado bajó a 13.53 kg/cm ² (caída del 36.68%). Compresión diagonal (murete): El patrón obtuvo 0.50 kg/cm ² , pero con 23.3% de agregado (dosis óptima subió a 0.63 kg/cm ²).

Nota. Fuente Elaboración propia con apoyo de Gemini (Google, 2024).

A.3 Formulación del Problema

A.3.1 Problema General.

¿En qué medida influye la variación del agregado fino en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en la región del Cusco - 2022?

A.3.2 Problemas Específicos.

P. específico 1

¿En qué medida influye la variación de agregado fino en la resistencia a la compresión axial en pilas de mampostería de adobe tradicional en la región del Cusco?

P. específico 2

¿En qué medida influye la variación de agregado fino en la propiedad de resistencia a la compresión diagonal de muretes de mampostería de adobe tradicional en la región del Cusco?

A.4 Delimitación, Limitación y Viabilidad de la Investigación

A.4.1 Delimitación

Esta investigación se desarrolló en la región del Cusco durante el periodo 2022-2023, utilizando materiales provenientes de canteras locales. El alcance del estudio se circunscribe al análisis de la variación de las propiedades mecánicas en la mampostería de adobe.

A.4.2 Limitación

Se identifica una carencia de normas técnicas específicas y actualizadas para el diseño integral de construcciones con unidades de adobe.

Existe una limitada investigación previa que analice de forma aislada la influencia de cada componente de agregado fino en el desempeño mecánico de la mampostería.

A.4.3 viabilidad

El estudio fue viable debido a la disponibilidad de los recursos usados para la elaboración de las unidades de adobe como es: la paja, tierra (suelo Insitu) y agregado fino, igualmente se contó con laboratorio para realizar todos los ensayos necesarios para la investigación

Además de contar con los recursos económicos y logísticos necesarios por parte de los tesisistas para esta investigación.

A.5 Objetivos de la Investigación

A.5.1 Objetivo General

La investigación tiene como objeto principal determinar si la variación de agregado fino dentro de la mezcla de fabricación de adobe, genera alteraciones significativas en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en la región cusco – 2022.

A.5.2 Objetivos Específicos

O. Especifico 1

Determinar si el agregado fino tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión axial de pilas con unidades de adobe tradicional en la región cusco -2022.

O. Especifico 2

Determinar si el agregado fino tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión diagonal de muretes con unidades de adobe tradicional en la región cusco -2022.

B. MARCO TEÓRICO

B.1 Antecedente o Estado de Arte

B.1.1 Antecedentes nacionales

De acuerdo al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS] (2006), a través de la Norma E.080, se establece una gradación de porcentaje de agregado fino para la fabricación de unidades de adobe como la arena 55-70%. Esto con el fin de reducir fisuras y agrietamientos durante el secado en las unidades, también brinda valores mínimos de resistencia mecánica la norma y hacer sostenible las construcciones de adobe.

En la universidad Nacional de Jaen (Cajamarca) se realizó una investigación “Resistencia a la compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo Jaén – Cajamarca”. El objetivo de esta investigación es determinar la resistencia a compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo en diferentes porcentajes. Para ello se realizó el estudio de suelos para evaluar el material y elaborar las unidades de adobe. El suelo utilizado para la elaboración de las unidades fue extraído de la cantera del Sector San Isidro - Jaén- Cajamarca, para ello se realizó el ensayo granulométrico y los límites de consistencia, verificando que cumple con requisitos que exige la N.T.P E.080, en la presente investigación experimental se analiza el comportamiento de la resistencia a compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo realizándose cuatro tratamientos con porcentajes de confitillo al 0%, 25%, 30% y 35%. Para ello se elaboraron 56 unidades de adobe con insumos del mismo

lugar. Fueron sometidas a la resistencia a la compresión y Absorción. Los resultados a la compresión con adición de confitillo al 0%, 25%, 30% y 35% dieron valores de 11.57kg/cm², 6.96 kg/cm², 6.89kg/cm² y 6.83kg/cm² respectivamente, siendo el tratamiento con 0% de confitillo que cumplió la resistencia mínima según norma E.080. Para el ensayo a la absorción se realizó teniendo en cuenta la norma ASTM-C67 donde el tratamiento con 0% de confitillo obtuvo una absorción de 10.24%, en tanto los de 25%, 30%, 35% no pudieron pasar la prueba. (Lozano y Zurita, 2019, p. 6)

En la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco realizo una tesis de pregrado “Influencia del agregado grueso en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en los procesos de restauración de muros de monumentos históricos de la región del cusco – 2019”, donde menciona. El objetivo de la investigación es determinar la influencia de la adición del agregado grueso en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en los procesos de restauración de muros de monumentos históricos. La investigación es del tipo descriptivo-explicativa; donde eligieron un suelo areno arcilloso (SC) y elaboraron 5 tipos de muestras A, B, C, D y E con 0%, 13.3%, 18.3%, 23.3% y 28.3% de agregado grueso respectivamente, obteniendo los siguientes resultados de esfuerzos a compresión axial en pilas 21.36 (kg/cm²), 17.81 (kg/cm²), 16.34 (kg/cm²), 15.93 (kg/cm²) y 13.53 (kg/cm²); y los esfuerzos a compresión diagonal en muretes 0.50 (kg/cm²), 0.54 (kg/cm²), 0.48 (kg/cm²), 0.63 (kg/cm²) y 0.56 (kg/cm²) respectivamente; y se observó que la adición de agregado grueso no influye positivamente en la resistencia axial en pilas, pero si mejoro la resistencia a compresión diagonal de muretes estando por encima del valor mínimo que recomienda la norma E.080. (Pfuyo y Salcedo, 2024, p. iii)

En la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Posgrado (Cajamarca) se realizo una tesis de maestría intitulada “Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de cajamarca”, donde menciona. El objetivo de la investigacion es determinar la incidencia de la fibra vegetal paja ichu en la resistencia mecánica del adobe. La investigación es del tipo aplicada y diseño experimental, donde encontró un suelo con clasificación (SUCS) areno limoso (SM) con una granulometría de porcentajes de agregado grueso 0.38%, arena fina a gruesa 58.18% y limo a arcilla 41.82%, se elaboraron 4 tipos de muestras: A, B , C y D con 0%, 0.40%, 0.80% y 1.20% de paja con respecto al peso seco del suelo y se concluye que la incidencia de la adición de la fibra vegetal paja ichu en el adobe es positiva puesto que aumenta la resistencia mecánica del adobe y murete en más del 5 %; tanto a compresión de la unidad (5 %), tracción de la unidad (13 %), flexión de la unidad (25 %), tracción del mortero (30 %) y compresión de muretes (21 %); resultados tomados

de los especímenes de adobe tipo C donde la mezcla (suelo más paja más agua) tuvo una buena trabajabilidad. (Altamirano, 2019, p. xvii)

B.1.2 Antecedentes internacionales

Catalán et al. (2019) presentan un artículo interesante “Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio” donde presenta resultados a través de ensayos realizados. Enfocándose principalmente en las propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad, resistencia a la compresión, cortante y flexión.

Valencia y Huertas (2018) realizaron una investigación “Análisis de granulometría por hidrómetro y un método automatizado para suelos bentónicas” donde investigaron la bentonita industrial con un 95% de montmorillonita; y por ende también realizaron el ensayo de granulometría por hidrómetro y otro equipo automatizado de nombre “Pario”, con la finalidad de hacer una comparación entre los dos métodos y hacer las respectivas recomendaciones; lo que más se destaca de esta investigación es el proceso explicativo de cómo realizar el método del hidrómetro que involucra la ley de Stokes que sirve para poder determinar la cantidades en porcentajes de limo y arcilla.

B.2 Marco Conceptual

Adobe: “Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad” (Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, 2017, p. 4).

Mortero: “Material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado (cal, mucílagos de cactus, y otros comprobados)” (Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, 2017, p. 5).

Tierra: “Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa” (Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, 2017, p. 5).

Arcilla: “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” (Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, 2017, p. 4).

Limo: “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” (Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento, 2017, p. 5).

Arena: “Es el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas” (Instituto Nacional de Calidad, 2017, p. 6).

Arena fina: “Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm” (Norma E.080,MVCS, 2017,p. 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” (Norma E.080, MVCS, 2017, p. 4).

Agregado Grueso: “Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (N.º 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas” (Norma E.060, MVCS, 2020,p.12).

Barro: “Combinación de tierra, agua y estabilizantes orgánicos como fibras vegetales de ichu y bosta de ganado, que al secarse proporciona una matriz coherente y plástica apta para la fabricación de unidades” (Houben y Guillaud, 1994, 35).

Adobera: “Es una herramienta hecha de madera con superficie pulida que se utiliza para darle forma al barro preparado en el proceso de elaboración de unidades de adobe” (Houben y Guillaud, 1994, p. 48).

Moldeo: “Consiste en colocar el barro al molde, darle forma a la unidad de adobe, uniformizando la superficie superior y retirar el barro excedente” (Houben y Guillaud, 1994, p. 50).

Muro: “Es un muro arriostrado cuya estabilidad lateral está confinada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos” (Norma E.080, MVCS,2017,p.5).

Tendal: “Área donde se dispone a colocar las unidades de adobe para el secado y almacenamiento, la cual debe estar convenientemente nivelada y protegida de la humedad ascendente y la insolación directa” (Houben y Guillaud, 1994, p. 55).

LVDT: Instrumentos que “miden la deformación relativa de manera electrónica de un material en una determinada porción, al cuantificar el desplazamiento total de la muestra en el eje de carga, permitiendo el cálculo de la deformación unitaria” (Figliola y Beasley, 2006, p. 215).

B.3 Abreviatura

RNE: “Reglamento Nacional de Edificaciones”

MVCS: “Ministerio De Vivienda, Construcción y Saneamiento”

ASTM: “American Society for Testing and Materials”

NTP: Normas Técnicas peruanas

INACAL: “Instituto Nacional de Calidad”

ANOVA: Análisis de varianza.

INDECOPI: “Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la propiedad intelectual”

B.4 Bases Teóricas y Científicas

B.4.1 Resistencia a la Compresión Axial

Es una propiedad mecánica que sirve para conocer la calidad del material, se obtiene aplicando una fuerza controlada sobre el área bruta de la superficie, por otro lado, a mayor resistencia obtenida, se tendrá mayor densidad y mejor durabilidad, y otro factor importante es la altura del espécimen que influye en la resistencia (San Bartolomé et al., 2014).

B.4.2 Módulo de Elasticidad

“Este mide la rigidez de un material y su capacidad de deformarse bajo carga” (Gere y Goodno, 2013, p. 75).

Este también depende de la composición del material, se obtiene a partir del gráfico esfuerzo-deformación de las pilas ensayadas sometidas a carga unitaria axial a una velocidad constante, el valor se calculará a partir de la pendiente que queda definida entre dos puntos comprendida en el rango elástico del gráfico (San Bartolomé, 1994).

B.4.3 Resistencia a la Resistencia Diagonal

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2004) a través de la NTP 399.621 dice que “es la capacidad que tiene un murete para soportar carga a compresión a lo largo de su diagonal, produciendo una falla por tracción diagonal lo que hace que el material se fisure a lo largo de la carga aplicada” (p. 5).

B.4.4 Módulo de Corte

Es una propiedad que “determina la rigidez de un material frente a deformaciones por esfuerzos cortantes” (Gere y Goodno, 2013, p. 100). Se obtiene a partir del grafico esfuerzo-deformación angular de los muretes ensayados sometidas a carga unitaria axial aplicada en una de sus esquinas, el valor se calcula a partir de la pendiente que queda definida entre dos puntos comprendida en el rango elástico (San Bartolomé et al., 2014).

B.4.5 Resistencia a la Flexión

Es la capacidad de resistir a la deformación cuando se le aplica una carga perpendicular al centro de su longitud y se calcula utilizando la fórmula de flexión simple que se usa en resistencia de materiales (San Bartolomé, 1994).

B.4.6 Adobe Tradicional

Es un material que se usa para la construcción de viviendas desde hace tiempo, que consiste en el uso de tierra de la misma zona, este material suele contener arena fina a gruesa, limo y arcillas (Houben y Guillaud, 1994). “La preparación de la mezcla incluye un proceso de reposo (o dormido), el cual permite que la arcilla absorba completamente el agua, mejorando la plasticidad del barro, lo que debe realizarse durante un promedio de 24 horas” (Houben y Guillaud, 1994, p. 18). En seguida “se añade paja(ichu) para mejorar la resistencia a la tracción y se moldea en una adobera que comúnmente es de madera” (Houben y Guillaud, 1994, p. 20).

En seguida “El secado al aire libre requiere un tiempo prudente de 28 días aproximadamente para alcanzar la resistencia máxima y asegurar el curado adecuado de las unidades” (Houben y Guillaud, 1994, p. 21).

B.4.7 Características del Adobe Tradicional

El adobe tradicional es la unidad para la construcción de viviendas usando materiales del mismo lugar, el suelo a utilizar contiene arena fina a gruesa, limo y arcilla (Houben y Guillaud, 1994). Al cual también “la incorporación de aditivos naturales como la paja(ichu) o la bosta de ganado a la mezcla de tierra cumple la función esencial de reducir las fisuras por

contracción volumétrica que se presentan durante el secado de las unidades de adobe” (Vargas y Gutiérrez, 2007, p. 21).

“Las dimensiones de las unidades de adobe pueden variar según la zona y también deben ser adecuadas de manera que pueda facilitar el transporte manualmente” (Houben y Guillaud, 1994, p. 25).

“El adobe generalmente es susceptible a la humedad por lo que se requiere proteger las construcciones de adobe dando la adecuada altura a los sobrecimientos, para proteger de precipitaciones pluviales también se debe dar adecuada longitud de aleros en la cobertura y tarrajear los zócalos en la parte exterior de los muros” (Vargas y Gutiérrez, 2007, p. 28).

“En el Perú principalmente en la región andina los pobladores son los que elaboran sus propios abobes para la construcción de sus viviendas” (Vargas & Gutiérrez, 2007, p. 14).

“La construcción de viviendas a base de adobe tiene la ventaja de mantener de manera regular la temperatura en el interior ya que en horarios de altas temperaturas el adobe absorbe el calor y libera durante horarios de temperaturas bajas” (Houben & Guillaud, 1994, p. 11).

B.4.8 Ventajas del uso del Adobe Tradicional

- Para la fabricación de unidades de adobe, se tiene un costo económico realmente accesible, ya que el recurso se encuentra en estado natural en el mismo lugar de construcción y no se requiere personal de mano calificada.
- Tiene buen comportamiento acústico, puesto que reduce las emisiones de fuertes ruidos.
- Mantiene en un estado fresco el ambiente, ya que ayuda a controlar los cambios bruscos de temperatura.

B.4.9 Desventajas de usar Adobe Tradicional

- Las unidades de adobe tradicional elaborado en la región del Cusco, generalmente muestra una débil resistencia al agua (disolvente universal), causados por el efecto de la humedad, precipitación pluvial y absorción capilar, que son los que causan mayor daño.
- Limitaciones con respecto al nivel de pisos a construir, no se puede superar más de dos.

B.4.10 Fabricación de adobe tradicional

El procedimiento de elaboración de unidades de adobe desde la antigüedad se ha mantenido hasta la actualidad, primero se extrae la tierra del sitio luego se mezcla con agua en proporción adecuada seguidamente se adiciona paja o ichu en algunas ocasiones bosta de ganado, en el proceso de mezclado se pisa repetidamente utilizando caballos o burros dependiendo de la cantidad, volteando la mezcla hasta tres veces para lograr la plasticidad adecuada, se deja reposar la mezcla durante 24 horas aproximadamente, luego se procede a moldear remojando la superficie interior de la adobera en cada moldeo, teniendo en cuenta que el lugar este explanado y limpio, finalmente se deja secar cuidando de que no afecte la fuerte radiación solar el cual puede causar fisuras por contracción a los 3 o 4 días de secado es recomendable voltear el adobe quitando alguna impureza que puede pegarse terminado el proceso de secado se apila las unidades de adobe en el tendal. (Houben y Guillaud, 1994, p. 30)

Selección y extracción de tierra.

Para la elaboración del adobe es muy importante seleccionar la tierra adecuada, en general los pobladores utilizan la tierra del sitio o aledaños a la vivienda a construir, previamente se debe separar restos vegetales y procurar utilizar la tierra por debajo de la capa de cultivo. (Houben y Guillaud, 1994, p. 20)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) a través de la norma E 0.80 indica que, la tierra a utilizar se debe verificar el contenido adecuado de arcilla mediante las pruebas Prueba de "Cinta de barro" y "Presencia de arcilla o "Resistencia seca".

Preparación de barro.

Teniendo ya lista la tierra seleccionada y a la vez removida, se procede a mezclar con agua, procurando que la proporción sea adecuada, seguidamente se adiciona el ichu o paja, luego se procede a pisar y voltear tres veces hasta que la mezcla quede homogénea, finalmente se deja en reposo por uno o dos días para que las partículas de la tierra usada estén saturadas en su totalidad. (Houben y Guillaud, 1994, p. 28)

Elaboración de adobe

En esta etapa hay que tener en cuenta que:

Una vez preparada la mezcla se realiza el moldeo, utilizando como herramienta la adobera en el cual se coloca la mezcla, se retira la mezcla excedente, terminando de

dar la forma se retira la adobera jalándolo verticalmente, en cada moldeo se moja la adobera para que el barro no se adhiera en la superficie interna de la adobera, en la región del Cusco las dimensiones de los adobes varían siendo los más usados las de dimensiones de longitud (40,50,60)cm, alturas varían (10-16)cm y anchos (20-30)cm. (Vargas y Gutiérrez, 2007, p. 25)

Secado y almacenamiento de adobes.

Después de la elaboración y retiro del molde del barro.

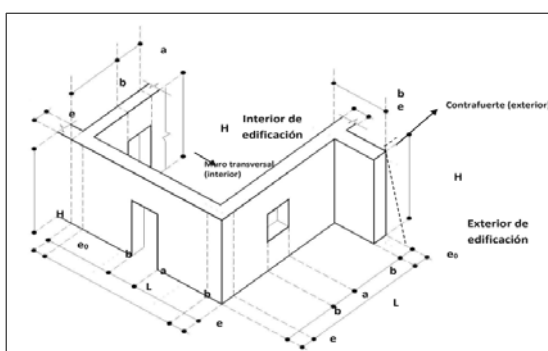
En el proceso de secado del adobe influyen factores como el clima, el adobe logra secar aproximadamente entre 3 a 4 semanas. En zonas donde el clima es cálido, este factor facilita el secado del adobe, pero también puede generar fisuras por contracción por secado rápido, es recomendable que los primeros días se cubra el adobe con paja o arpillera para protegerlos de la radiación solar y se retira progresivamente, para lograr un secado óptimo, se debe voltear la posición del adobe para tener un secado uniforme por todos los costados y el área donde se realiza el secado y almacenamiento de adobes debe estar nivelado, limpio y seco para garantizar el secado adecuado del adobe. (Houben y Guillaud, 1994, p. 32)

B.4.11 Muro o Mampostería de Adobe

“La mampostería es la estructura o elemento constructivo que se construye apilando unidades de adobe y uniéndolas con mortero de barro o de tierra, esta garantiza la estabilidad y la resistencia de los muros ante las cargas verticales” (Houben y Guillaud, 1994, p. 5).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) a través de la norma E.080 indica que, para el criterio de obtener una buena calidad en los muros, debe cumplir con requisitos importantes para la estabilidad, tales como el espesor del muro, la verticalidad, la horizontalidad, una altura máxima adecuada y control de aberturas.

Figura 1
Muros de adobe



Fuente: Norma E.080 (MVSC, 2017)

B.4.12 Tierra

La calidad de la tierra es primordial para fabricar unidades con altos valores de resistencia mecánica. Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017) a través de la Norma E.080, indica que la tierra debe tener presencia de partículas de arcilla y que se encuentre libre de material orgánico, y se puede identificar mediante las pruebas de “cinta de barro”, prueba de “resistencia seca” y “prueba de contenido de humedad”, estas pruebas se realizan para saber si la tierra es apto.

Figura 2

Tamaño de las partículas de tierra



Nota. Fuente :Rakotomamonjy et al. (2015). "Orientaciones para la conservación de inmuebles patrimoniales de tierra en cuenca".

B.4.13 Materiales que Componen el Adobe Tradicional

El Principal material usado en la fabricación de adobe es sin duda la tierra, sin embargo, este material es clasificado según el tamaño de sus partículas de esa manera recibe diferentes denominaciones.

Para la denominación de tamaños de partículas se usan diferentes normas como: ASTM D44 – 63 (ASTM Internacional, 2002), NPT 339.128 (MVCS, 1999) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (ASTM Internacional, 2010), la siguiente tabla nos muestra las denominaciones.

Tabla 3

Denominación de suelos

SISTEMAS	BRITÁNICO ¹	AASHTO ²	ASTM ³	SUCS ⁴
	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)
Grava	60 – 2	75 – 2	> 2	75 – 4,75
Arena	2 – 0,06	2 – 0,05	2 – 0,075	4,75 – 0,075
Limo	0,06 – 0,002	0,05 – 0,002	0,075 – 0,005	< 0,075
Arcilla	< 0,002	< 0,002	< 0,005	FINOS

4: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
3: American Society for Testing and Materials
2: American Association of State Highway and Transportation Officials
1: BS – 5930: 1981

Fuente: Tomada de "Geomecánica" (p,60) por Duque y Escobar 2023.

Agregado fino.

Se considera aquellas partículas que “pasa el tamiz 4.75 mm (N°4) y queda retenido en tamiz 75 μ m (N°200)” (NTP 339.128, INACAL, 1999, p.15). Un tipo de agregado fino es la arena, que se divide según el tamaño de sus partículas o el rango entre tamices, se tiene los siguientes:

- **Arena gruesa.**

Se considera a las partículas que pasan por el tamiz 4.75 mm (N°4) y queda retenido en tamiz 2.00 mm (N°10) (NTP 339.128, INACAL, 1999, p.15). Al añadir arena gruesa en suelos generalmente arcillosos, esta ayuda a controlar la aparición de fisuras en el secado de las unidades (Norma E.080, 2017, p. 4).

- **Arena media.**

Se considera a las partículas que pasan por el tamiz 2.00 mm (N°10) y queda retenido en tamiz 4.25 μ m (N°40) (NTP 339.128, INACAL, 1999, p. 15).

- **Arena fina.**

Se considera a las partículas que pasan por el tamiz 4.25 μ m (N°40) y queda retenido en tamiz 75 μ m (N°200) (NTP 339.128, INACAL 1999, p. 15). Ayuda a mejorar la compacidad del suelo.

Función del agregado fino.

La arena al mezclarse en el barro con los otros componentes, ayuda en el proceso de secado que reduzca la contracción y evite fisuras, por ende, ayuda a la estabilidad en la variación de sus dimensiones, ya con esto mejora la durabilidad de las unidades de adobe.

Según Rodríguez y Esquivel (1980) ,las arenas finas adquieren cohesión aparente al estar en contacto con el agua, puesto que la tensión superficial de la película de humedad tiende a controlar la unión entre los granos y oponiéndose a la disgregación.

- **Limo.**

Se considera a las partículas de tamaño “de 0.075 mm (N°200) a 0.005 mm” (NTP 339.128, INACAL, 1999, p. 15).

- ***Función del limo***

El limo por ser de partículas pequeñas por debajo de la arena, ayuda en la cohesión de los granos más grandes, también colabora en el control de fisura, al igual que las arcillas para la plasticidad de la mezcla en el barro para la fabricación de las unidades de adobe.

- ***Arcilla.***

Se considera a las partículas menores a 0.005 mm (NTP 339.128, INACAL 1999, p. 15). La arcilla tiene una mayor capacidad de absorber agua que arenas y gravas. También al estar húmedas y secas mantienen unidas los granos más gruesos del suelo, las arcillas tienden a ser plásticas, cohesivos y suaves, están compuesta por partículas muy finas.

- ***Función de la arcilla***

La arcilla es una partícula muy pequeña por debajo del limo, funciona como aglutinante, que tiene capacidad de adherir partículas entre sí y otros componentes del suelo, es por esta razón que, al secarse el barro, ayuda a mejorar la resistencia mecánica a la compresión por su capacidad de mantener unidas otras partículas, la arcilla mejora la plasticidad, y facilita la fabricación de las unidades de adobe.

- ***Agua.***

El Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017) a través de la Norma E.080, menciona que debe cumplir ciertas características, debe ser potable o agua libre de materia orgánica, sin sales sólidos en suspensión.

- ***Función del agua***

El agua por naturaleza es un disolvente universal, dado esta propiedad hace que las partículas de la arcilla se disuelvan permitiendo que funcione como aglutinante en la mezcla de barro, también ayuda en la plasticidad del barro al prepararse para la fabricación de las unidades.

- ***Ichu.***

Es una fibra natural que crece en zonas alto andinas, es usado como recurso para reducir fisuras y contracciones en las unidades de adobe y elaborar sogas artesanales.

- ***Función del ichu***

La incorporación de fibras de ichu refuerza la estructura interna del adobe, lo cual incrementa significativamente su resistencia al corte y a la compresión debido a que mantiene

unidas las partículas. Esto implica que el ichu evite fisuras en la estructura de la unidad de adobe y/o mampostería.

Altamirano (2019) afirma que, añadir un 0.80% de ichu respecto al peso total del suelo garantiza una mezcla trabajable y niveles óptimos de resistencia; no obstante, si se agrega cantidades mayores a éste porcentaje, comienza a mermar su resistencia mecánica.

B.4.14 Mortero

Es muy importante para la adherencia entre las unidades y proporciona el adecuado comportamiento homogéneo como un bloque conjunto para resistir fuerzas horizontales.

La norma E.080 (MVSC, 2017) indica para el espesor del mortero de barro debe variar entre 5 mm a 20 mm, las caras de asentado de las unidades deben ser humedecidas, durante un cierto periodo para no dañar la unidad y la humedad de la mezcla no debe exceder el 20 %.

Figura 3

Mortero entre unidades



Fuente: Norma E.080 (MVSC, 2017)

B.4.15 Coeficiente de variación CV

Tabla 4

Rango de valores de coeficiente de variación

Rango	Interpretación
$S \leq 30\%$	Los datos de la muestra son homogéneos, por lo tanto, la media es representativa
$S \leq 30\% \leq 70\%$	Los datos de la muestra son heterogéneos, por lo tanto, la media no es representativa

Rango	Interpretación
CV > 30%	Los datos de la muestra son muy variables o heterogéneas, por lo tanto, la media no es representativa

Fuente: Adaptado del libro “Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS” Vargas Franco (2007)

C. HIPÓTESIS

C.1 Formulación de la Hipótesis

C.1.1 H. General

H₀: El agregado fino NO tiene una influencia significativa en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en la región del Cusco.

H₁: El agregado fino tiene una influencia significativa en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en la región del Cusco.

C.1.2 H. Específicas

H. Especifica N° 1

H₀: El agregado fino **NO** tiene una influencia significativa en la resistencia a la compresión axial de pilas de la mampostería de adobe.

H₁: El agregado fino tiene una influencia significativa en la resistencia a la compresión axial de pilas de la mampostería de adobe.

H. Especifica N° 2

H₀: El agregado fino **NO** influye en la resistencia a la compresión diagonal de muretes de la mampostería de adobe tradicional.

H₁: El agregado fino influye en la resistencia a la compresión diagonal de muretes de la mampostería de adobe tradicional.

D. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

D.1 Identificación de Variables

D.1.1 Variables Independientes

El **Agregado fino** (arena) se identifica como la variable independiente, debido a que es el factor que será manipulado. Este material se empleará en proporciones de 55%, 60%, 65% y 70%.

D.1.2 Variables Independientes

Propiedades mecánicas.

- Resistencia a la compresión axial en pilas. Es una propiedad mecánica que se presenta en pilas de adobe, producidas en diferentes proporciones de agregado fino, y que cumplan diferentes características de la norma E.080 (MVCS, 2017), A partir de esta variable se obtiene el módulo de elasticidad.
- Resistencia a la compresión diagonal en muretes. Es una propiedad mecánica que se presenta en muretes de unidades de adobe producidas en diferentes proporciones de agregado fino, y que cumplan diferentes características de la norma E.080 (MVCS, 2017), A partir de esta variable se obtiene el módulo de corte.

D.2 Operacionalización de Variables

Según Hernández et al. (2014), “La operacionalización de variables se aplica a aquellas variables susceptibles de medición” (p. 129).

Tabla 5
Operacionalización de variables

Tipo	Variable	Definición Conceptual	Indicador	Medición	Instrumento
Variable Independiente (X)	Agregado fino	Agregado fino procedente de la desintegración natural o artificial de las rocas, cuyas partículas pasan el tamiz de 4.75 mm (N° 4) y son retenidas en el tamiz de 0.075 mm (N° 200)" (MVCS, 2017).	Porcentajes de arena en peso seco del suelo	Porcentaje (%)	Tamiz
				Kilogramo (kg)	Balanza
Variable Dependiente (Y)	Propiedades mecánicas	Se definen como las características que determinan el comportamiento del material ante fuerzas externas, específicamente su "resistencia a la rotura por esfuerzos de compresión y corte" (García & Bazán, 2012)	Resistencia a la compresión axial en Pilas	kgf/ cm ²	Maquina universal "Instron"
					Maquina universal "Instron"
			Resistencia a la compresión diagonal en muretes	kgf/ cm ²	Equipo de Marco de carga
					Equipo de Marco de carga

Nota. Los porcentajes de arena se determinaron en función del peso seco del suelo.

D.3 Enfoque de la Investigación

Es de **tipo cuantitativo**, se realizaron ensayos de laboratorio para la medición de propiedades mecánicas de mampostería.

D.4 Tipo de Investigación

- **Según el propósito de los investigadores**

La investigación es BÁSICA.

- **Según los datos empleados por los investigadores**

La investigación es CUANTITATIVA.

- **Según la intervención de los investigadores**

El tipo de investigación es experimental puro.

- **Según el tiempo de análisis**

La investigación es transversal, porque los datos analizados fueron en único periodo de tiempo.

D.5 Nivel de Investigación

Es Descriptivo - Correlacional, porque existe una relación entre las variables independiente y dependientes.

D.6 Diseño de investigación

Es de tipo experimental - puro, en el sentido de que se hizo la manipulación total de la variable independiente “Agregado fino” afectando el resultado de las variables dependientes.

Tabla 6
Tipo Experimental

Tipo de diseño experimental	Cumple	Razón
Pre - experimental	No	Cuenta con grupos de comparación de variables
Cuasi - experimental	No	Los tipos de Adobe (A, B, C, D y E) no son pre - existentes, se crearon en la presente investigación
Experimental Puro	Sí	Se manipuló la variable independiente (agregado fino)

Nota. Fuente: elaboración Propia.

D.7 Diseño Experimental

D.7.1 Población y Muestra

La población y muestra está determinada por los especímenes a experimentar como unidades, pilas y muretes de adobe tradicional que establece la Norma E. 080 (2017) ; en este caso, todos los especímenes se usaran para el ensayo, es por esta razón, la población y muestra coinciden. De acuerdo a Sampieri et al. (2014) las muestras no probabilísticas o también denominados “Dirigidas”, se tomará de acuerdo a criterios del investigador ya que la selección de las muestras no depende del azar.

D.7.2 Descripción y Cuantificación de las Muestras

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron **234** especímenes, los cuales incluyen adobes de dimensiones (25.5x13x9.5) cm, adobe de dimensiones (10x10x10) cm, Testigos cilíndricos con diámetro D =15.24 cm, h: =30.48 cm y Testigos cilíndricos de mortero D= 8 cm, h: =16 cm, cuyas dimensiones se encuentran de acuerdo a las recomendaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017). La **Tabla 7** muestra la cantidad de especímenes que fueron sometidos a los diferentes ensayos de laboratorio y en la **Tabla 10** se muestra las variantes de adobe que se hicieron para la investigación.

Tabla 7

Resumen de ensayos y cantidad de muestras

Ensayo	Cantidad	Muestra
• Ensayo de resistencia compresión en unidades.	30	Adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm
• Ensayo de resistencia a compresión en cubos.	30	Adobe de dimensiones (10x10x10) cm
• Ensayo resistencia de material tierra a tracción.	30	testigos cilíndricos de mortero D=15.24cm, h=30.48cm
• Ensayo resistencia del mortero a la compresión.	4	testigos cilíndricos de mortero D=8 cm, h =16 cm
• Ensayo resistencia del mortero a la tracción.	30	02 unidades de adobe (25.5x13x9.5) cm
• Resistencia a la tracción o flexión en unidades.	20	Adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm
• Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas.	15	03 unidad de adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm
• Ensayo de compresión Muretes de adobe o tapial.	30	Pila de 04 unidades de adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm
• Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta.	30	Murete de adobe (50x50) cm aproximadamente
• Absorción/ variación dimensional.	20	Adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm

Nota. Las cantidades corresponden al número de muestras ensayadas por prueba; las dimensiones se expresan en centímetros.

D.7.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis es la mampostería de adobe, se define como el espécimen representativo y estará sujeto a observación y ensayo para evaluar sus propiedades mecánicas.

Tabla 8

Tipos de unidad de análisis

Descripción	Tipos
Mampostería de adobe	-Pilas de adobe tradicional
	-Murete de adobe tradicional

Nota. Ambos tipos corresponde al sistema constructivo de mampostería de adobe.

D.7.4 Grupo de Control de Variable

Grupos de control (G1).

Es la unidad de análisis sin alteración, los resultados obtenidos en este grupo nos servirán como punto de referencia.

Grupos Experimentales (G2, G3, G4, G5).

En estos grupos se manipulo la proporción de agregado fino en diferentes porcentajes

.Tabla

9

Control de variable

Grupo	Condición	Tratamiento (X)	Medición (O) (Propiedades Mecánicas)
G1	Control	X0 (Suelo in situ)	O1 (f'm,f't)
G2	Experimental 1	X1 (55% Agregado Fino)	O2 (f'm,f't)
G3	Experimental 2	X2 (60% Agregado Fino)	O3 (f'm,f't)
G4	Experimental 3	X3 (65% Agregado Fino)	O4 (f'm,f't)
G5	Experimental 4	X4 (70% Agregado Fino)	O5 (f'm,f't)

Nota. (f'm) y (f't) representan la resistencia a compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.

D.7.5 Codificación de Grupos Experimentales de Adobe

Tabla 10

Nomenclatura de muestras

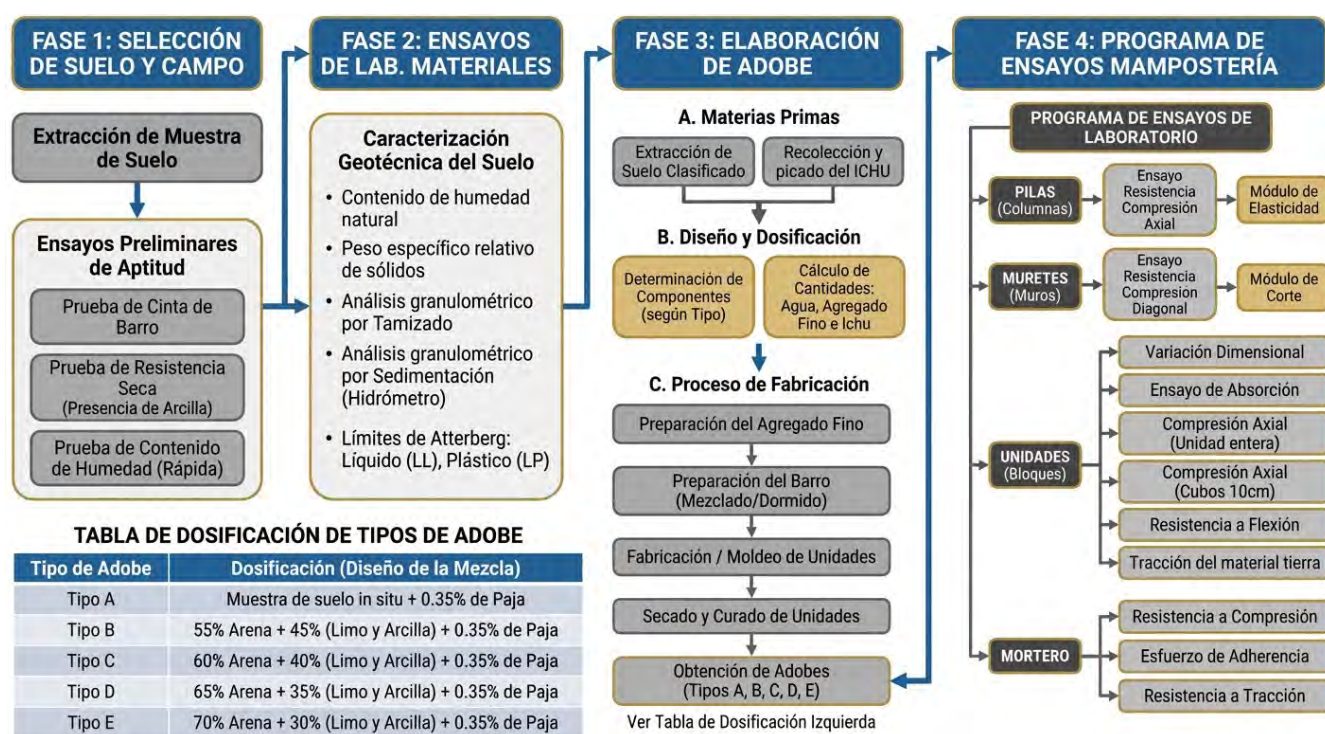
Tipos de adobe	Dosificación
A	Muestra de suelo in situ + 0.35% de Paja
B	Muestra con 55% de Arena + 45% de Limo y Arcilla + 0.35% de Paja
C	Muestra con 60% de Arena + 40% de Limo y Arcilla + 0.35% de Paja
D	Muestra con 65% de Arena + 35% de Limo y Arcilla + 0.35% de Paja
E	Muestra con 70% de Arena + 30% de Limo y Arcilla + 0.35% de Paja

Nota. Los porcentajes indicados corresponden a la dosificación en peso de los materiales que conforman cada tipo de adobe.

D.7.6 Esquema del Diseño Experimental

Figura 4

Esquema experimental de producción y ensayos



Nota. El diagrama presenta el proceso secuencial de validación del material, abarcando desde la selección y caracterización geotécnica del suelo hasta la dosificación y el programa de ensayos mecánicos para mampostería. Fuente: elaboración Propia.

E. DESARROLLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

E.1 Pruebas Preliminares Para la Selección de Suelo

Para fabricar las unidades de adobe se usó primeramente suelo de la zona colindante al “Laboratorio de Mecánica de Suelos – UNSAAC”, sin embargo, antes de la extracción en gran cantidad, se realizaron pruebas preliminares como nos indica la Norma E.080 (2017) en los anexos N°1 y N°2, estas se hicieron sacando una pequeña muestra del material, a continuación, las describiremos:

E.1.1 Prueba de Cinta de Barro

Se debe utilizar una muestra a la que se le añadió agua hasta formar una cinta de 12 mm de grosor inicialmente, luego se aplano de manera progresiva con los dedos pulgar e índice, formando otra cinta de 4 mm de espesor este se dejó descolgar, si la cinta alcanza una longitud entre 20 cm y 25 cm, el suelo es muy arcilloso, si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla (MVCS, 2017).

De acuerdo a esta prueba preliminar se encontró que cuenta con una adecuada cantidad de arcilla para la elaboración/fabricación de adobe, debido a que las cintas alcanzaron una longitud mayor a 15 cm.

Figura 5

Prueba de cinta de barro



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.1.2 Prueba de Resistencia Seca o Presencia de Arcilla

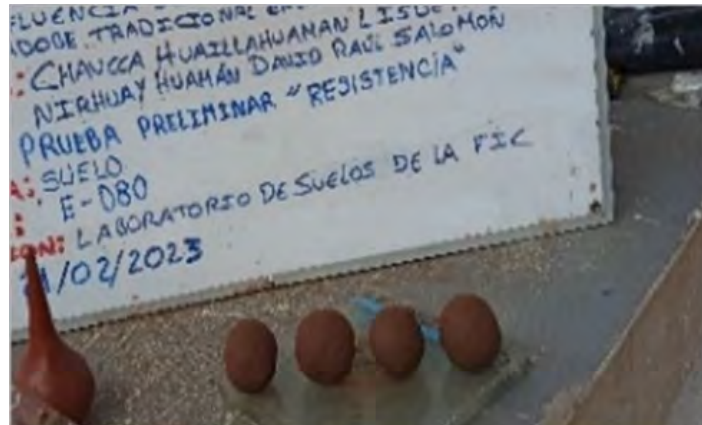
Esta prueba se hizo con un poco de muestra de lugar, se le agrego agua, y con las palmas de las manos se formó cuatro bolitas como se muestra en la **Figura 6**. La cantidad

de agua es la mínima necesaria, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista, al secarse (MVCS, 2017).

Las cuatro bolitas se dejaron secar por 48 horas en un lugar seguro. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se sometió a presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (MVCS, 2017). Ver **Figura 7**.

Figura 6

Prueba de resistencia seca



Nota. fuente: Elaboración propia.

Figura 7

Ejemplo de prueba



Nota. Adaptada de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017). Norma E.080. Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada–Anexo 02.

De acuerdo con esta prueba la muestra de suelo tiene adecuado contenido de arcilla, ya que no se quebró al momento de presionar las bolitas.

E.1.3 Prueba de Contenido de Humedad

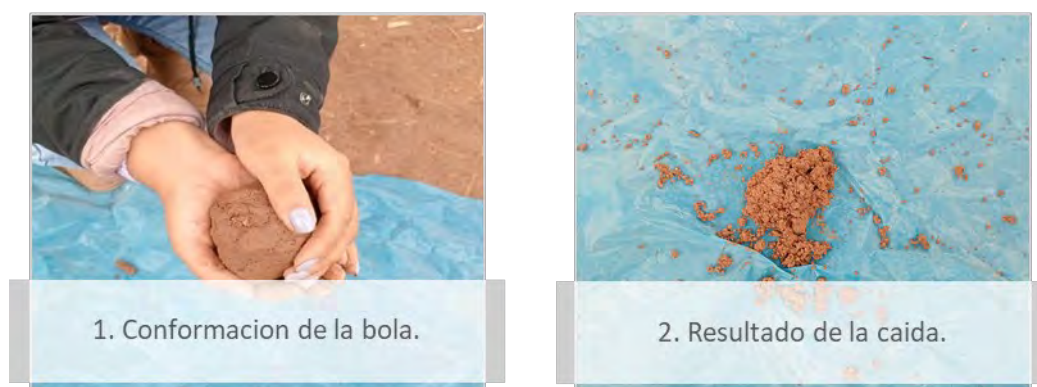
Se conformó una bola de tierra procedente de la zona, con un tamaño aproximado al de un puño, la cual fue compactada manualmente con fuerza. Posteriormente, se dejó caer a una altura de 1,10 m sobre la superficie plana de suelo como se muestra **Figura 8**.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017), establece que:

- Si la bola llega a desintegrarse en el piso, el suelo es demasiado seco.
- Si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto.
- Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto.

Figura 8

Prueba preliminar de contenido de humedad



Fuente: elaboración Propia.

Según esta prueba preliminar de contenido de humedad, se determinó que el suelo si es apto para la fabricación de adobes.

E.2 Ensayos de Laboratorio del Material

Una vez verificado que el material si es apto, para la elaboración de adobe, se procedió a la extracción del suelo y se realizó el ensayo de granulometría, con estos resultados se calculó la cantidad de arena y suelo a combinar para tener las dosificaciones correctas de las muestras de adobe de “Tipo B”, “Tipo C”, “Tipo D” y “Tipo E”, seguidamente se realizó las combinaciones y se separó muestras para hacer los demás ensayos de laboratorio, a continuación se describen los ensayos realizados de las muestras de suelo de “Tipo A”, “Tipo B”, “Tipo C”, “Tipo D” y “Tipo E”.

E.2.1 Contenido de Humedad

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 1999) a través de la NTP 339.185 menciona:

Este método generalmente mide la cantidad de humedad(agua) que existe en una muestra, en caso que el material se encuentre alterado por el calor natural de ambiente, el

ensayo se realizará introduciendo la muestra en una capsula de metal para luego llevarlo a un horno a temperatura controlada.

Figura 9
Ensayo de contenido de humedad



Nota. fuente: Elaboración propia.

Cálculo de Contenido de Humedad

Para el cálculo respectivo se utiliza la siguiente fórmula:

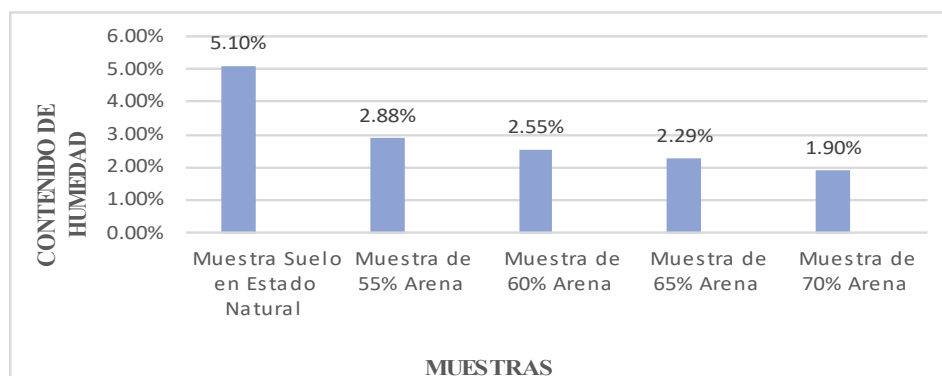
$$W = \frac{Mw}{Mcs - Mc} \times 100$$

Donde:

- W : Contenido de humedad (%)
- Mc : Peso → capsula (gr)
- Mcws : Peso → capsula más el suelo húmedo (gr)
- Mcs : Peso → capsula más el suelo secado al horno (gr)
- Mw : Peso → agua (gr)

Resultados obtenidos:

Figura 10
Resultados de contenido de humedad



Nota. Fuente: elaboración propia.

E.2.2 Peso Específico Relativo de las Partículas Sólidas del Suelo

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI,1999), en la NTP 339.131, establece que el cálculo se realizará como la relación entre el peso de un volumen seco de partículas y el peso de un volumen de agua destilada a una misma temperatura, se usa aparatos como: picnómetro, bomba de vacíos, balanza, termómetro, cápsulas y una pipeta, también se hace la respectiva calibración del picnómetro midiéndose la temperatura.

El ensayo se efectuó en el “Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”. En primera instancia, se determinó el peso del picnómetro vacío y, posteriormente, el del picnómetro se llenó con agua (destilada). Seguidamente, se procedió a la eliminación de burbujas de aire presentes en el agua mediante el uso de la bomba de vacío. En la tercera etapa, se registró el peso de la muestra de suelo, la cual fue introducida en el picnómetro junto con agua destilada hasta aproximadamente un tercio de su volumen. Acto seguido, se repitió el procedimiento de extracción de aire. Para finalmente obtener el peso del picnómetro conteniendo simultáneamente la muestra de suelo y el agua destilada.

Figura 11

Procedimiento del Ensayo de Peso específico relativo



Nota. El procedimiento muestra el uso del picnómetro para determinar el peso específico relativo, Fuente: elaboración Propia.

Cálculo del peso específico relativo.

Para el cálculo respectivo se utiliza la siguiente formula:

$$Gs = \text{Peso específico } (T_x/T_x \text{ } ^\circ C) = \frac{M_o}{M_o + (M_a - M_b)}$$

Donde:

Gs : Peso específico relativo de las partículas sólidas del suelo

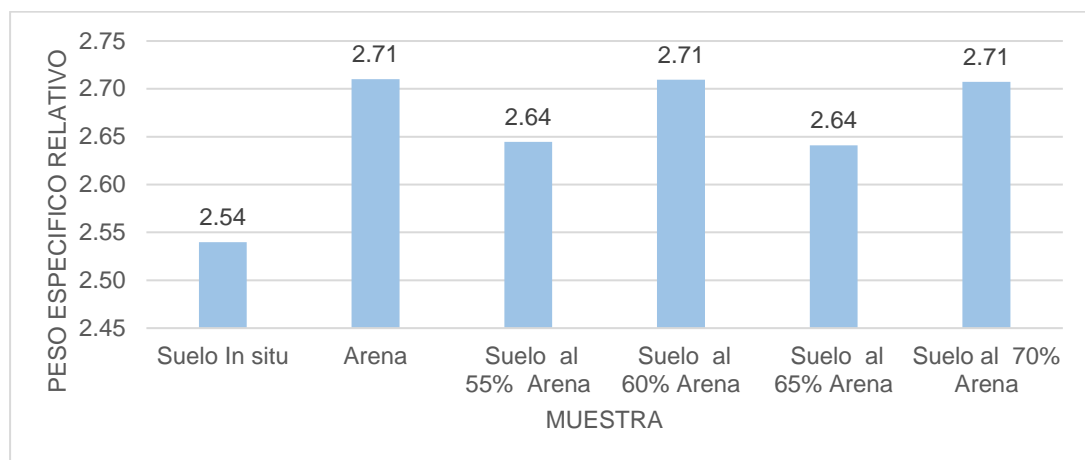
Mo : Peso → la muestra seca (gr)

Ma : Peso → picnómetro más agua (gr)

Mb : Peso → picnómetro más suelo y agua (gr)

Figura 12

Peso específico de suelo Insitu, Arena y Diferentes tipos de Mezclas (B, C, D y E)



Nota. Fuente: elaboración propia.

E.2.3 Análisis Granulométrico por Sedimentación Usando el Hidrómetro

Según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 1999), en la NTP 339.128 (1999), este método cuantifica la distribución de los tamaños de las partículas del suelo que logran pasar por el tamiz 75 um (N°200) , se realiza mediante la sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro(hidrómetro), teniendo en cuenta la velocidad de sedimentación de la esfera (partícula de suelo), peso específico de la esfera, peso específico del agua destilada, viscosidad del fluido, diámetro de la esfera, se usara un defloculante “Hexametáfosfato de sodio” para la dispersión de las partículas ,para luego verter sobre una probeta graduada ,por ende obtener lecturas a un cierto tiempo y obtener resultados apoyándose con tablas.

Procedimiento del ensayo

▪ Fundamento Teórico.

El ensayo se encuentra basado en la ley de Stokes donde se requiere conocer la velocidad de las esferas o partículas del suelo:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_o}{18\eta} D^2$$

Donde:

- v : Velocidad de sedimentación de la esfera
- γ_s : Peso específico de la esfera (partícula del suelo)
- γ_o : Peso específico del agua destilada
- η : Viscosidad del fluido
- D : Diámetro de la esfera (partícula del suelo)

La ecuación se formula tomando como hipótesis que las partículas del suelo tienen aproximadamente la forma de una esfera.

▪ **Preparación de la Muestra**

Para la ejecución del ensayo se utilizaron 50 gr de suelo que pasaron por el tamiz (Nº200), previamente fue secado en el horno por un periodo de 24 horas. Con el fin de evitar la formación de grumos, se usó un defloculante “Hexametáfosfato de sodio” para y garantizar una dispersión adecuada.

Figura 13

Insumos usados para la mezcla



Nota. Insumos requeridos para el ensayo de sedimentación: (1) solvente purificado, (2) material tamizado y (3) dispersante químico. Fuente: elaboración Propia.

La solución se preparó en una proporción de 40 g de defloculante por litro de agua destilada. Específicamente, se mezclaron 5 g de defloculante en 125 ml de solución junto con la muestra de suelo. Esta mezcla se dejó en reposo por un periodo aproximado de 16 horas para permitir la desintegración total de los terrones.

Figura 14

Preparación de la suspensión con agente defloculante



Nota. Proceso de preparación de la suspensión para el ensayo de sedimentación (hidrometría). Se observa el pesaje del agente defloculante y su mezcla con la muestra de suelo y agua destilada.

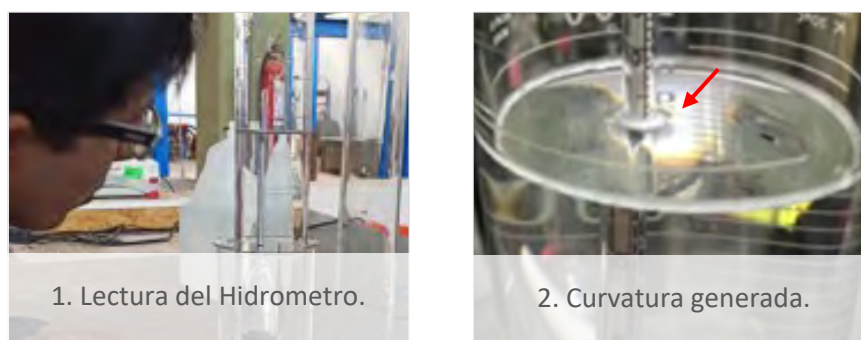
▪ **Correcciones de Lectura**

Antes de comenzar el ensayo, se determinaron las siguientes correcciones para ajustar las lecturas del hidrómetro que son:

- **Corrección por menisco (Cm):** Debido a la tensión superficial se genera una curvatura cuyo ángulo depende del líquido que estemos manejando, es un poco difícil obtener el valor de la lectura, por la turbiedad del suelo mezclado con agua destilada, por lo cual se puso un valor de **Cm = 0.8 gr/l.**

Figura 15

Captura de datos para el cálculo del factor de corrección por menisco



Nota: El factor Cm actúa como un ajuste matemático ante la imposibilidad de obtener una lectura directa.

- **Corrección por defloculante (Cd):** Se empleó una solución de hexametáfosfato de sodio al 4% como agente dispersante. Al añadir 5 g del compuesto a 125 ml de agua destilada, la densidad de la fase líquida aumenta, haciendo necesaria la determinación de una constante de corrección para obtener lecturas precisas del suelo en suspensión.
- **Corrección por temperatura:** La temperatura del fluido y del medio ambiente tienden a provocar cambio en la densidad del fluido. Por esta razón la norma ,

(ASTM D422 / AASHTO T88) recomienda una tabla de valores de C_t , ver **Tabla 11**.

Tabla 11
Valores (C_t) para corrección por temperatura

Temperatura °C	Concentración (gr/litro)	Temperatura °C	Concentración (gr/litro)
10	-2,0	21	0,3
11	-1,9	22	0,6
12	-1,8	23	0,9
13	-1,6	24	1,3
14	-1,4	25	1,7
15	-1,2	26	2
16	-1,0	27	2,4
17	-0,8	28	2,9
18	-0,5	29	3,3
19	-0,3	30	3,7
20	0,0		

Nota. Fuente: Manual de ensayo de materiales del MTC, p. 62

▪ **Ejecución y Toma de Datos.**

La muestra se transfirió a una probeta graduada con agua destilada. Se realizó una agitación manual vigorosa durante un minuto para homogeneizar la suspensión y, posteriormente, se colocó en una superficie horizontal para iniciar las lecturas en intervalos de tiempo predefinidos.

Figura 16
Fase de agitación y toma de lecturas con hidrómetro



Nota. El registro de lecturas se realiza a intervalos de tiempo predefinidos, permitiendo aplicar la Ley de Stokes para determinar el porcentaje de partículas finas.

▪ Cálculos y Fórmulas

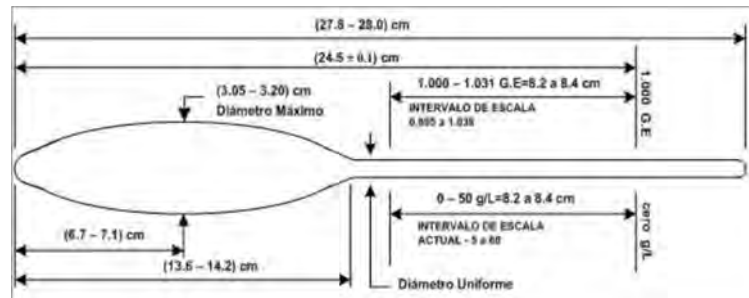
Para obtener los resultados finales, se aplicaron las siguientes ecuaciones:

1. Profundidad Efectiva (L):

Calculada a partir de la lectura aparente (Ra) y las dimensiones físicas del hidrómetro, ver **Figura 18**.

Figura 17

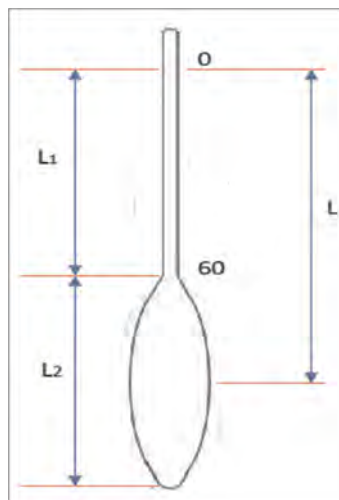
Modelo del densímetro 152H



Nota. Fuente: Manual de ensayos de materiales del MTC, p.57

Figura 18

Valores que se toman para la lectura del hidrómetro



Nota. Fuente propia

$$L = L_1 + \frac{1}{2} \left[L_2 - \frac{V_b}{A} \right]$$

Indicaciones de cada valor en la lectura del hidrómetro

Donde:

L : Profundidad efectiva (cm)

L_1 : Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$L_c = \text{Lectura aparente} - C_d - C_m - C_t$$

La lectura aparente es la que se fue anotando en cada intervalo de tiempo, para luego hacerle la corrección y obtener una lectura corregida, seguidamente se realizó el cálculo de cuanto equivale la distancia que marca en el punto 0 hasta el punto 60 en cm, para finalmente lograr una resta:

$$L_1 = 60 - L_c, \text{ y se procede a transformar el valor a cm.}$$

L_2 : Es un valor constante (longitud del bulbo)

V_b : Volumen del bulbo

A : Área de sección transversal de la probeta

2. Diámetro de la partícula (D):

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

Donde:

D : Diámetro de la partícula (mm)

L : Profundidad efectiva (cm)

T : Temperatura tomada en cada intervalo de tiempo (°C)

K : Los valores de K de encuentra en la **Tabla 12** que nos recomienda la NTP 339.128 (1999), donde se involucra el peso específico relativo de las partículas del suelo.

Tabla 12
Valores de “K” para el cálculo del diámetro de partículas

Temperatura °C	Pesos Específico de las Partículas del Suelo			
	2,64	2,6	2,65	2,7
10	0.01560	0.01583	0.01555	0.01532
11	0.01537	0.01557	0.01533	0.01511
12	0.01516	0.01535	0.01512	0.0149
13	0.01496	0.01515	0.01492	0.0147
14	0.01479	0.01495	0.01474	0.01451
15	0.01458	0.01476	0.01454	0.01432
16	0.01439	0.01457	0.01435	0.01414
17	0.01421	0.01439	0.01417	0.01396
18	0.01403	0.01421	0.01399	0.01378
19	0.01386	0.01403	0.01382	0.01361
20	0.01369	0.01386	0.01365	0.01344
21	0.01352	0.01369	0.01348	0.01328
22	0.01336	0.01353	0.01332	0.01312
23	0.01321	0.01337	0.01317	0.01297

Temperatura	Pesos Específico de las Partículas del Suelo			
24	0.01305	0.01321	0.01301	0.01282
25	0.01290	0.01306	0.01286	0.01267
26	0.01276	0.01291	0.01272	0.01253
27	0.01262	0.01277	0.01258	0.01239
28	0.01248	0.01264	0.01244	0.01225
29	0.01234	0.01249	0.01230	0.01212
30	0.01221	0.01236	0.01217	0.01199

3. Porcentaje más fino (PMF): Finalmente se obtiene el porcentaje más fino (PMF), es importante no perder gramos de la muestra.

$$PMF = \frac{1.65 G_s}{2.65 (G_s - 1) W_s} L_c * 100$$

Donde:

PFM : Parte más fina expresado en porcentaje (%)

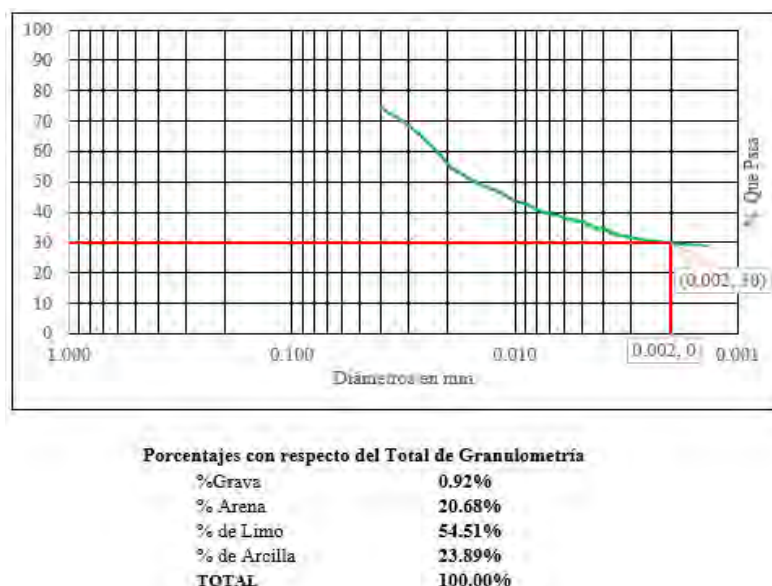
G_s : Peso específico relativo de las partículas del suelo

W_s : Peso de la muestra

Resultados

Figura 19

Granulometría del suelo fino



Nota. Fuente: Elaboración propia

E.2.4 Análisis Granulométrico por Tamizado

Según Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2001) en la NTP 400.012, es un método donde se toma

una muestra de agregado seco, y se pasa a través de una serie de tamices que tiene progresivamente una abertura de mayor a menor, y así determinar la distribución del tamaño de las partículas, se hará uso de un agitador mecánico que impartirá movimiento vertical a los tamices.

Procedimiento de ensayo.

Se tomó una muestra representativa del suelo y, posteriormente, se realizó el cuarteo, procedimiento que consiste en dividir el material en cuatro partes iguales y seleccionar aquella que resulte más adecuada de manera visual para el ensayo. La muestra elegida fue sometida a un proceso de secado en horno durante 24 horas, con la finalidad de eliminar su contenido de humedad natural.

Cumplido este tiempo, se efectuó un lavado mediante el tamiz N°200 para separar las fracciones más finas correspondientes a limos y arcillas. El material retenido en el tamiz N°200 fue nuevamente secado en el horno por un periodo adicional de 24 horas.

Finalmente, por recomendación de la NTP 400.012, se realizó el pesaje de la muestra seca y se realizó el ensayo de granulometría, que consistió en hacer pasar el material a través de los tamices de aberturas: N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200, posteriormente, se hizo el registro el peso de las fracciones retenidas en cada tamiz (INDECOPI , 2001).

Figura 20

Proceso de preparación y Ensayo de análisis granulométrico del suelo

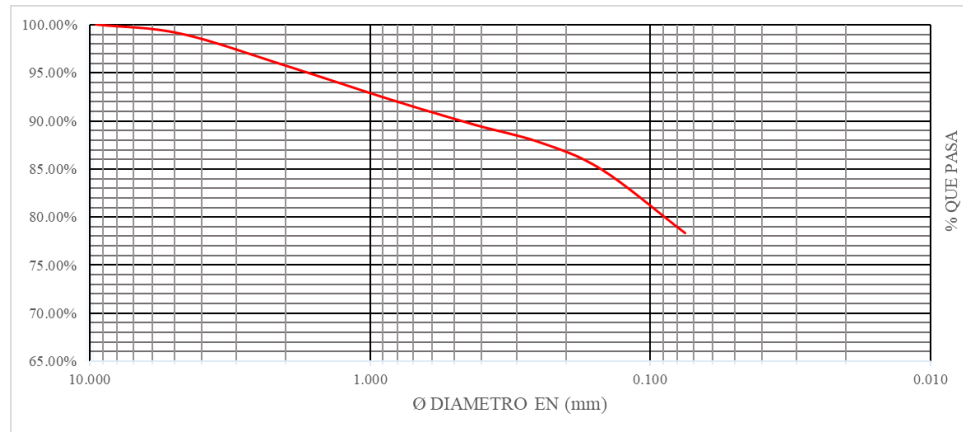


Nota. La secuencia del proceso de preparación y ensayo de análisis granulométrico por tamizado se realizó reiteradas veces tanto para el suelo como el agregado fino. Fuente: elaboración Propia.

Resultados

Figura 21

Curva granulométrica del Suelo In-situ (TIPO A)

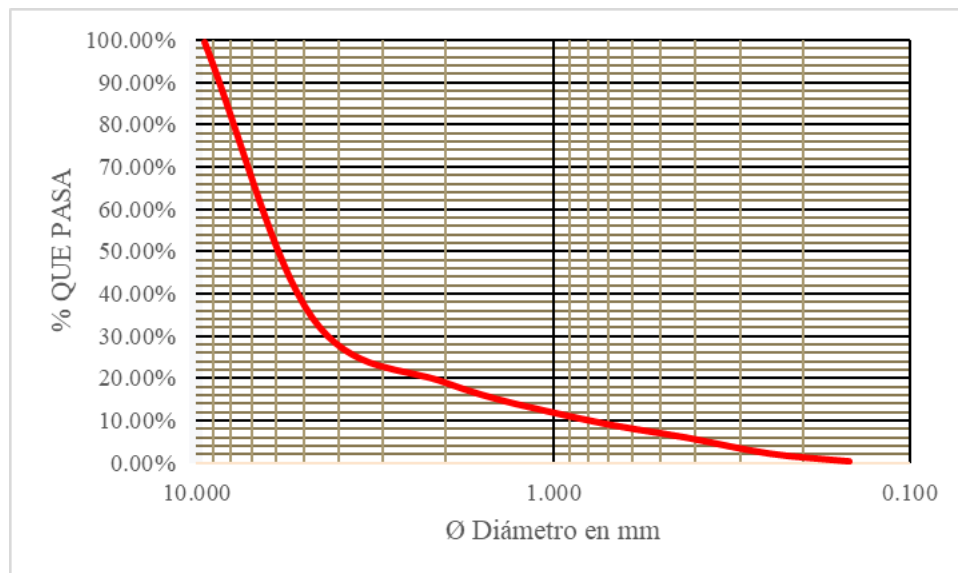


Grava	0.92%
Arena	20.68%
Finos	78.40%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 22

Curva granulométrica de arena

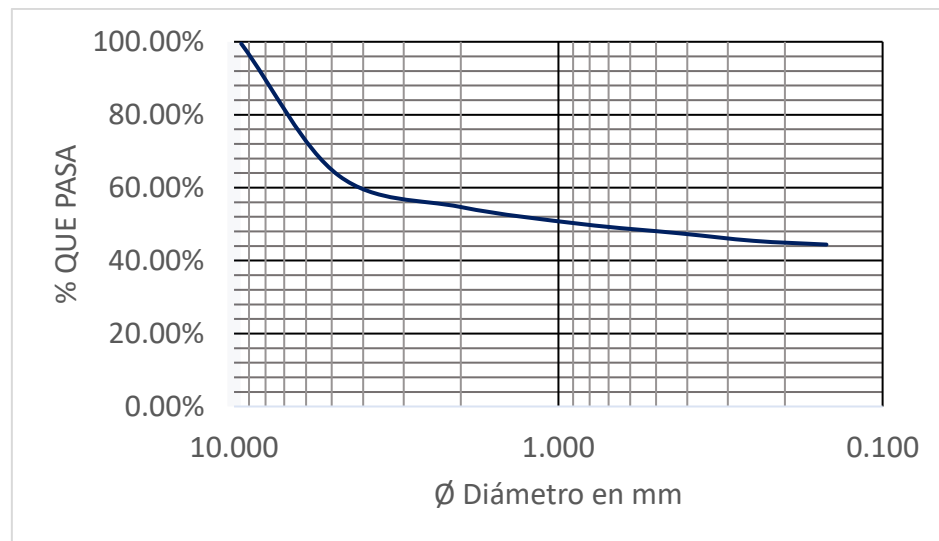


Grava	0.00%
Arena	99.75%
Finos	0.25%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 55% (TIPO B)

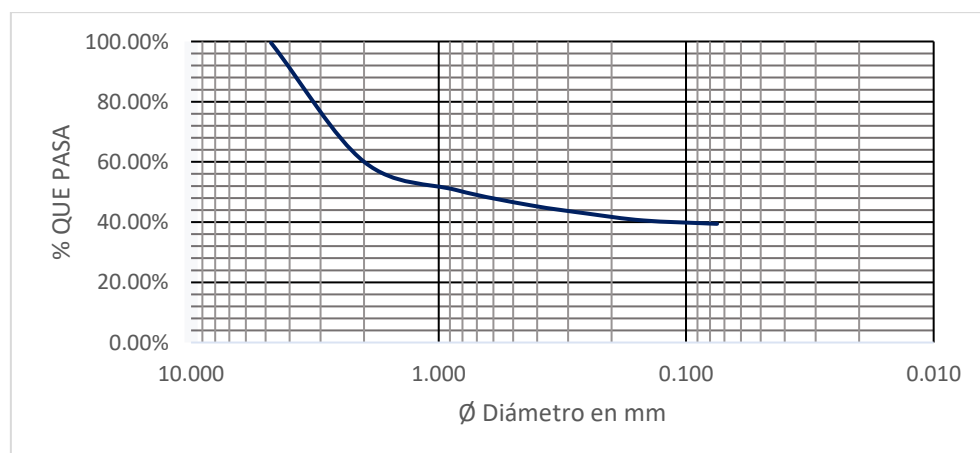


Grava	0.52%
Arena	55.09%
Finos	44.39%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 60% (TIPO C)

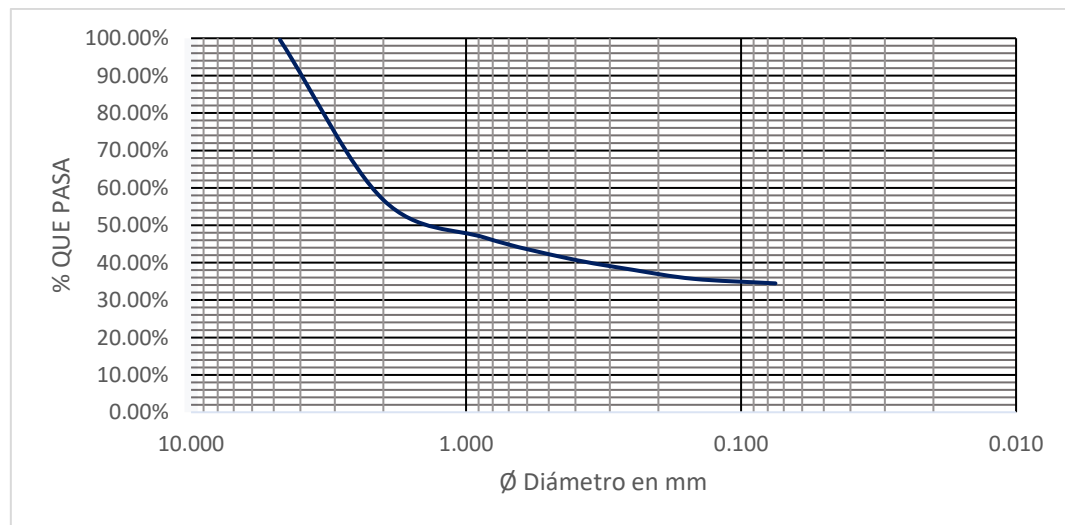


Grava	0.46%
Arena	60.11%
Finos	39.43%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 65% (TIPO D)

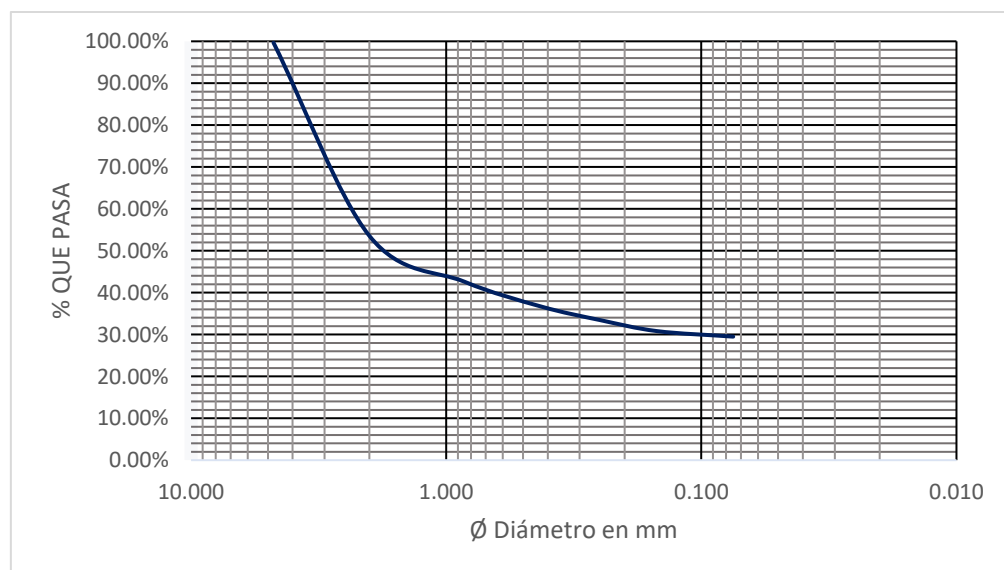


Grava	0.40%
Arena	65.14%
Finos	34.46%

Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Curva granulométrica de la Mezcla de suelo + arena al 70% (TIPO E)



Grava	0.34%
Arena	70.17%
Finos	29.49%

Nota. Fuente: Elaboración propia

E.2.5 Límites de Consistencia

Limite Liquido (LL).

Según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 1999), en la NTP 339.129, el límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, donde el suelo se halla entre el límite de los estados líquido y plástico, se realiza en la copa de Casagrande, teniendo una pasta al cual se le separo por la mitad con un ranurador a lo largo de su fondo una distancia de 13 mm (1/2 pulg) al dejar caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

▪ **Procedimiento de ensayo.**

El ensayo comenzó tomando una muestra de suelo, que previamente pasó por el tamiz N°40, previamente secado al horno con temperatura controlada, luego se mezcló con agua destilada hasta lograr una mezcla consistente, esta mezcla se colocó en la “Copa de Casagrande” utilizando un espátula pequeña y enrasando en forma horizontal, luego de ubicarlo correctamente, se empleó un ranurador que pasó por la mitad y a lo largo de su profundidad, y en seguida se encendió la máquina que hizo impactos repetitivos hasta que las 2 mitades de suelo tengan contacto en una longitud de 13mm, luego se extrajo la parte del contacto y se trasladarlo a una capsula previamente pesada, ya en ese punto se realizó la anotación de la cantidad de golpes que fue necesario para el cierre y el peso final de capsula más el contenido, la prueba se realizó para varios contenidos de humedad, se recomienda obtener tres resultados como mínimo, se obtuvo una curva logarítmica entre el contenido de humedad y el cantidad de golpes, finalmente el valor del límite líquido se obtuvo a los 25 golpes con apoyo de una ecuación del gráfico.

Figura 27

Ensayo de limite liquido



Nota. fuente: Elaboración propia.

Limite Plástico (LP).

Según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 1999), en la NTP 339.129, es el contenido de humedad que se expresa en porcentaje, donde el suelo se halla entre el límite de los estados plástico y semisólido, se realizan mediante hilos o enrollados con el material hasta obtener un diámetro de 3.2 mm (1/8pulg) sin que se rompa, y a través de ello obtener el contenido de humedad más bajo.

▪ **Procedimiento de ensayo.**

El procedimiento inició con la mezcla de la muestra de suelo, que previamente se tamizo por la malla N° 40, con agua (destilada). Posteriormente, se procedió a la formación de cilindros de 3.2mm de diámetro, tal como se ilustra en la **Figura 28**, Este proceso se repitió de manera continua hasta que los hilos presentaron fisuras o quiebres con un contenido de agua determinado.

Inmediatamente después, dichos hilos se colocaron en cápsulas de humedad — previamente pesadas e identificadas— para ser introducidos en un horno de temperatura controlada. Transcurrido un periodo de 24 horas, se pesaron las cápsulas con la muestra seca; con estos datos finales, se realizó el cálculo para obtener el porcentaje del LP del suelo.

Figura 28

Ensayo de limite plástico



Nota. fuente: Elaboración propia.

Figura 29

Muestras pesadas de los límites de consistencia



Nota. Las muestras se encuentran listas para ser colocadas en el horno, correspondientes a los límites de consistencia del suelo, específicamente al límite plástico (izquierda) y al límite líquido (derecha). Elaboración propia.

Índice de Plasticidad (IP).

Según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INACAL, 1999), en la NTP 339.129, “Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico” (p. 4).

▪ **Procedimiento de Ensayo.**

Numéricamente se calcula con la siguiente formula:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP : Índice de plasticidad
- LL : Límite líquido
- LP : Límite plástico

Resultados:

Tabla 13 Resultados de LL, LP y IP

Muestra Tipo	Descripción	Límite líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
A	Suelo In Situ - (SN)	33.30	16.10	17.20
B	Suelo de 55% Arena	28.52	15.34	13.19
C	Suelo de 60% Arena	27.99	14.74	13.25
D	Suelo de 65% Arena	25.28	14.46	10.82
E	Suelo de 70% Arena	20.54	13.95	6.59

Nota. La tabla muestra los resultados de límite líquido y límite plástico de, con estos datos se obtiene el índice plástico. Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Relaciones entre límites en la carta de plasticidad

Característica del suelo	LL igual pero IP en aumento	IP igual pero LL en aumento
Compresibilidad	Constante	Aumenta
Permeabilidad	Disminuye	Aumenta
Tasa de cambio de volumen	Disminuye	-
Tenacidad	Aumenta	Disminuye
Resistencia en estado seco	Aumenta	Disminuye

Relaciones entre límites en la carta de plasticidad – A. Casagrande (en Márquez Cárdenas, 1983)

IP	Plasticidad	Tipo de suelo	Cohesión
0	No plástico	Arena	No cohesivo
<7	Poco plástico	Limo	Parcialmente cohesivo
7-17	Medianamente plástico	Limo arcilloso o Arcilla limosa	Cohesivo
>17	Altamente plástico	Arcilla	Cohesivo

Relación entre IP y la cohesión – Atterberg (en Márquez Cárdenas, 1983)

IP	Plasticidad
0	No presenta
1-5	Ligera
5-10	Baja
10-20	Mediana
20-40	Alta
>40	Muy alta

Grado de plasticidad – Burmister (en Márquez Cárdenas, 1983)

Clasificación del Suelo Según (SUCS).

En la Norma Técnica Peruana NTP 339.134, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es un método sistemático para la categorización de suelos con fines de ingeniería, fundamentado en el análisis granulométrico y la determinación de los límites de consistencia (Límite Líquido y Límite Plástico), bajo este sistema, los suelos se designan mediante símbolos de grupo que consisten en un prefijo y un sufijo, permitiendo predecir su comportamiento geomecánico y su aptitud para ser utilizados en proyectos de construcción (INACAL, 1999).

▪ **Procedimiento de Clasificación.**

La clasificación del suelo se determina mediante una evaluación de los resultados obtenidos en laboratorio:

1. Se define la naturaleza del suelo según el tamiz N°200 (0.075 mm). Se clasifica como grano grueso si la fracción retenida es mayor al 50%, y como grano fino si el 50% o más del material atraviesa dicho tamiz.
 2. Se evalúa la porción que pasa el tamiz N°40 para obtener el (LL) y el (LP), y se calcula el (IP = LL - LP).
 3. Suelos Gruesos: Se asigna el símbolo según los coeficientes de uniformidad (Cu) y curvatura (Cc) para determinar la graduación (W o P), y el contenido de finos para determinar la presencia de limos o arcillas.
- ✓ Coeficiente de Uniformidad (Cu). Indica qué tan uniforme o bien graduado es el suelo.

Fórmula:

$$Cu = \frac{D_{10}}{D_{60}}$$

Donde:

D₁₀: diámetro para el cual el 10 % del suelo es más fino

D₆₀: diámetro para el cual el 60 % del suelo es más fino

(Se obtienen de la curva granulométrica)

Interpretación:

Cu pequeño → suelo uniforme (tamaños similares)

Cu grande → suelo bien graduado (variedad de tamaños)

- ✓ Coeficiente de Curvatura (Cc)

Evalúa la forma de la curva granulométrica, es decir, si la distribución de tamaños es continua.

Fórmula:

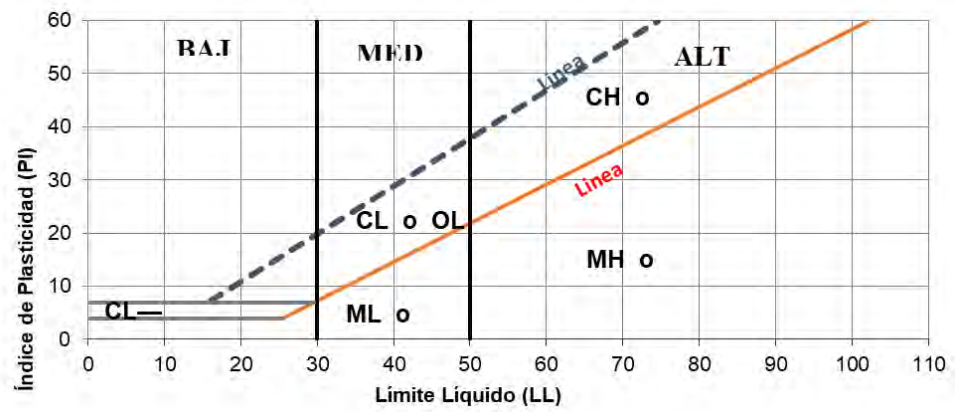
$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}$$

Donde:

D₃₀: diámetro para el cual el 30 % del suelo es más fino

4. Suelos Finos: Se emplea la Carta de Plasticidad de Casagrande para ubicar el suelo según su IP y LL, determinando si es arcilla (C), limo (M) u orgánico (O), y su nivel de compresibilidad (L o H), se puede usar el cuadro de clasificación SUCS como se muestra en la **Tabla 15**.

Figura 30
Carta de Casa grande



Nota. Carta de plasticidad basada en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) según norma ASTM D2487.

Tabla 15
Cuadro de Clasificación de Suelos (SUCS)

División Mayor	Divisiones Menores		Criterio	Símbolo	Nombre del grupo
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$Cu = D_{60}/D_{10} \geq 4$ y $1 \leq Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.
		Menos de 5% finos	$Cu = D_{60}/D_{10} < 4$ y/o $1 > Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	GP	Gravas mal graduadas.
		Gravas con finos Más de 12% finos	IP < 4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad	GM	Gravas limosas.
			IP > 7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad	GC	Gravas arcillosas.
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	$Cu = D_{60}/D_{10} \geq 6$ y $1 \leq Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	SW	Arenas bien graduada.
		Menos de 5% finos	$Cu = D_{60}/D_{10} < 6$ y/o $1 > Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	SP	Arenas mal graduada.
		Arenas con finos Más de 12% finos	IP < 4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.	SM	Arenas limosas.
			IP > 7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.	SC	Arenas arcillosas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	PI > 7 , Grafico en o por encima de línea "A"	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
			PI < 4 , Grafico por debajo de línea "A"	ML	Limos de baja plasticidad.
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	Inorgánico	Gráfico PI en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad
			Gráfico PI por debajo de línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica
Suelos muy orgánicos				PT	Turba

Nota. Fuente: Adaptada de INDECOPI (1999), en la Norma Técnica Peruana NTP 339.134.

Resultados:

Tabla 16

Clasificación SUCS de las la muestras Tipo (A, B, C, D y E)

Muestra	Descripción	Símbolo	Nombre del grupo
Tipo A	Suelo In Situ - (SN)	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
Tipo B	Suelo de 55% Arena	SC	Arenas arcillosas
Tipo C	Suelo de 60% Arena	SC	Arenas arcillosas
Tipo D	Suelo de 65% Arena	SC	Arenas arcillosas
Tipo E	Suelo de 70% Arena	SM/SC	Arenas limosas/arcillosas

Nota. La tabla muestra el resumen de la clasificación de muestras de suelo Tipo A, B, C, D y E

Los cálculos de los ensayos mencionados anteriormente en los Ítems E.2.1, E.2.2, 0, E.2.3 y E.2.5, se muestran en el ANEXO A.

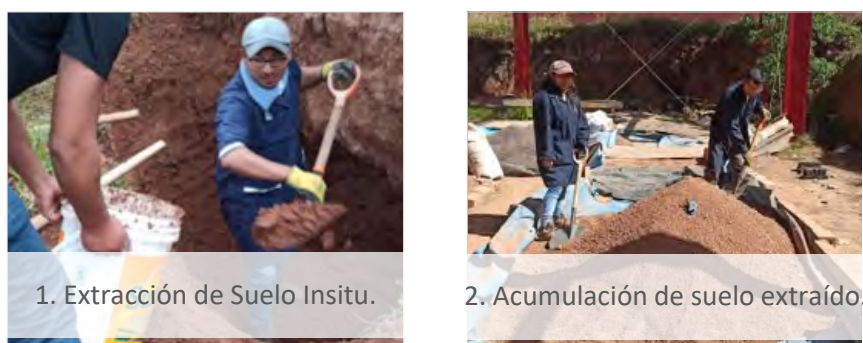
E.3 Elaboración de las Unidades de Adobe

E.3.1 Extracción de Suelo

La extracción del material (suelo) se llevó a cabo en las afueras del Laboratorio de suelos y materiales - UNSAAC. Para ello, se emplearon diversas herramientas, tales como pala, pico, baldes y carretilla, el material obtenido se apilo cerca del área destinada a la preparación de barro. Además, se realizaron previamente todas las pruebas mencionadas en los anexos N°1 y N°2 de la Norma E.080 del año 2017.

Figura 31

Extracción del suelo



Nota. Se muestra el proceso de extracción del suelo in situ (izquierda) y la acumulación del suelo extraído (derecha), realizado como parte del procedimiento de muestreo para los ensayos de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

E.3.2 Recolección y Tratamiento de la Fibra de Ichu

La recolección de ichu se realizó en el distrito de Chinchero, que está ubicado en la provincia de Urubamba, el lugar fue elegido tomado en cuenta que es un área habitual utilizado por los pobladores para la recolección de este recurso, con el fin de fabricar adobes y sogas etc.

Figura 32

Recolección de la fibra de ichu



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.3.3 Preparación del Agregado Fino

El agregado fino fue adquirido en tiendas de materiales de construcción del distrito de San Sebastián. Dicho material proviene de la cantera Vicho ubicada en la ruta Huambutio– San Salvador. Previo a su utilización, el agregado fue lavado con el objetivo de eliminar los finos, tales como limo y arcilla, manteniéndose únicamente el agregado fino, de modo que, al ser mezclado con el suelo in situ, no se alteren las proporciones de limo y arcilla del material original.

Figura 33

Preparación del agregado fino



E.3.4 Cálculo de los Componentes del Suelo Para Cada Tipo de Muestra

Cálculo de la dosificación de agua.

Con el objetivo de garantizar una mezcla homogénea y trabajable, la cantidad de agua requerida se determinó aplicando un factor de dosificación del 20% (0.20) respecto al peso seco del suelo, este procedimiento cumple con el límite máximo estipulado en la Norma E 0.80 (MVCS, 2017). Estos datos y resultados se muestran en la **Tabla 17**.

Tabla 17

Cantidad de agua requerida para cada tipo de muestra

Peso del suelo				
Tipo	Estado natural (kg)	Contenido de humedad (%)	Estado Seco (kg)	Agua requerida (kg)
A	720	5.10%	683.27	136.65
B	802	2.88%	778.86	155.77
C	806	2.55%	785.48	157.10
D	808	2.29%	789.52	157.90
E	812	1.90%	796.57	159.31

Nota. El peso del suelo en estado natural se determinó en función de la demanda material necesaria para la totalidad de los ensayos programados. Los valores de contenido de humedad fueron obtenidos mediante ensayos previos (ver Anexo A).

Cálculo de la dosificación del agregado fino.

El cálculo se hizo de acuerdo a nuestro diseño experimental, para los tipos B, C, D, E primero se determinó el porcentaje de componentes del suelo in situ mediante el ensayo de Análisis granulométrico por tamizado e hidrometría, por otro lado, también se determinó los componentes del agregado fino, con estos resultados y mediante una tabla de Excel se obtuvo el peso de suelo in situ y agregado fino como se muestran en

Dosificación para muestras de adobe con 55% agregado fino.

La cantidad de material requerido se calculó, contabilizando la cantidad de especímenes utilizados en los ensayos programados.

Tabla 18

Componentes de la mezcla de suelo y arena para Tipo B

Mezcla con 55% de Arena + 45% de Limo y Arcilla						
Arena 348.10 kg			Suelo 453.90 kg			
Grava	Arena	Finos	Grava	Arena	Limo	Arcilla
0.00 %	99.75 %	0.25 %	+	0.92 %	20.68 %	49.33 %
0.00 kg	347.23 kg	0.87 kg		4.18 kg	93.87 kg	223.91 kg
						131.95 kg

Nota. Los valores en kilogramos de Arena y Suelo se han calculado multiplicando el porcentaje de cada componente por el peso total requerido.

Tabla 19*Peso final de cada componente para adobe Tipo B*

Mezcla Suelo-Arena		802 kg	
Grava	Arena	Limo	Arcilla
4.18 kg	441.10 kg	223.91 kg	132.82 kg
0.52 %	55.00 %	27.92 %	16.56 %

Dosificación para muestras de adobe con 60% agregado fino.**Tabla 20***Componentes de la mezcla de suelo y arena para Tipo C*

Mezcla con 60% de Arena + 40% de Limo y Arcilla							
Arena 400.80 kg				Suelo 405.20 kg			
Grava	Arena	Finos		Grava	Arena	Limo	Arcilla
0.00 %	99.75 %	0.25 %	+	0.92 %	20.68 %	49.33 %	29.07 %
0.00 kg	399.80 kg	1.00 kg		3.73 kg	83.80 kg	199.89 kg	117.79 kg

Nota. Los valores en kilogramos de Arena y Suelo se han calculado multiplicando el porcentaje de cada componente por el peso total requerido.

Tabla 21*Peso final de cada componente para tipo C*

Mezcla Suelo-Arena		806.00 kg	
Grava	Arena	Limo	Arcilla
3.73 kg	483.59 kg	199.89 kg	118.79 kg
0.46 %	60.00 %	24.80 %	14.74 %

Dosificación para muestras de adobe con 65% agregado fino.**Tabla 22***Componentes de la mezcla de suelo y arena para Tipo D*

Mezcla con 65% de Arena + 35% de Limo y Arcilla							
Arena 452.85 kg				Suelo 355.15 kg			
Grava	Arena	Finos		Grava	Arena	Limo	Arcilla
0.00 %	99.75 %	0.25 %	+	0.92 %	20.68 %	49.33 %	29.07 %
0.00 kg	451.72 kg	1.13 kg		3.27 kg	73.45 kg	175.20 kg	103.24 kg

Nota. Los valores en kilogramos de Arena y Suelo se han calculado multiplicando el porcentaje de cada componente por el peso total requerido.

Tabla 23*Peso final de cada componente para adobe de tipo D*

Mezcla Suelo-Arena		808.00 kg	
Grava	Arena	Limo	Arcilla
3.27 kg	525.16 kg	175.20 kg	104.37 kg
0.40 %	65.00 %	21.68 %	12.92 %

Dosificación para muestras de adobe con 70% agregado fino.**Tabla 24***Componentes de la mezcla de arena para adobe tipo E*

Mezcla con 70% de Arena + 30% de Limo y Arcilla						
Arena 506.45 kg			Suelo 305.55 kg			
Grava	Arena	Finos	Grava	Arena	Limo	Arcilla
0.00 %	99.75 %	0.25 %	+	0.92 %	20.68 %	49.33 %
0.00 kg	505.18 kg	1.27 kg		2.81 kg	63.19 kg	150.73 kg
						88.82 kg

Nota. Los valores en kilogramos de Arena y Suelo se han calculado multiplicando el porcentaje de cada componente por el peso total requerido.

Tabla 25*Peso final de cada componente para adobe de tipo E*

Mezcla Suelo-Arena		812.00 kg	
Grava	Arena	Limo	Arcilla
2.81 kg	568.37 kg	150.73 kg	90.09 kg
0.35 %	70.00 %	18.56 %	11.09 %

Resumen de las proporciones de mezcla (muestras A, B, C, D y E).**Tabla 26***Composición granulométrica y dosificación en peso para los tipos de adobe (A-E)*

Tipo		Grava	Arena	Limo	Arcilla
A	Peso (kg)	6.62	148.90	392.47	172.01
	Porcentaje %	0.92%	20.68%	49.33%	29.07%
B	Peso (kg)	4.18	441.10	223.91	132.82
	Porcentaje %	0.52 %	55.00 %	27.92 %	16.56 %
C	Peso (kg)	3.73	483.59	199.89	118.79
	Porcentaje %	0.46 %	60.00 %	24.80 %	14.74 %
D	Peso (kg)	3.27	525.16	175.20	104.37
	Porcentaje %	0.40 %	65.00 %	21.68 %	12.92 %
E	Peso (kg)	2.81	568.37	150.73	90.09
	Porcentaje %	0.35 %	70.00 %	18.56 %	11.09 %

Tabla 27

Dosificación y proporciones de los componentes de la mezcla de barro para cada tipo de adobe

Tipo	Suelo seco (SS)	Ichu	Agregado Fino	Agua
A	(SS1)	0.35%(SS1)	-	20%(SS1)
B	(SS2)	0.35%(SS2)	55%(T2)	20%(SS2)
C	(SS3)	0.35%(SS3)	60%(T3)	20%(SS3)
D	(SS4)	0.35%(SS4)	65%(T4)	20%(SS4)
E	(SS5)	0.35%(SS5)	70%(T5)	20%(SS5)

Nota. Los valores (SS1) al (SS5) representan la masa del suelo seco para cada variante de muestra.

E.3.5 Preparación de Barro

Muestras Tipo A

El proceso inició con el pesaje de cada componente (suelo, agua e ichu) siguiendo las proporciones establecidas en la **Tabla 26**. Posteriormente, se mezcló el suelo con el agua mediante movimientos envolventes para garantizar una mezcla homogénea. Esta preparación se dejó reposar ("dormir") por un periodo aproximado de 24 horas antes de incorporar finalmente el ichu.

Muestras Tipo B, C, D y E

Para estas muestras, el procedimiento se ajustó de la siguiente manera: primero, se realizó el pesaje del suelo y el agregado fino de acuerdo con los cálculos de la **Tabla 26**. Una vez pesada el agua (según la misma tabla), se procedió a mezclar en seco el suelo con el agregado. Tras obtener una mezcla uniforme, se añadió el agua. Al igual que en el caso anterior, la mezcla final se dejó reposar por un lapso de 24 horas y finalmente se le incorporó ichu.

Figura 34
Pesaje de los componentes



Nota. En las fotografías se observa el proceso de pesaje y dosificación de los componentes para la elaboración de la mezcla. Se utilizaron balanzas de precisión para garantizar las proporciones exactas de agua, suelo, agregado fino (arena) e ichu, asegurando la uniformidad de las muestras experimentales.

Figura 35
Mezclado de barro



Nota. Preparación del barro mediante el mezclado manual de arena, suelo y fibra de ichu, realizado por los tesistas.

E.3.6 Fabricación de Muestras de Adobe

La preparación y fabricación de las unidades de adobe de los diferentes tipos, se desarrolló de la siguiente manera:

Dimensionamiento

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080, para las dimensiones de las unidades se deben ajustarse a las siguientes proporciones, el largo de la unidad debe ser aproximadamente dos veces su ancho y su altura de la misma debe estar entre el rango de (8 y 12) cm.

En este caso se realizó las siguientes dimensiones respetando las indicaciones del reglamento, dando los siguientes valores: de largo 25.5 cm, de ancho 13 cm y de altura 9.5 cm.

Figura 36

Modelo de adoberas



Nota. En las imágenes podemos observar los moldes empleados utilizados para la fabricación de piezas necesarias para los ensayos. Fuente: elaboración propia.

E.3.7 Secado de Adobe

De acuerdo a la norma E.080, el proceso de secado de las unidades de adobe debe realizarse de manera gradual y protegida, ya que una evaporación acelerada de la humedad interna provoca retracciones bruscas que derivan en fisuras estructurales, comprometiendo la integridad de la pieza.

Figura 37
Secado de muestras de adobe



Nota: La secuencia muestra el reposo del adobe, para estabilizar la forma y concluye con el cambio de posición (canto) para garantizar un secado homogéneo.

E.4 Preparación de Muestras Para los Ensayos

E.4.1 Unidades (25.5x13x9.5 cm)

La preparación y fabricación de las unidades de adobe de los diferentes tipos, se desarrolló de la siguiente manera:

Dimensionamiento

Según el Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080, Para las dimensiones de las unidades se deben ajustarse a las siguientes proporciones, el largo de la unidad debe ser aproximadamente dos veces su ancho y su altura de la misma debe estar entre el rango de (8 y 12) cm.

En este caso se realizó las siguientes dimensiones respetando las indicaciones del reglamento, dando los siguientes valores: de largo 25.5 cm, de ancho 13 cm y de altura 9.5 cm.

Figura 38
Elaboración de unidades de adobe



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.2 Cubos (10x10) cm.

Según la norma E.080 revisar el procedimiento de y la razón del porqué de las medidas, de 10x10 cm.

Figura 39

Muestras cubicas de 10x10x10cm



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.3 Testigo Cilíndricos de 6" x 12" (15.24 x 30.48)cm

Se elaboro especímenes de 6" x 12" (diámetro x altura) para cada tipo de muestra, se tomó el barro para colocarlo en un molde para briqueta en tres capas y usando un fierro liso de 5/8" para evitar que queden vacíos en su interior, después 7 días aproximadamente se retira del molde para continuar con su secado durante un periodo de 28 días.

Figura 40

Muestras cilíndricas de 6"x12"



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.4 Testigos cilíndricos de mortero de barro

Se elaboro cilindros pequeños de 8 x16 cm (diámetro x altura), se tomó el barro para colocarlo en tres capas en un molde cilíndrico, luego se dejaron secar en la intemperie por 28 días.

Figura 41

Muestra de testigo cilíndricos del mortero de barro



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.5 Probetas de dos unidades para el ensayo de resistencia del mortero a la tracción

Se preparó con 02 unidades enteras uniéndolos con mortero (de barro) de espesor de junta 1 cm por las caras de longitud x ancho, se prepararon las muestras y se dejaron secar en la intemperie por 28 días.

Figura 42

Probeta de 02 unidades



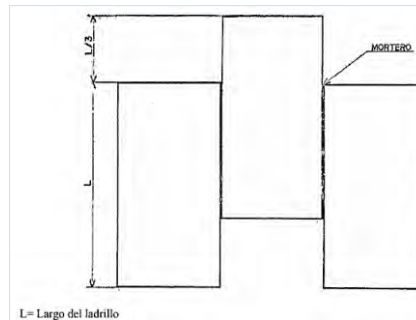
Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.6 Probetas de tres unidades para prueba de adherencia

Se preparó 03 unidades enteras unidas de adobe con mortero (de barro) de espesor de junta 1 cm en las dos terceras partes de la superficie longitud por ancho, se prepararon 03 muestras para el ensayo y se dejaron secar en la intemperie por 28 días.

Figura 43

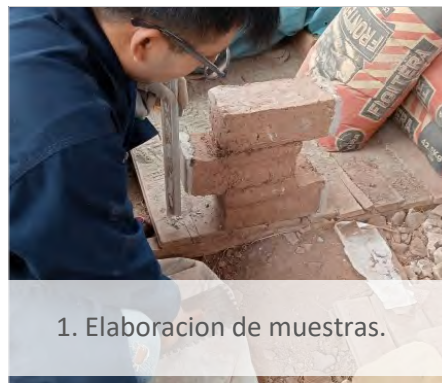
Disposición de tres unidades para el ensayo de adherencia según Norma.



Fuente: tomada de la Norma Mexicana NMX-C-080-1974

Figura 44

Probetas de tres unidades



Nota. En la Imagen 1: Se observa el proceso de asentado cuidando la verticalidad. En la Imagen 2: Se observa el perfilado de caras donde será aplicada la carga, fuente: Elaboración propia.

E.4.7 Pilas de cuatro unidades de adobe para ensayo de compresión.

Para el procedimiento del ensayo a compresión axial se preparó 4 unidades enteras, lo cuales se unieron con mortero de barro de espesor de junta 1 cm formando una pila, cada espécimen se preparó sobre una tabla de madera bien nivelada horizontalmente y apoyada sobre el piso, después del secado de 28 días se colocó un capping que viene a ser un mortero de yeso mezclado con cemento.

Figura 45

Muestras de pilas de 04 unidades



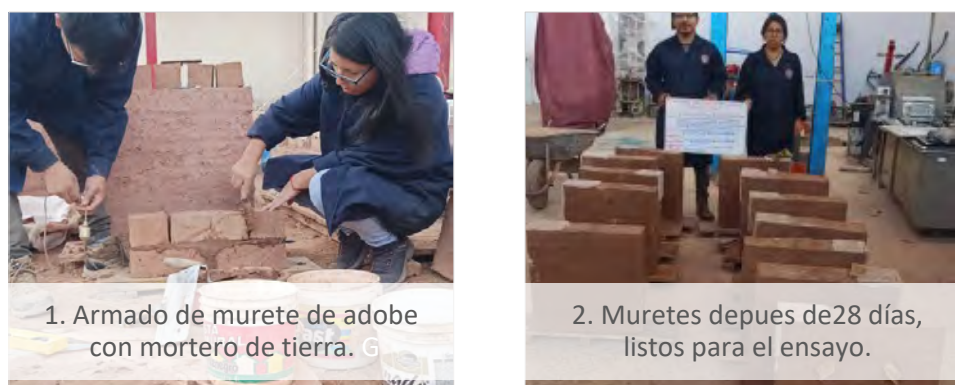
Nota. fuente: Elaboración propia.

E.4.8 Muretes de adobe (50x50)cm

Se elaboraron muretes por cada tipo de adobe (A, B, C, D y E), con unidades enteras y medias de adobe, uniéndolos con mortero de barro de espesor de junta 1 cm, para la elaboración se usaron herramientas que ayudaron para la nivelación horizontal y vertical, se dejaron secar en la intemperie por 28 días.

Figura 46

Proceso de Elaboración/Fabricación de los Muretes de Mampostería



Nota. fuente: Elaboración propia.

E.5 Programa de Ensayos de Laboratorio

En la **Tabla 28** se detallan las cantidades y dimensiones de las muestras preparadas para los 5 tipos de adobe.

Tabla 28

Resumen de la cantidad de muestras según el tipo de ensayo realizado

	Ensayo	Tipo de muestra					Descripción
		A	B	C	D	E	
Unidades	Absorción/ variación dimensional.	4	4	4	4	4	Adobe (25.5x13x9.5) cm
	Resistencia compresión en unidades.	6	6	6	6	6	01 Adobe (25.5x13x9.5) cm
	Resistencia a compresión en cubos.	6	6	6	6	6	01 Adobe (10x10x10) cm
	Resistencia de material tierra a tracción.	6	6	6	6	6	01 testigos cilíndricos D=15.24cm, h=30.48cm
	Resistencia a la tracción o flexión en unidades.	4	4	4	4	4	01 Adobe (25.5x13x9.5) cm
Mortero	Resistencia del mortero a la compresión.			4			01 testigos cilíndricos D=8 cm, h =16 cm
	Resistencia del mortero a la tracción.	6	6	6	6	6	02 Adobe (25.5x13x9.5) cm
	Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas.	3	3	3	3	3	03 Adobe (25.5x13x9.5) cm
Pilas	Compresión Muretes de adobe o tapial.	6	6	6	6	6	Pila de 04 unidades de adobe de dimensiones (25.5x13x9.5) cm
Murete	Compresión diagonal o tracción indirecta.	6	6	6	6	6	Murete de adobe (50x50) cm aproximadamente

Nota. La tabla detalla el número de unidades ensayadas por cada tipo de muestra, también especifica las dimensiones.

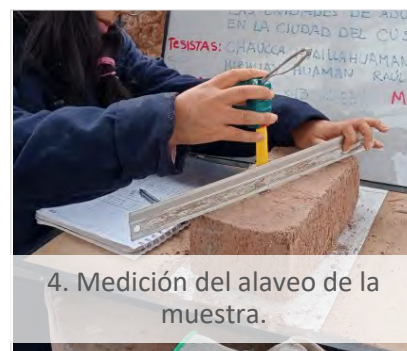
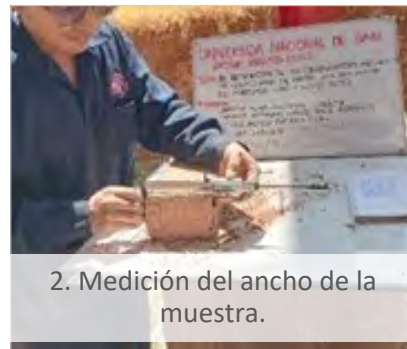
E.5.1 Unidades de Adobe

Variación Dimensional

▪ **Procedimiento del ensayo**

De acuerdo a INDECOPI (2005), el ensayo de variación dimensional (Control de Calidad de Unidades) en la NTP 399.613, consiste en medir la longitud, ancho y altura de la unidad, tomando cuatro lecturas de cada lado para sacar un promedio final en cm, las muestras ensayadas fueron tomadas de manera aleatoria.

Figura 47
Ensayo de variación dimensional



Nota. Los tesisistas realizan las cuatro mediciones normativas en las muestras: longitud, ancho, altura y alabeo.

▪ **Cálculo de variación dimensional**

Se calcula mediante la siguiente formula:

$$\%V = \frac{(M_n - M_p)}{M_n}$$

Donde:

%V: Variación Dimensional

M_n : Medida Nominal

M_p : Medida Promedio

Ensayo de Absorción

▪ Procedimiento del ensayo

Figura 48

Procedimiento de la prueba de absorción

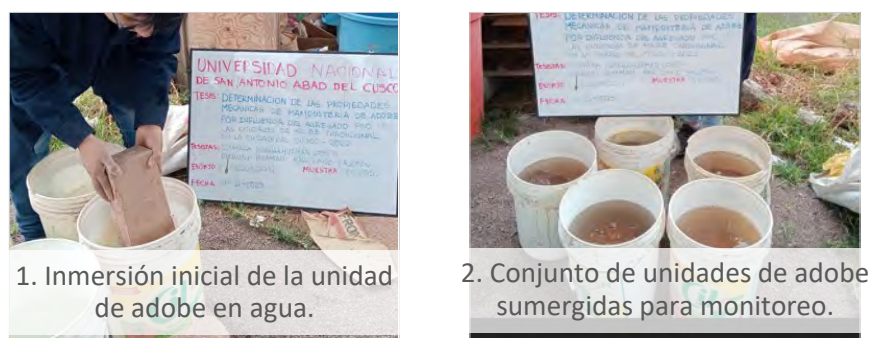


Figura 49

Prueba de inmersión de unidades



Nota. El grupo de imágenes muestra el inicio y el final después de una inmersión de 60 minutos

▪ Cálculo de la absorción

Para el cálculo de los resultados del ensayo se utilizó la fórmula expresada en valores de porcentajes como se muestra.

$$\text{Absorción}(\%) = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

Donde:

W_s : Peso saturado de la muestra

W_d : Peso seco de la muestra

Resistencia a compresión de unidades de adobe (25.5x13x9.5)cm

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, utilizando la máquina universal Instron. Se aplicó una carga a una velocidad constante de 350 kg/min; la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

El INDECOPI (2005), en la NTP 399.613, indica que, para el ensayo se utilizará unidades enteras, se hace una capa delgada de yeso u otro material a las caras opuestas de contacto de la muestra de tal manera que estén niveladas de manera horizontal, y se procede a aplicar una carga constante en la dirección de la profundidad de la unidad sobre las caras en contacto, para luego obtener la resistencia a compresión de la unidad.

Figura 50

Ensayo de resistencia a compresión de unidades



Nota. En las fotografías se muestra el proceso de centrado de la unidad de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo de la resistencia a compresión**

La fórmula usada para hallar la resistencia es:

$$f_0 = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

Donde:

f_0 : Resistencia a la compresión (kgf/cm²).

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima.

A : Área transversal (cm²).

Una vez obtenido los resultados se calcula el promedio de las resistencias a compresión, para obtener la desviación estándar (σ), el coeficiente de dispersión, finalmente la resistencia característica que se obtiene con la siguiente formula:

$$f'_o = f_{prom} - \sigma$$

Resistencia del material tierra a la compresión de cubos (10x10x10)cm

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal Instron. Se aplicó una carga a una velocidad constante de 375 kg/min la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS,2017) en la Noma E.080, la resistencia se mide en cubos de 0.1 m de arista, al cual se le aplica una carga axial en una de sus caras, se debe tomar el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sometidas a ensayos de compresión y la resistencia ultima aceptable es $f_o=1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 51

Ensayo de resistencia a compresión de cubos



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la unidad de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo de la resistencia a compresión**

Para obtener la resistencia se usó la siguiente formula:

$$f_o = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

Donde:

f_0 : Resistencia a la compresión (kgf/cm²)

P_{\max} : Carga máxima

A : Área transversal (cm²)

Una vez obtenido los resultados se calcula el promedio de las resistencias a compresión, para obtener la desviación estándar (σ), el coeficiente de dispersión, finalmente la resistencia característica que se obtiene con la siguiente formula:

$$f'_o = f_{prom} - \sigma$$

Resistencia a flexión en unidad de adobe (25.5x13x9.5)cm

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal Instron. Se aplicó una carga a una velocidad constante de 50 kg/min la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

El INDECOPI (2005) en la NTP 399.613 (2005) indica que, para el ensayo se utilizará unidades enteras, la muestra se apoyará en dos puntos a lo largo de su longitud o mayor dimensión para luego aplicarle una carga a una velocidad constante en la parte central en la dirección del espesor de la unidad, y finalmente se procederá a calcular con la fórmula de flexión simple de resistencia de materiales.

Figura 52

Ensayo de resistencia a tracción o flexión de unidades



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la unidad de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo de la resistencia a flexión de la unidad**

Para obtener la resistencia se usó la siguiente formula:

$$f_t = \frac{1.5(P_{m\acute{a}x} * L)}{bB^2}$$

Donde:

- f_t : Resistencia a la flexión de la unidad (kgf/cm²)
- $P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima en el punto de rotura de la unidad (kgf)
- L : Longitud entre apoyos en la unidad (cm)
- B : Ancho de la unidad (cm)
- b : Altura o esbeltez de la unidad (cm)

**Resistencia del material tierra a tracción (cilindros de D=14 cm
H=27.5cm)**

- **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal “Instron”. Se aplicó una carga a una velocidad constante de 0.01 Mpa/seg, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

- **Procedimiento de ensayo**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080 (2017) menciona que, la resistencia se mide mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6” x 12” de diámetro y largo, al cual se aplica una carga axial constante a lo largo del cilindro, para obtener la resistencia; se debe tomar el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sometidas a ensayos a la misma prueba y la resistencia ultima aceptable es $f_o=0.08 \text{ MPa} = 0.81 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 53

Resistencia del material tierra a tracción



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la probeta de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo de la resistencia a tracción**

Para el cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$\sigma_t = \frac{2 P_{m\acute{a}x}}{\pi L D}$$

Donde:

σ_t : Resistencia a la tracción

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima al momento de rotura del espécimen en kg-f

L : Longitud o altura del cilindro de 6" x 12" en cm

D : Diámetro del cilindro en

E.5.2 Mortero de Barro

Resistencia del mortero a compresión

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el "Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil", se utilizó la máquina universal Instron, donde se aplicó una carga a una velocidad constante de 1.5 mm/min, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

Se realiza aplicando una carga axial en la cara del diámetro de cilindros o briquetas pequeñas.

Figura 54

Procedimiento para el ensayo experimental mortero a compresión



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la probeta de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo de la resistencia a tracción**

Para el cálculo de los resultados del ensayo se utilizó la fórmula:

$$f_0 = \frac{P_{máx}}{A}$$

Donde:

- f_0 : Resistencia del mortero de barro a la compresión (kgf/cm²)
- $P_{máx}$: Carga máxima al momento de rotura del espécimen (kgf)
- A : Área transversal del cilindro(cm²)

Resistencia del mortero a la tracción

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal “Instron”, donde se aplicó una carga a una velocidad constante de 0.01 Mpa/seg, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

El Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080 menciona que, la resistencia se hace a través del ensayo a tracción directa, usando dos unidades, unidas por el mortero de barro a lo largo de la cara de su longitud, al cual se le aplicara una carga constante directo a la junta o mortero; se debe tomar el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sometidas a ensayos a la misma prueba y la resistencia ultima aceptable es 0.012 MPa = 0.12 kg/cm².

Figura 55

Procedimiento del ensayo a tracción del mortero



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la probeta de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo de la resistencia a tracción**

Para el cálculo de los resultados del ensayo se utilizó la fórmula:

$$\delta = \alpha \frac{P_{m\acute{a}x}}{ab}$$

Donde:

Δ : Resistencia del mortero a la tracción (kgf/cm²)

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima en el punto de rotura del espécimen

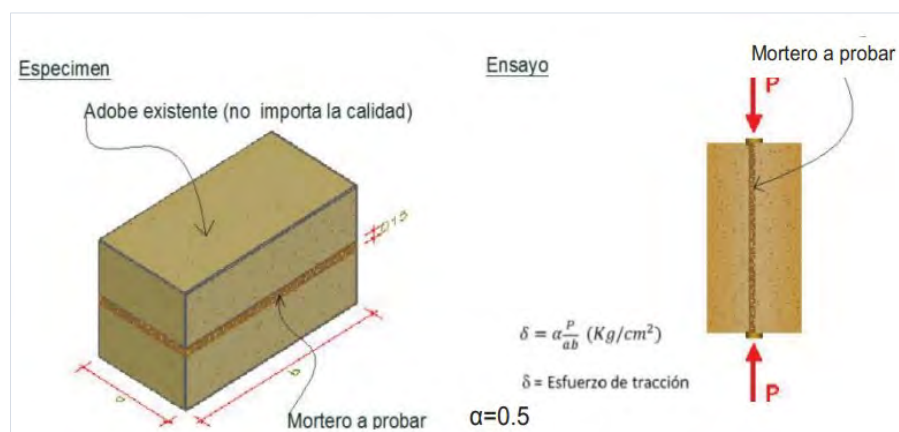
a : Ancho (cm)

b : Longitud (cm)

α : 0.5 (valor adimensional dado por la norma E.080 (2017))

Figura 56

Ejemplo del Ensayo de resistencia del mortero a tracción.



Fuente: (Ministerio de Vivienda, Contruccion y Saneamiento, 2017). E 0.80

Esfuerzo de adherencia

▪ **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal “Instron”, donde se aplicó una carga a una velocidad constante de 0.75 mm/min, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

▪ **Procedimiento de ensayo**

Es la resistencia para evitar que dos unidades y el mortero se separen entre sí, el ensayo está basado en la norma mexicana NMX-C-0.82-1974, para este ensayo se usa tres unidades unidas con mortero de barro, al cual se aplicara una carga constante en la pieza central para medir el esfuerzo de adherencia.

Figura 57

Procedimiento para el ensayo de adherencia



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la probeta de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

▪ **Cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero**

Para el cálculo de los resultados del ensayo se utilizó la fórmula:

$$\sigma_a = \frac{3 P_{m\acute{a}x}}{4aL}$$

Donde:

σ_a : Esfuerzo de adherencia (kgf/cm²)

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima en el momento de falla del ensayo (kgf)

a : Ancho (cm)

L : Longitud (cm)

E.5.3 Mampostería de Adobe

Resistencia a Compresión Axial en Pilas de Adobe

- **Montaje e instrumentación**

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la maquina universal “Instron”, donde se aplicó una carga a una velocidad constante, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

- **Procedimiento de ensayo**

Según el Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080 menciona que, el ensayo se realiza en muretes con unidades de adobe con una altura igual a tres veces la menor dimensión de la base aproximadamente, se le aplicara una carga axial a una velocidad constante para determinar la resistencia, se debe tomar el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sometidas a ensayos a la misma prueba y la resistencia ultima aceptable es 6.12 kg/cm².

Figura 58

Procedimiento para ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado de la probeta de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo de la resistencia a compresión axial en pilas**

Para el cálculo de los resultados del ensayo se utilizó la fórmula:

$$f'_m = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Donde:

f'_m : Resistencia a compresión axial en el punto de rotura de la pila (kgf/cm²)

P_{max} : Carga máxima al momento de rotura de la pila (kgf)

A : Área transversal (cm²)

Una vez obtenido los resultados se calcula el promedio de las resistencias a compresión axial, para obtener la desviación estándar (σ), el coeficiente de dispersión, finalmente la resistencia característica que se obtiene con la siguiente formula:

$$f'_m = f_{prom} - \sigma$$

▪ **Cálculo del módulo de elasticidad**

Según Gallegos y Casabonne (2005), para determinar el módulo de elasticidad se debe considerar dos puntos importantes que son la carga vertical y el desplazamiento axial, por ende se obtiene el grafico esfuerzo – deformacion unitaria, se elimina la porcion inicial del acomodo de las fuerzas en la pila,y se calcula el módulo de elasticidad en el rango elastico, osea la parte lineal del grafico.

A continuacion se muestra el procedimiento para calcular el modulo de elasticidad:

Esfuerzo o resistencia a la compresión axial $f'_m = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$

Deformación unitaria $\varepsilon = \frac{DV}{L}$

Por lo tanto. en el rango elástico se tomó dos puntos que vendrían a ser un inicial y otro final acompañado de su esfuerzo axial y deformación unitaria, para finalmente obtener el cálculo del módulo de elasticidad:

$$E_m = \frac{\Delta f'_m}{\Delta \varepsilon} = \frac{f'_m(\text{final}) - f'_m(\text{inicial})}{\varepsilon(\text{en punto final}) - \varepsilon(\text{en punto inicial})}$$

Donde:

f'_m : Esfuerzo o resistencia a la compresión axial (kg/cm²)

$\Delta f'_m$: Variación del esfuerzo axial entres dos puntos (inicial y final) (kg/cm²)

DV : Deformación vertical (mm)

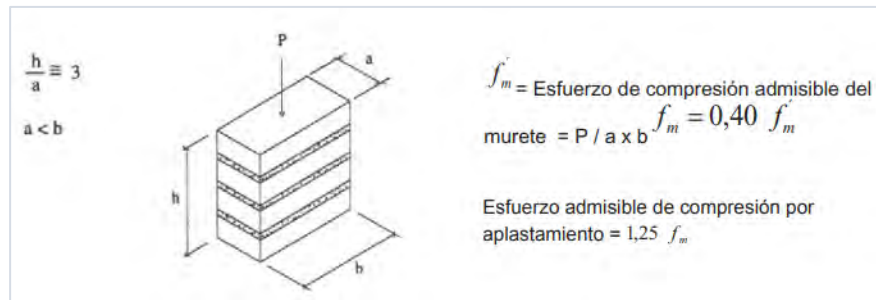
L : Altura o longitud inicial de la pila (cm)

ε : Deformación unitaria (adimensional)

$\Delta \varepsilon$: Variación de la deformación unitaria entre dos puntos (inicial y final)
(adimensional)

A : Área de la sección transversal de la pila (cm²)

Figura 59
Ensayo de compresión en pilas



Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017, p. 16)

Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes de Adobe

▪ Montaje e instrumentación

El ensayo se realizó en el “Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil”, se utilizó la máquina de celda de cargas, donde se aplicó una carga a una velocidad constante, la cantidad final de muestras sometidas se detalla en la **Tabla 28**.

Figura 60
Instrumentación del ensayo de resistencia a Compresión Diagonal en muretes



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

- **Procedimiento de ensayo**

Según el Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080, el ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta se realiza en muretes de 0.65 m x 0.65 m x em, el murete queda apoyado en una de sus esquinas al cual se aplicará una carga axial a velocidad constante para determinar la resistencia, se debe tomar el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sometidas a ensayos a la misma prueba y la resistencia ultima aceptable es 0.25 kg/cm2.

Figura 61

Instrumentación del ensayo de resistencia a Compresión Diagonal en muretes



Nota. En las fotografías se observa el proceso de centrado del murete de adobe y la posterior aplicación de carga hasta la rotura en la máquina universal Instron. Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo de la resistencia a compresión axial en pilas**

Para el cálculo del esfuerzo al corte o resistencia a la compresión diagonal se usó recomendaciones del Ministerio de Vivienda, Contrucción y Saneamiento (MVCS, 2017), en la norma E.080 usando la siguiente fórmula:

$$f'_t = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2ae_m}$$

Donde:

f'_t : Esfuerzo al corte o resistencia a compresión diagonal (kgf/cm2)

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima en el punto de rotura del murete (kgf)

a : Longitud del murete (cm)

e_m : Ancho del murete (cm)

Una vez obtenido los resultados se calcula el promedio de las resistencias a compresión axial, para obtener la desviación estándar (σ), el coeficiente de dispersión, finalmente la resistencia característica que se obtiene con la siguiente formula:

$$f'_t = f'_{t\ prom} - \sigma$$

▪ **Cálculo del módulo de elasticidad**

Según Gallegos y Casabonne (2005) , para determinar el módulo de elasticidad se debe considerar dos puntos importantes que son la carga vertical y las deformaciones vertical y horizontal, por ende se obtiene el grafico esfuerzo – deformacion angular, se elimina la porcion que contempla el reacomodo de los instrumentos, y se calcula el módulo de corte en el rango elástico, osea la parte lineal del grafico.

En la practica se uso dos diales LVDT donde se coloco una en cada sentido, es decir , en la horizontal y otra en la vertical para medir las deformaciones , previo antes se coloco dos topos equidistantes en cada sentido teniendo una distancia calibrada para poder controlar las deformaciones unitarias.

A continuacion se muestra el procedimiento para calcular el modulo de corte:

Esfuerzo al corte o resistencia a la compresión diagonal: $f'_t = \frac{P_{m\acute{a}x}}{2ae_m}$

Deformación unitaria vertical $\varepsilon_v = \frac{DV}{L}$, Deformación unitaria horizontal $\varepsilon_h = \frac{DH}{L}$

Por lo tanto. en el rango elástico se tomó dos puntos que vendrían a ser un inicial y otro final acompañado de su esfuerzo al corte y deformación angular, para finalmente obtener el cálculo correspondiente:

La deformación angular: $\gamma = \sqrt{(\varepsilon_v)^2 + (\varepsilon_h)^2}$

$$G_m = \frac{\Delta f'_t}{\Delta \gamma} = \frac{f'_t(\text{final}) - f'_t(\text{inicial})}{\gamma(\text{en punto final}) - \gamma(\text{en punto inicial})}$$

Donde :

G_m :Módulo de corte (kg/cm²)

f'_t : Esfuerzo al corte o resistencia a la compresion diagonal (kg/cm²)

$\Delta f'_t$:Variacion del esfuerzo de corte entre dos puntos(inicial y final) en el rango elastico

γ : Deformación angular

L : Distancia o longitud calibrada

ε_v : Deformacion vertical unitaria

ε_h : Deformacion horizontal unitaria

DV : Deformación vertical

DH : Deformación horizontal

F. CÁLCULOS Y RESULTADO

F.1 Unidades de Adobe

Las siguientes tablas muestran los datos y resultados que se obtuvieron de la medición de las unidades de adobe.

F.1.1 Variación Dimensional de las Unidades de Adobes Tipo A

Las siguientes tablas muestran los datos y resultados que se obtuvieron de la medición de las unidades de adobe.

Tabla 29
Variación dimensional de las unidades de adobe tipo A

M	Longitud (cm)					Ancho (cm)					Altura (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom	A1	A2	A3	A4	Prom	H1	H2	H3	H4	Prom
A1	23,25	24,30	23,90	23,65	23,78	12,70	12,42	12,77	12,38	12,57	9,08	8,66	8,75	8,94	8,86
A2	23,55	23,55	23,89	23,80	23,70	12,44	12,77	12,39	12,44	12,51	9,15	9,16	9,25	8,54	9,03
A3	23,35	23,51	23,40	23,12	23,35	12,20	12,51	12,41	12,47	12,40	9,05	8,94	12,54	9,12	9,91
A4	24,05	23,10	23,90	23,51	23,64	11,84	12,20	11,76	12,14	11,99	8,58	8,39	8,72	8,30	8,50
	Medida Promedio				23,61					12,37					9,07
	Medida Nominal				25,50					13,00					9,50
	Variación Dimensional				7,39%					4,88%					4,49%

Nota. Los valores de "Variación Dimensional" se calcularon comparando el promedio de las mediciones reales de las cuatro muestras (A1-A4) frente a la medida nominal de diseño, utilizando la fórmula de porcentaje de error. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30
Variación volumétrica del adobe de tipo A

Muestra	Longitud Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Volumen (cm ³)
A1	23,78	12,57	8,86	2646,553
A2	23,70	12,51	9,03	2675,513
A3	23,35	12,40	9,91	2868,872
A4	23,64	11,99	8,50	2407,558
Volumen promedio				2649,624
Volumen nominal				3149,25
Variación volumétrica				15,86%

Nota. Variación porcentual calculada a partir del volumen promedio de las muestras (A1 a A4) respecto al valor nominal de diseño. Fuente: Elaboración propia.

F.1.2 Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo B

Tabla 31

Variación dimensional de las unidades de adobe tipo B

M	Longitud (cm)					Ancho (cm)					Altura (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom	A1	A2	A3	A4	Prom	H1	H2	H3	H4	Prom
B1	24,65	24,75	24,73	24,66	24,70	12,80	12,71	12,50	12,83	12,71	9,65	9,63	9,30	9,42	9,50
B2	25,80	25,35	25,50	24,50	25,29	12,95	12,85	13,06	13,04	12,98	9,53	8,98	9,36	9,20	9,27
B3	24,90	25,01	25,75	24,90	25,14	12,55	12,83	12,63	12,71	12,68	9,22	9,21	9,16	9,32	9,23
B4	25,40	25,30	25,10	25,51	25,33	12,95	12,61	13,11	12,71	12,85	9,05	8,81	9,20	9,18	9,06
	Medida Promedio				25,11					12,80					9,26
	Medida Nominal				25,5					13					9,5
	Variación Dimensional				1,52%					1,52%					2,49%

Nota. Los valores de "Variación Dimensional" se calcularon comparando el promedio de las mediciones reales de las cuatro muestras (B1-B4) frente a la medida nominal de diseño, utilizando la fórmula de porcentaje de error. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Variación volumétrica del adobe de tipo B

Muestra	Longitud Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Volumen (cm ³)
B1	24,70	12,71	9,50	2982,1
B2	25,29	12,98	9,27	3040,716
B3	25,14	12,68	9,23	2941,498
B4	25,33	12,85	9,06	2947,506
		Volumen promedio		2977,955
		Volumen nominal		3149,25
		Variación volumétrica		5,44%

Nota. Variación porcentual calculada a partir del volumen promedio de las muestras (E1 a E4) respecto al valor nominal de diseño. Fuente: Elaboración propia.

F.1.3 Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo C

Tabla 33

Variación dimensional de las unidades de adobe tipo C

M	Longitud (cm)					Ancho (cm)					Altura (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom	A1	A2	A3	A4	Prom	H1	H2	H3	H4	Prom
C1	25,12	24,95	25,30	25,55	25,23	12,86	13,26	12,90	13,02	13,01	9,42	9,25	9,40	9,38	9,36
C2	25,05	25,51	25,10	25,18	25,21	12,88	13,27	12,77	12,98	12,98	9,35	9,22	9,30	9,23	9,28
C3	25,15	25,12	24,95	24,81	25,01	12,92	13,01	12,83	12,81	12,89	9,20	9,25	9,19	9,20	9,21
C4	25,10	25,25	25,00	25,10	25,11	12,90	13,15	12,85	12,85	12,94	9,55	9,30	9,30	9,20	9,34
	Medida Promedio				25,14					12,95					9,30
	Medida Nominal				25,5					13					9,5
	Variación Dimensional				1,41%					0,36%					2,14%

Nota. Los valores de "Variación Dimensional" se calcularon comparando el promedio de las mediciones reales de las cuatro muestras (C1-C4) frente a la medida nominal de diseño, utilizando la fórmula de porcentaje de error. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Variación volumétrica del adobe de tipo C

Muestra	Longitud Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Volumen (cm ³)
C1	25,23	13,01	9,36	3073,169
C2	25,21	12,98	9,28	3033,85
C3	25,01	12,89	9,21	2969,389
C4	25,11	12,94	9,34	3033,688
Volumen promedio				3027,524
Volumen nominal				3149,25
Variación volumétrica				3,87%

Nota. Variación porcentual calculada a partir del volumen promedio de las muestras (E1- E4) respecto al valor nominal de diseño. Fuente: Elaboración propia.

F.1.4 Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo D

Tabla 35

Variación dimensional de las unidades de adobe tipo D

M	Longitud (cm)					Ancho (cm)					Altura (cm)					
	L1	L2	L3	L4	Prom	A1	A2	A3	A4	Prom	H1	H2	H3	H4	Prom	
D1	25,10	25,40	25,25	25,45	25,30	12,85	13,11	12,80	12,85	12,90	9,45	9,50	9,45	9,00	9,35	
D2	24,90	25,10	25,20	25,08	25,07	12,75	13,05	12,82	12,86	12,87	9,00	9,35	9,60	9,31	9,32	
D3	25,01	25,20	25,15	24,81	25,04	12,75	12,68	12,87	12,81	12,78	9,61	9,60	9,55	9,45	9,55	
D4	25,15	25,13	25,20	25,55	25,26	12,80	13,00	12,81	12,83	12,86	9,45	9,54	9,50	9,48	9,49	
Medida Promedio					25,17						12,85					9,43
Medida Nominal					25,5						13					9,5
Variación Dimensional					1,30%						1,13%					0,76%

Nota. Los valores de "Variación Dimensional" se calcularon comparando el promedio de las mediciones reales de las cuatro muestras (D1-D4) frente a la medida nominal de diseño, utilizando la fórmula de porcentaje de error. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36
Variación volumétrica del adobe de tipo D

Muestra	Longitud Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Volumen (cm ³)
D1	25,30	12,90	9,35	3052,151
D2	25,07	12,87	9,32	3005,493
D3	25,04	12,78	9,55	3056,614
D4	25,26	12,86	9,49	3083,273
		Volumen promedio		3049,383
		Volumen nominal		3149,25
		Variación volumétrica		3,17%

Nota. Variación porcentual calculada a partir del volumen promedio de las muestras (D1 - D4) respecto al valor nominal de diseño. Fuente: Elaboración propia.

F.1.5 Variación Dimensional de las Unidades de Adobe Tipo E

Tabla 37
Variación dimensional de la unidad de adobe Tipo E

M	Longitud (cm)					Ancho (cm)					Altura (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Prom	A1	A2	A3	A4	Prom	H1	H2	H3	H4	Prom
E1	25,62	25,10	25,81	25,55	25,52	12,29	13,13	13,15	12,91	12,87	9,27	9,37	9,25	9,23	9,28
E2	26,20	26,25	26,01	25,90	26,09	13,05	13,00	13,07	13,31	13,11	8,90	9,29	9,17	9,23	9,15
E3	25,09	26,01	25,48	25,41	25,50	13,12	12,95	12,85	13,06	13,00	10,29	9,92	9,56	9,94	9,93
E4	26,00	25,15	25,90	25,50	25,64	13,10	12,90	13,10	12,50	12,90	9,50	9,30	9,20	9,80	9,45
	Medida Promedio				25,69					12,97					9,45
	Medida Nominal				25,5					13					9,5
	Variación Dimensional				-0,73%					0,25%					0,51%

Nota. Los valores de "Variación Dimensional" se calcularon comparando el promedio de las mediciones reales de las cuatro muestras (E1-E4) frente a la medida nominal de diseño, utilizando la fórmula de porcentaje de error. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38
Variación volumétrica del adobe de tipo E

Muestra	Longitud Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Volumen (cm ³)
E1	25,52	12,87	9,28	3047,945
E2	26,09	13,11	9,15	3128,213
E3	25,50	13,00	9,93	3289,378
E4	25,64	12,90	9,45	3125,339
		Volumen promedio		3147,719
		Volumen nominal		3149,25
		Variación volumétrica		0,05%

Nota. Se muestra la variación porcentual calculada a partir del volumen promedio de las muestras (E1 a E4) respecto al valor nominal de diseño. Fuente: Elaboración propia.

F.1.6 Ensayo de Absorción

Tabla 39
Ensayo de absorción

Tipo	Muestra	Peso seco Wd (gr)	Tiempo de absorción (min)	Peso saturado (Ws)
A	A1	4,75	87	No se pudo realizar, debido a la desintegración rápida de las unidades.
	A2	4,45	85	
	A3	4,40	86	
B	B1	5,95	52	No se pudo realizar, debido a la desintegración rápida de las unidades.
	B2	5,70	51	
	B3	5,85	49	
C	C1	5,70	17	No se pudo realizar, debido a la desintegración rápida de las unidades.
	C2	5,90	18	
	C3	5,80	15	
D	D1	6,25	43	No se pudo realizar, debido a la desintegración rápida de las unidades.
	D2	6,50	40	
	D3	6,20	41	
E	E1	6,15	20	No se pudo realizar, debido a la desintegración rápida de las unidades.
	E2	6,05	21	
	E3	6,55	18	

Nota. No se registraron datos para el "Peso saturado (Ws)" debido a que todas las unidades de los tipos (A-E) presentaron desintegración rápida al entrar en contacto con el agua. Fuente: Elaboración propia.

F.1.7 Resistencia a Compresión Axial de unidades de Adobes

Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo A

Tabla 40
Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo A

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
MSN-1	11.89	8.72	23.56	103.68	2375.10	22.91
MSN-2	12.32	8.99	24.09	110.76	2672.10	24.13
MSN-3	12.55	8.50	25.40	106.68	2393.10	22.43
MSN-4	12.54	8.51	25.41	106.72	2201.85	20.63
fo = (kgf/cm ²):						22.53
σ = (kgf/cm ²):						1.45
C V (Dispersión):						6.43%
f'o = (kgf/cm ²):						21.08

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de las unidades de adobe tipo A. fo representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo B

Tabla 41

Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo B

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M55-1	12.55	9.70	24.60	121.74	1295.10	10.64
M55-2	12.73	9.65	25.15	122.84	1287.45	10.48
M55-3	12.99	9.50	25.40	123.41	1899.90	15.40
M55-4	12.86	9.51	24.80	122.30	1922.85	15.72
fo = (kgf/cm ²):						13.06
σ = (kgf/cm ²):						2.89
C V (Dispersión):						22.13%
f 'o = (kgf/cm ²):						10.17

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de las unidades de adobe tipo B. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo C

Tabla 42

Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M60-1	12.50	9.00	25.10	112.50	993.15	8.83
M60-2	12.35	9.40	24.50	116.09	991.80	8.54
M60-3	13.03	9.38	24.85	122.22	1299.60	10.63
M60-4	13.05	9.09	24.60	118.62	1172.70	9.89
fo = (kgf/cm ²):						9.47
σ = (kgf/cm ²):						0.97
C V (Dispersión):						10.19%
f 'o = (kgf/cm ²):						8.51

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de las unidades de adobe tipo C. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo D

Tabla 43

Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M65-1	12.60	10.00	24.90	126.00	1420.65	11.28
M65-2	12.80	9.25	25.00	118.40	1355.85	11.45
M65-3	12.95	10.12	25.00	131.05	1832.40	13.98
M65-4	12.97	9.89	25.50	128.27	1944.00	15.16
f _o = (kgf/cm ²):						12.97
σ = (kgf/cm ²):						1.91
C V (Dispersión):						14.75%
f 'o = (kgf/cm ²):						11.05

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de las unidades de adobe tipo D. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f 'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo E

Tabla 44

Determinación de la Resistencia a Compresión Axial de Unidades Tipo E

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
	Longitud	Ancho	Altura			
M70-1	12.70	9.00	25.00	114.30	1123.20	9.83
M70-2	12.60	9.50	25.00	119.70	1014.30	8.47
M70-3	12.60	8.90	25.90	112.14	1636.65	14.59
M70-4	13.32	9.15	25.20	121.88	1575.00	12.92
f _o = (kgf/cm ²):						11.45
σ = (kgf/cm ²):						2.80
C V (Dispersión):						24.46%
f 'o = (kgf/cm ²):						8.65

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de las unidades de adobe tipo E. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f 'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45

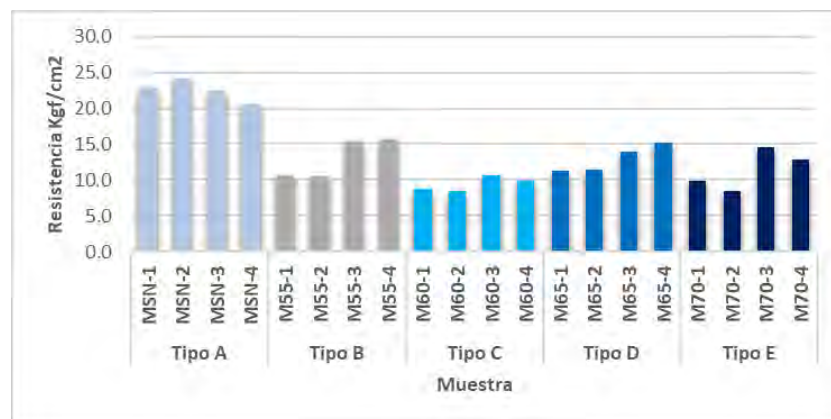
Resumen de resistencia a compresión axial de unidades de adobe

Tipo de Muestra	Resistencia a la Compresión Promedio f_o (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica $f'_o =$ (kgf/cm ²)
Tipo A	22.53	1.45	6.43%	21.08
Tipo B	13.06	2.89	22.13%	10.17
Tipo C	9.47	0.97	10.19%	8.51
Tipo D	12.97	1.91	14.75%	11.05
Tipo E	11.45	2.80	24.46%	8.65

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras por tipo de unidad. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

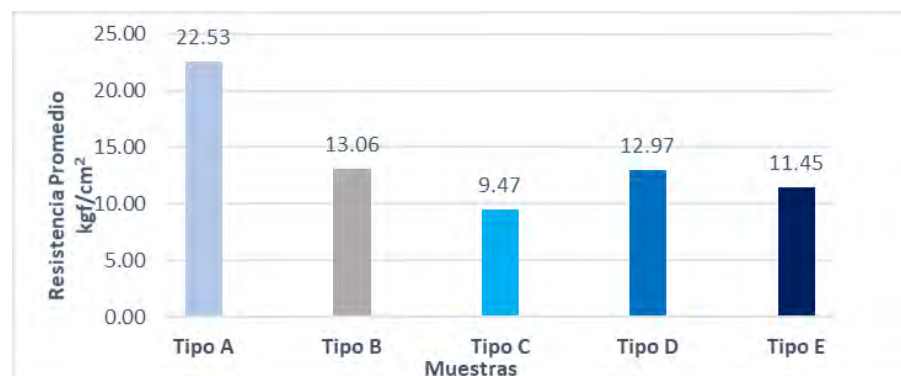
Resistencia a compresión axial de unidades de adobe



Nota. La figura muestra los valores de resistencia a la compresión axial de las unidades de adobe para los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47

Resistencia promedio a compresión axial de unidades de adobe



Nota. La figura presenta los valores promedio de resistencia a la compresión axial de las unidades de adobe correspondientes a cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.1.8 Resistencia a Compresión del Material Tierra de Adobe

Resistencia a compresión del material tierra Tipo A

Tabla 48

Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo A

Muestra	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
CSN-1	9.10	82.81	2827.35	34.14
CSN-2	9.15	83.72	2935.35	35.06
CSN-3	9.00	81.00	4185.90	51.68
CSN-4	9.15	83.72	2640.15	31.53
$f_o = (\text{kgf/cm}^2):$				38.10
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$				9.17
C V (Dispersión):				24.07%
$f' _o = (\text{kgf/cm}^2):$				28.93

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de cubos de adobe tipo A. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f' _o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a compresión del material tierra Tipo B

Tabla 49

Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo B

Muestra	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
C55-1	9.55	91.20	2395.35	26.26
C55-2	9.50	90.25	2367.90	26.24
C55-3	9.50	90.25	2422.80	26.85
C55-4	9.50	90.25	2350.21	26.04
$f_o = (\text{kgf/cm}^2):$				26.35
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$				0.35
C V (Dispersión):				1.32%
$f' _o = (\text{kgf/cm}^2):$				26.00

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de cubos de adobe tipo B. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f' _o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a compresión del material tierra Tipo C

Tabla 50

Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo C

Muestra	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
C60-1	9.50	90.25	1768.50	19.60
C60-2	9.50	90.25	1684.80	18.67
C60-3	9.50	90.25	1486.35	16.47
C60-4	9.50	90.25	1737.90	19.26
$f_o = (\text{kgf/cm}^2):$				18.50
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$				1.41
C V (Dispersión):				7.60%
$f' o = (\text{kgf/cm}^2):$				17.09

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de cubos de adobe tipo C. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f' o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a compresión del material tierra Tipo D

Tabla 51

Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo D

Muestra	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
C65-1	9.50	90.25	1791.90	19.85
C65-2	9.50	90.25	1735.65	19.23
C65-3	9.50	90.25	1692.00	18.75
C65-4	9.30	86.49	1989.90	23.01
$f_o = (\text{kgf/cm}^2):$				20.21
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$				1.92
C V (Dispersión):				9.49%
$f' o = (\text{kgf/cm}^2):$				18.29

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de cubos de adobe tipo D. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f' o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a compresión del material tierra Tipo E

Tabla 52

Determinación de la Resistencia a compresión del material tierra tipo E

Muestra	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm ²)
C70-1	10.00	100.00	1863.00	18.63
C70-2	9.50	90.25	1440.90	15.97
C70-3	9.40	88.36	1624.95	18.39
C70-4	9.50	90.25	1881.45	20.85
			$f_o = (\text{kgf/cm}^2):$	18.46
			$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$	2.00
			C V (Dispersión):	10.81%
			$f'_o = (\text{kgf/cm}^2):$	16.46

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial de cubos de adobe tipo E. f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resumen de los Ensayos de compresión del material tierra.

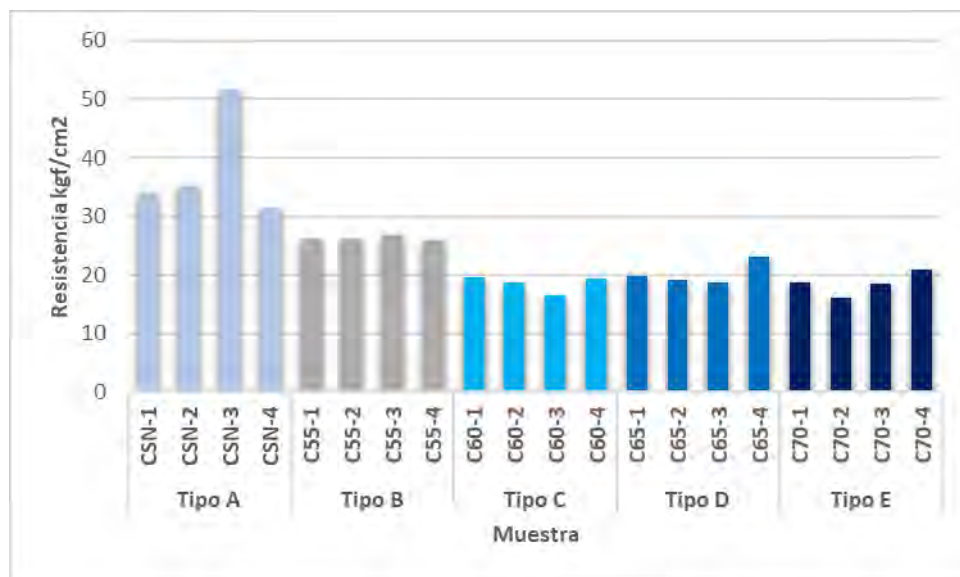
Tabla 53

Resumen de resistencia a compresión del material tierra de adobe

Tipo de Muestra	Resistencia a la Compresión Promedio f_o (kg/cm ²)	Desviación Estándar σ (kg/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica $f'_o = (\text{kg/cm}^2)$
Tipo A	38.10	9.17	24.07%	28.93
Tipo B	26.35	0.35	1.32%	26.00
Tipo C	18.50	1.41	7.60%	17.09
Tipo D	20.21	1.92	9.49%	18.29
Tipo E	18.46	2.00	10.81%	16.46

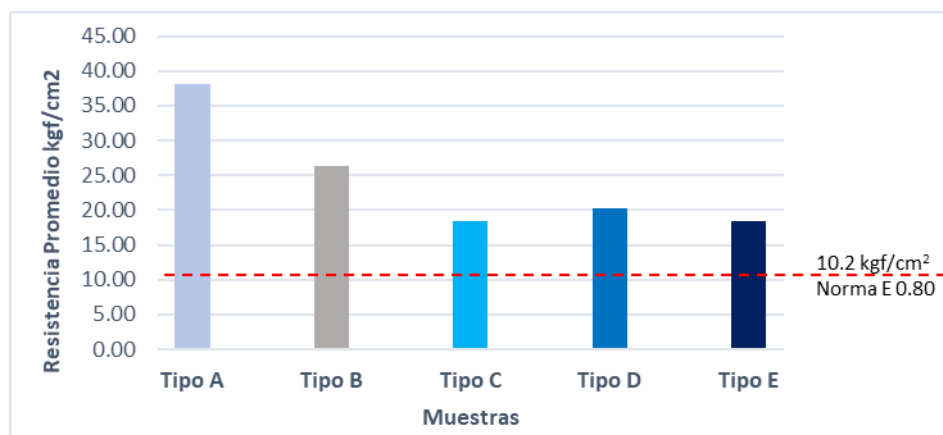
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras por tipo de cubo. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 62
Resistencia a compresión del material tierra



Nota. La figura muestra los valores de resistencia a la compresión axial de los cubos de adobe para los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 63
Resistencia promedio compresión del material tierra



Nota. La figura presenta los valores promedio de resistencia a la compresión axial de las unidades de adobe correspondientes a cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.1.9 Resistencia a Flexión de unidades de Adobe

Resistencia a Flexión de unidades de Adobe Tipo A.

Tabla 54

Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo A

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre Apoyos	Carga Máxima	Resistencia a Flexión en Tres Puntos ft
	Longitud	Ancho(b)	Altura(B)	L(cm)	(kgf)	(kgf/cm ²)
MSN-1F	23.35	11.91	8.49	21.50	163.35	6.14
MSN-2F	23.41	11.55	8.64	21.50	180.90	6.77
MSN-3F	23.78	11.84	8.74	21.50	144.45	5.15
MSN-4F	23.45	11.93	8.69	21.50	150.30	5.38
$f_t = (\text{kgf/cm}^2):$						5.86
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$						0.74
CV (Dispersión):						12.59%
$f'_t = (\text{kgf/cm}^2):$						5.12

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a flexión en unidades de adobe tipo A. f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Flexión de unidades de Adobe Tipo B.

Tabla 55

Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo B

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos	Carga Máxima	Resistencia a Flexión en Tres Puntos ft
	Longitud	Ancho(b)	Altura(B)	L(cm)	(kgf)	(kgf/cm ²)
M55-1F	24.70	12.60	9.45	21.50	214.65	6.15
M55-2F	25.00	12.85	9.20	21.50	210.60	6.24
M55-3F	25.00	12.60	9.50	21.50	206.10	5.85
M55-4F	24.80	12.40	9.45	21.50	213.30	6.21
$f_t = (\text{kgf/cm}^2):$						6.11
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$						0.18
CV (Dispersión):						2.99%
$f'_t = (\text{kgf/cm}^2):$						5.93

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a flexión en unidades de adobe tipo B. f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Flexión de unidades de Adobe Tipo C.

Tabla 56

Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre apoyos	Carga Máxima	Resistencia a Flexión en Tres Puntos ft
	Longitud	Ancho(b)	Altura(B)			
M60-1F	25.20	12.60	9.10	21.50	117.45	3.63
M60-2F	24.90	12.50	9.00	21.50	168.30	5.36
M60-3F	25.00	12.50	8.95	21.50	144.00	4.64
M60-4F	25.20	12.70	9.00	21.50	153.45	4.81
$f_t = (\text{kgf/cm}^2):$						4.61
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$						0.72
CV (Dispersión):						15.67%
$f'_t = (\text{kgf/cm}^2):$						3.89

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a flexión en unidades de adobe tipo C. f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Flexión de unidades de Adobe Tipo D.

Tabla 57

Determinación de la Resistencia a flexión en unidades de adobe tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre Apoyos	Carga máxima	Resistencia a Flexión en Tres Puntos ft
	Longitud	Ancho(b)	Altura(B)			
M65-1F	24.90	12.70	9.40	21.50	216.45	6.22
M65-2F	25.00	12.40	9.35	21.50	224.10	6.67
M65-3F	24.83	12.50	9.25	21.50	207.90	6.27
M65-4F	25.80	12.35	9.80	21.50	241.65	6.57
$f_t = (\text{kgf/cm}^2):$						6.43
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2):$						0.22
CV (Dispersión):						3.43%
$f'_t = (\text{kgf/cm}^2):$						6.21

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a flexión en unidades de adobe tipo D. f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a Flexión de unidades de Adobe Tipo E.

Tabla 58

Resumen de la Resistencia a flexión en unidades de adobe E

Muestra	Dimensiones (cm)			Longitud entre Apoyos	Carga Máxima	Resistencia a Flexión en Tres Puntos f_t
	Longitud	Ancho(b)	Altura(B)	L(cm)	(kgf)	(kgf/cm ²)
M70-1F	25.00	12.70	9.35	21.50	137.25	3.99
M70-2F	25.20	13.00	9.35	21.50	195.30	5.54
M70-3F	25.00	12.60	9.50	21.50	211.05	5.99
M70-4F	25.50	12.60	9.10	21.50	165.60	5.12
$f_o = (\text{kgf/cm}^2)$:						5.16
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:						0.86
CV (Dispersión):						16.62%
$f'_o = (\text{kgf/cm}^2)$:						4.30

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a flexión en unidades de adobe tipo E. f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y f'_o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resumen de Resistencia a flexión de Unidades de Unidades

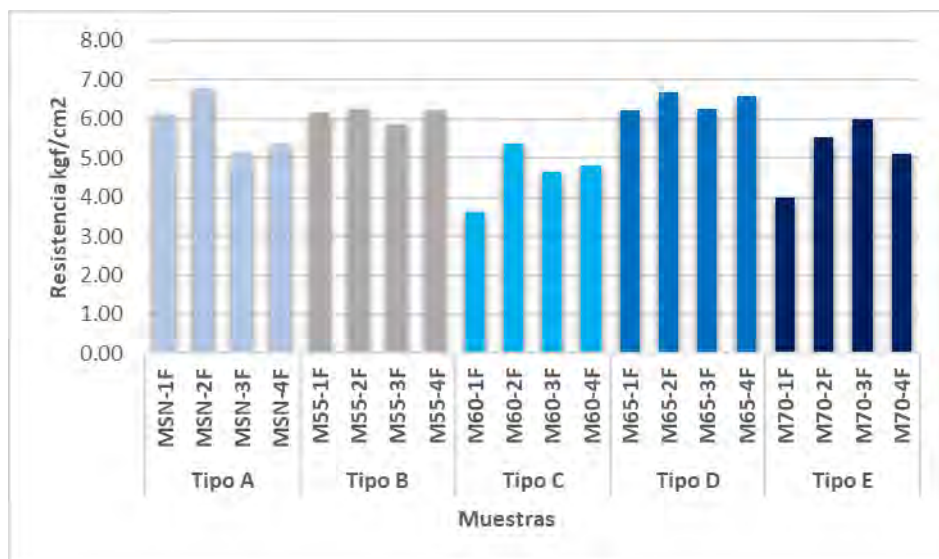
Tabla 59

Resumen de resistencia a flexión de unidades de adobe

Tipo de Muestra	Resistencia a la Flexión Promedio f_t (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica $f'_t = (\text{kgf/cm}^2)$
Tipo A	5.86	0.74	12.59%	5.12
Tipo B	6.11	0.18	2.99%	5.93
Tipo C	4.61	0.72	15.67%	3.89
Tipo D	6.43	0.22	3.43%	6.21
Tipo E	5.16	0.86	16.62%	4.30

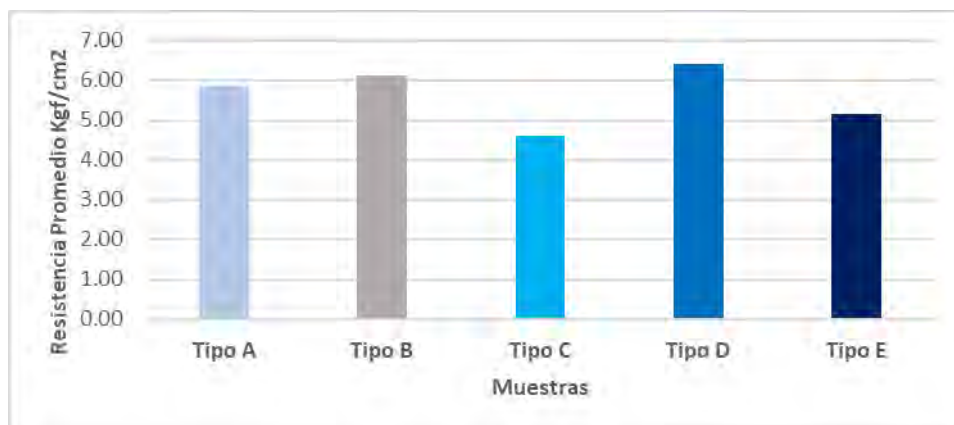
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras por tipo de unidad de adobe. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 64
Resistencia a flexión de unidades de adobe



Nota. La figura muestra los valores de resistencia a la flexión de unidades de adobe para los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 65
Resistencia promedio a flexión de unidades de adobe



Nota. La figura presenta los valores promedio de resistencia a la compresión axial de las unidades de adobe correspondientes a cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.1.10 Resistencia del Material Tierra a Tracción en Cilindros

Resistencia del material tierra a tracción en cilindros de tipo A

Tabla 60

Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo A

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Tracción σ_t (kg/cm ²)
	Longitud(L)	Diámetro(D)		
CSN-1T	27.59	14.11	1144.80	1.87
CSN-2T	28.10	14.13	1345.50	2.16
CSN-3T	27.48	14.17	1410.75	2.31
CSN-4T	27.51	14.14	1452.15	2.38
$\sigma_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.18
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.22
CV (Dispersión):				10.26%
$\sigma'_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.95

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del material tierra a tracción de adobe tipo A. σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del material tierra a tracción en cilindros de tipo B

Tabla 61

Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo B

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Tracción σ_t (kg/cm ²)
	Longitud(L)	Diámetro(D)		
C55-1T	28.41	14.15	1441.35	2.28
C55-2T	28.39	14.69	1393.20	2.13
C55-3T	28.51	14.51	1225.35	1.89
C55-4T	28.42	14.25	1335.15	2.10
$\sigma_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.10
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.16
CV (Dispersión):				7.78%
$\sigma'_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.94

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del material tierra a tracción de adobe tipo B. σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del material tierra a tracción en cilindros de tipo C

Tabla 62

Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Tracción σ_t (kg/cm ²)
	Longitud(L)	Diámetro(D)		
C60-1T	28.90	14.56	1384.65	2.09
C60-2T	28.80	14.45	1262.25	1.93
C60-3T	28.40	14.48	1733.85	2.68
C60-4T	28.85	14.50	1463.85	2.23
$\sigma_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.23
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.32
CV (Dispersión):				14.48%
$\sigma'_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.91

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del material tierra a tracción de adobe tipo C. σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del material tierra a tracción en cilindros de tipo D

Tabla 63

Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Tracción σ_t (kg/cm ²)
	Longitud(L)	Diámetro(D)		
C65-1T	29.20	14.30	1341.45	2.05
C65-2T	28.90	14.70	1377.45	2.06
C65-3T	28.70	14.55	1471.05	2.24
C65-4T	28.95	14.47	1400.40	2.13
$\sigma_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.12
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.09
CV (Dispersión):				4.20%
$\sigma'_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.03

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del material tierra a tracción de adobe tipo D. σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del material tierra a tracción en cilindros de tipo E

Tabla 64

Determinación de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de adobe tipo E

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Tracción σ_t (kg/cm ²)
	Longitud(L)	Diámetro(D)		
C70-1T	29.01	14.60	1650.15	2.48
C70-2T	28.80	14.71	1595.70	2.40
C70-3T	29.30	14.73	1617.75	2.39
C70-4T	28.95	14.67	1614.60	2.42
$\sigma_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.42
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.04
CV (Dispersión):				1.73%
$\sigma'_t = (\text{kgf/cm}^2)$:				2.38

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del material tierra a tracción de adobe tipo E. σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen de la Resistencia del material tierra a tracción en cilindros

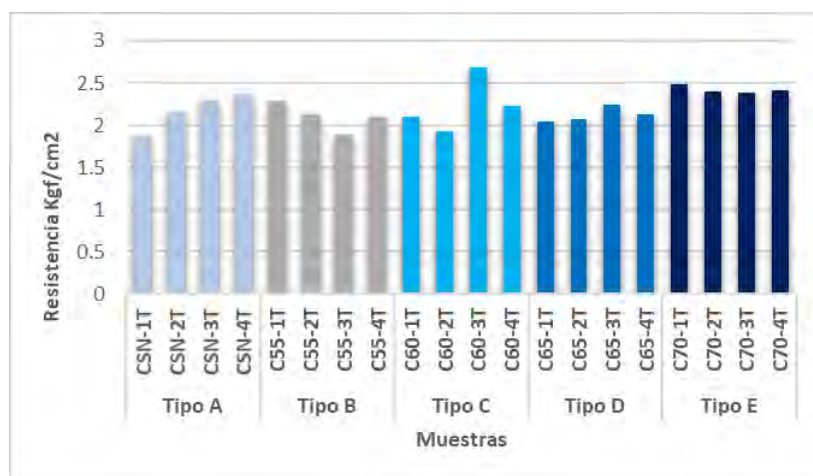
Tabla 65

Resumen Resistencia del material tierra a tracción en cilindros

Tipo de Muestra	Resistencia a la Tracción Promedio σ_t (kg/cm ²)	Desviación Estándar σ (kg/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica $\sigma'_t = (\text{kg/cm}^2)$
Tipo A	2.18	0.22	10.26%	1.95
Tipo B	2.10	0.16	7.78%	1.94
Tipo C	2.23	0.32	14.48%	1.91
Tipo D	2.12	0.09	4.20%	2.03
Tipo E	2.42	0.04	1.73%	2.38

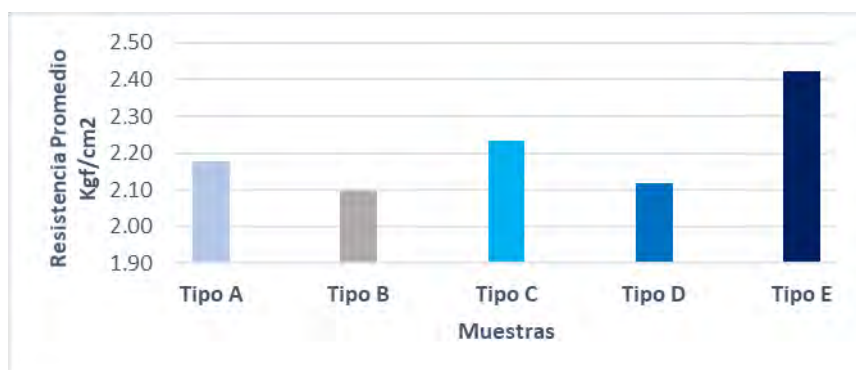
*Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de cilindros por tipo de adobe. Donde σ_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y σ'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.*

Figura 66
Resistencia de material tierra a tracción en cilindros



Nota. La figura presenta los valores de resistencia a la tracción del material tierra obtenidos en ensayos realizados sobre muestras cilíndricas, correspondientes a los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 67
Resistencia promedio de material tierra a tracción en cilindros



Nota. La figura muestra los valores promedio de la resistencia a la tracción del material tierra para cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.2 Mortero de Barro

F.2.1 Resistencia del mortero a compresión

Tabla 66
Determinación de la resistencia del mortero a compresión

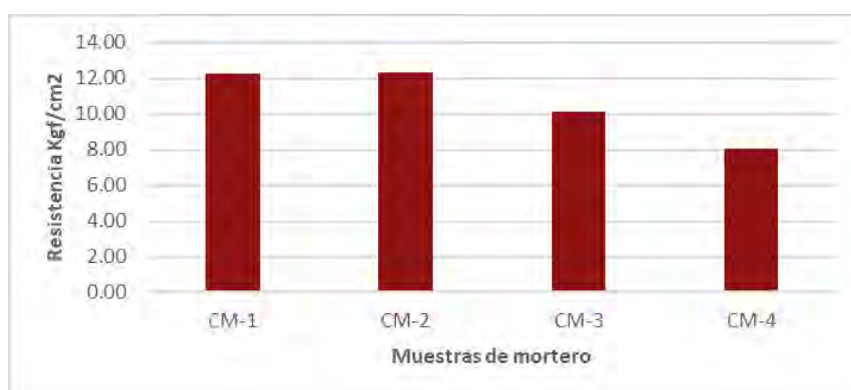
Muestra	Dimensiones (cm)			Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión f_0 (kgf/cm²)
	Altura(h)	Diámetro(D)	Área (cm²)		
CM-1	15.48	7.49	44.06	538.87	12.23
CM-2	15.56	7.53	44.53	550.21	12.36
CM-3	15.46	7.59	45.25	457.22	10.11
CM-4	15.29	7.52	44.41	358.79	8.08

Muestra	Dimensiones (cm)			Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión f _o (kgf/cm ²)
	Altura(h)	Diámetro(D)	Área (cm ²)		
f _o = (kgf/cm ²):					10.69
σ = (kgf/cm ²):					2.03
CV (Dispersión):					18.94%
f 'o = (kgf/cm ²):					8.67

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de cilindros por tipo de adobe. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y $f' o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 68

Resistencia del mortero a compresión



Nota. La figura presenta los valores de resistencia del mortero a compresión sobre muestras cilíndricas, correspondientes a los tipos de muestra A, B, C, D y E. Fuente: Elaboración propia.

F.2.2 Resistencia de mortero a tracción

Resistencia del mortero a tracción de unidades de adobe tipo A

Tabla 67

Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo A

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima kg	Resistencia a la Tracción δ kgf/cm ²
	Longitud (b)	Ancho(a)		
ASN-1T	23.30	11.90	180.90	0.326
ASN-2T	22.9	11.8	174.15	0.322
ASN-3T	23.5	11.95	177.3	0.316
ASN-4T	23.1	11.9	178.65	0.325
$\delta = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.322
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.005
CV (Dispersión):				1.46%
$\delta' = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.318

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del mortero a tracción de adobe tipo A. δ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del mortero a tracción de unidades de adobe tipo B

Tabla 68

Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo B

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Resistencia a la Tracción δ
	Longitud (b)	Ancho(a)	kg	kgf/cm ²
A55-1T	25.02	12.50	203.40	0.325
A55-2T	24.99	12.48	200.70	0.322
A55-3T	25.01	12.50	197.55	0.316
A55-4T	25.02	12.52	198.45	0.317
$\delta = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.320
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.004
CV (Dispersión):				1.36%
$\delta' = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.316

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del mortero a tracción de adobe tipo B. δ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del mortero a tracción de unidades de adobe tipo C

Tabla 69

Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Resistencia a la Tracción δ
	Longitud (b)	Ancho(a)	kg	kgf/cm ²
A60-1T	25.00	12.50	196.65	0.315
A60-2T	25.03	12.45	194.40	0.312
A60-3T	25.10	12.53	197.10	0.313
A60-4T	25.00	12.48	195.75	0.314
$\delta = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.313
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.001
CV (Dispersión):				0.36%
$\delta' = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.312

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del mortero a tracción de adobe tipo C. δ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del mortero a tracción de unidades de adobe tipo D

Tabla 70

Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Resistencia a la Tracción δ
	Longitud (b)	Ancho(a)	kg	kgf/cm ²
A65-1T	25.03	12.40	195.30	0.315
A65-2T	25.02	12.35	194.40	0.315
A65-3T	25.00	12.52	192.60	0.308
A65-4T	24.85	12.43	192.15	0.311
$\delta = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.312
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.003
CV (Dispersión):				1.07%
$\delta' = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.309

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del mortero a tracción de adobe tipo D. δ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resistencia del mortero a tracción de unidades de adobe tipo E

Tabla 71

Determinación de la resistencia del mortero a tracción de unidades tipo E

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Resistencia a la Tracción δ
	Longitud (b)	Ancho(a)	kg	kgf/cm ²
A70-1T	25.45	12.60	193.95	0.302
A70-2T	25.30	12.50	189.90	0.300
A70-3T	25.60	12.70	191.70	0.295
A70-4T	25.02	12.50	186.75	0.299
$\delta = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.299
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.003
CV (Dispersión):				1.07%
$\delta' = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.296

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia del mortero a tracción de adobe tipo E. δ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Resumen de Resistencia del mortero a la tracción del mortero.

Tabla 72

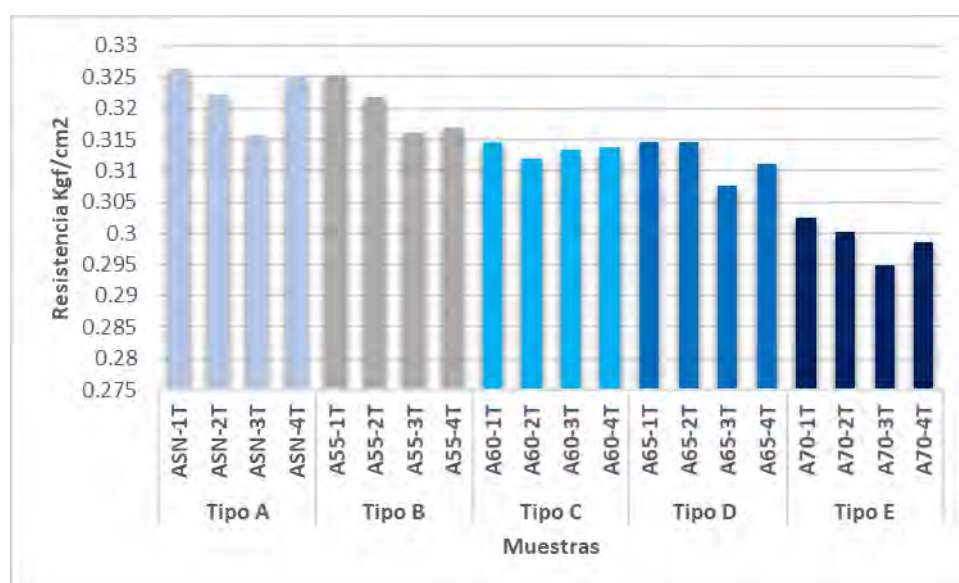
Resumen de resistencia del mortero a tracción

Tipo de Muestra	Resistencia a la Tracción Promedio $\bar{\delta}$ (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coefficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica $\delta' =$ (kgf/cm ²)
Tipo A	0.322	0.005	1.46%	0.318
Tipo B	0.320	0.004	1.36%	0.316
Tipo C	0.313	0.001	0.36%	0.312
Tipo D	0.312	0.003	1.07%	0.309
Tipo D	0.299	0.003	1.07%	0.296

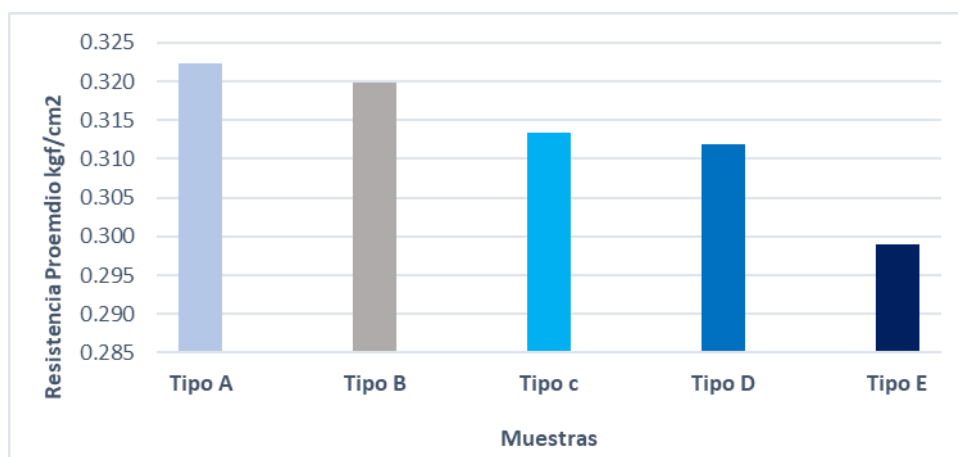
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de cilindros por tipo de adobe. Donde $\bar{\delta}$ representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y δ' la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 69

Resistencia de mortero a tracción



Nota. La figura presenta los valores de resistencia de mortero a tracción obtenidos en ensayos realizados sobre muestras de 02 unidades, correspondientes a los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 70*Resistencia promedio del Mortero a tracción*

Nota. La figura muestra los valores promedio de la resistencia del mortero a tracción para cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.2.3 Esfuerzo de Adherencia del Mortero

Esfuerzo de Adherencia del Mortero en Muestras Tipo A.

Tabla 73*Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo A*

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima kgf	Esfuerzo de Adherencia σ_a kgf/cm²
	Longitud (L)	Ancho(a)		
ASN-1T	23.39	11.63	142.20	0.39
ASN-2T	23.21	11.72	153.9	0.42
ASN-3T	23.82	11.69	210.15	0.57
$\sigma_a = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.46
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.09
CV (Dispersión):				20.08%
$f'o = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.37

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo del esfuerzo de adherencia del mortero tipo A. σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia.

Esfuerzo de Adherencia del Mortero en Muestras Tipo B.

Tabla 74*Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo B*

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima kgf	Esfuerzo de Adherencia σ_a kgf/cm²
	Longitud (L)	Ancho(a)		
A55-1	24.61	12.53	408.60	0.99

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Esfuerzo de Adherencia σ_a
	Longitud (L)	Ancho(a)	kgf	kgf/cm ²
A55-2	25.05	12.70	391.50	0.92
A55-3	25.51	12.95	256.50	0.58
$\sigma_a = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.83
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.22
CV (Dispersión):				26.41%
$f'o = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.61

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo del esfuerzo de adherencia del mortero tipo B. σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia

Esfuerzo de Adherencia del Mortero en Muestras Tipo C.

Tabla 75

Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Esfuerzo de Adherencia σ_a
	Longitud (L)	Ancho(a)	kgf	kg/cm ²
A60-1	25.01	12.5	411.75	0.99
A60-2	25.51	12.42	437.4	1.04
A60-3	24.49	12.33	287.55	0.71
$f_o = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.91
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.17
CV (Dispersión):				19.00%
$f'o = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.74

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo del esfuerzo de adherencia del mortero tipo C. σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia

Esfuerzo de Adherencia del Mortero en Muestras Tipo D.

Tabla 76

Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Esfuerzo de Adherencia σ_a
	Longitud (L)	Ancho(a)	kgf	kgf/cm ²
A65-1	24.91	10.00	442.35	1.33
A65-2	25.00	12.79	456.75	1.07
A65-3	24.61	12.54	574.65	1.40
$\sigma_a = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.27
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.17
CV (Dispersión):				13.59%
$f'o = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.09

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo del esfuerzo de adherencia del mortero tipo D. σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia

Esfuerzo de Adherencia del Mortero en Muestras Tipo E.

Tabla 77

Determinación del esfuerzo de adherencia del mortero tipo E

Muestra	Dimensiones (cm)		Carga Máxima	Esfuerzo de Adherencia σ_a
	Longitud (L)	Ancho(a)	kgf	kgf/cm ²
A70-1	25	12.71	597.15	1.41
A70-2	25	12.71	400.05	0.94
A70-3	25.9	12.61	508.95	1.17
$\sigma_a = (\text{kgf/cm}^2)$:				1.17
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.23
CV (Dispersión):				19.81%
$f'o = (\text{kgf/cm}^2)$:				0.94

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados obtenidos en el ensayo del esfuerzo de adherencia del mortero tipo E. σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, C.V. el coeficiente de variación y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración Propia

Resumen de Esfuerzo de Adherencia del Mortero.

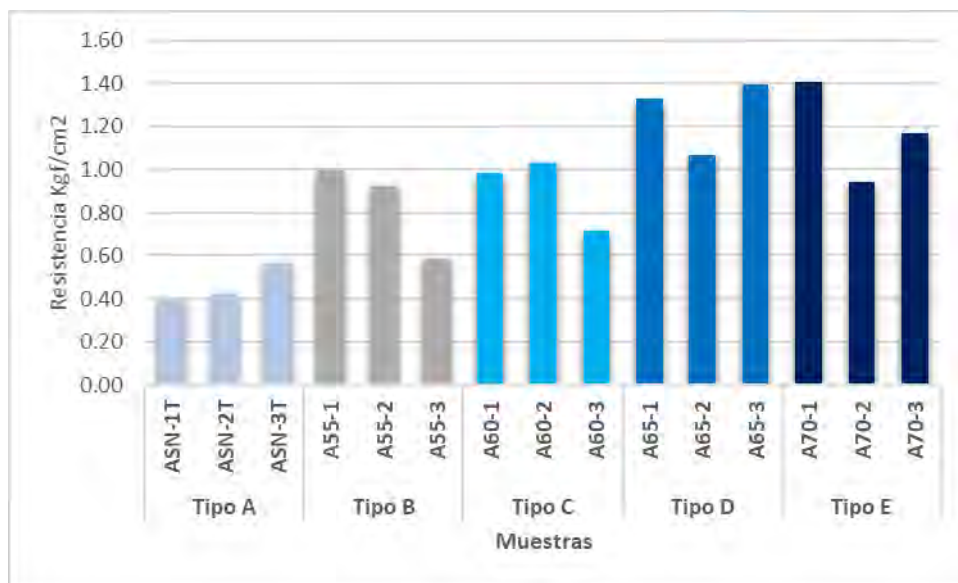
Tabla 78

Resumen del esfuerzo de adherencia del mortero.

Tipo de Muestra	Esfuerzo de Adherencia Promedio σ_a (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Esfuerzo Característico $f'o = (\text{kg/cm}^2)$
Tipo A	0.46	0.09	20.08%	0.37
Tipo B	0.83	0.22	26.41%	0.61
Tipo C	0.91	0.17	19.00%	0.74
Tipo D	1.27	0.17	13.59%	1.09
Tipo E	1.17	0.23	19.81%	0.94

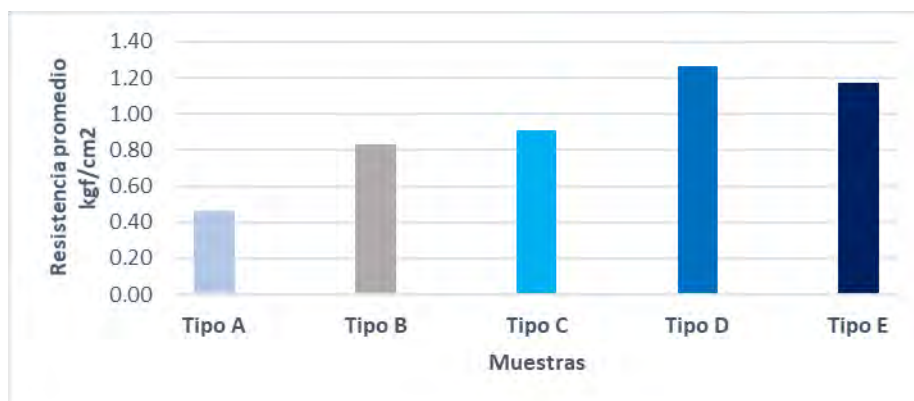
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de cilindros por tipo de adobe. Donde σ_a representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y $f'o$ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 71
Esfuerzo a adherencia del mortero



Nota. La figura presenta los valores de resistencia de adherencia de mortero obtenidos en ensayos realizados sobre muestras de 03 unidades, correspondientes a los tipos de muestra A, B, C, D y E. Los resultados se expresan en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 72
Resumen de esfuerzo a adherencia del mortero



Nota. La figura muestra los valores promedio de la resistencia a adherencia del mortero a tracción para cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.3 Mampostería de Adobe

F.3.1 Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas de Adobe

Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo A.

Tabla 79

Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo A

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Axial
	Longitud	Ancho	Altura			f 'm (kgf/cm ²)
PSN-1	23.35	11.91	38.36	278.10	5998.95	21.57
PSN-2	23.41	11.55	38.16	270.39	5591.93	20.68
PSN-3	23.78	11.84	37.68	281.56	5499.83	19.53
PSN-4	23.45	11.77	38.36	275.93	5594.91	20.28
fo = (kgf/cm ²):						20.52
σ = (kgf/cm ²):						0.85
CV (Dispersión):						4.14%
f 'o = (kgf/cm ²):						19.67

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo A. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo B.

Tabla 80

Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo B

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la compresión Axial
	Longitud	Ancho	Altura			f 'm (kgf/cm ²)
P55-1	24.90	12.50	43.20	311.25	5661.28	18.19
P55-2	24.70	12.50	43.60	308.75	5574.19	18.05
P55-3	24.80	12.50	43.45	310.00	5529.71	17.84
P55-4	24.80	12.50	43.42	310.00	5490.10	17.71
fo = (kgf/cm ²):						17.95
σ = (kgf/cm ²):						0.21
CV (Dispersión):						1.20%
f 'o = (kgf/cm ²):						17.73

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo B. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo C.

Tabla 81

Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo C

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Axial
	Longitud	Ancho	Altura			f 'm (kgf/cm ²)
P60-1	25.00	12.60	42.50	315.00	5036.69	15.99
P60-2	25.30	13.00	41.60	328.90	5151.44	15.66
P60-3	25.00	12.70	42.00	317.50	5592.34	17.61
P60-4	25.00	12.77	42.03	319.17	5172.14	16.21
fo = (kgf/cm ²):						16.37
σ = (kgf/cm ²):						0.86
CV (Dispersión):						5.25%
f 'o = (kgf/cm ²):						15.51

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo C. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo D.

Tabla 82

Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo D

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Axial
	Longitud	Ancho	Altura			f 'm (kgf/cm ²)
P65-1	25.00	12.50	42.60	312.50	6140.73	19.65
P65-2	25.00	12.60	43.00	315.00	6183.82	19.63
P65-3	25.01	12.70	43.40	317.63	5870.84	18.48
P65-4	25.00	12.60	43.00	315.04	6046.59	19.19
fo = (kgf/cm ²):						19.24
σ = (kgf/cm ²):						0.55
CV (Dispersión):						2.84%
f 'o = (kgf/cm ²):						18.69

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo D. Donde f_o representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo E.

Tabla 83

Resistencia a Compresión Axial en Pilas Tipo E

Muestra	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resistencia a la Compresión Axial
	Longitud	Ancho	Altura			f 'm (kgf/cm ²)
P70-1	25.20	13.00	41.60	327.60	5644.05	17.23
P70-2	25.70	13.00	41.20	334.10	5094.29	15.25
P70-3	25.60	13.00	41.30	332.80	5038.95	15.14
P70-4	25.50	13.00	41.37	331.50	5221.19	15.75
fo = (kgf/cm ²):						15.84
σ = (kgf/cm ²):						0.96
CV (Dispersión):						6.07%
f 'o = (kgf/cm ²):						14.88

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo E. Donde fo representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resumen Ensayo de Resistencia a Compresión Axial en Pilas

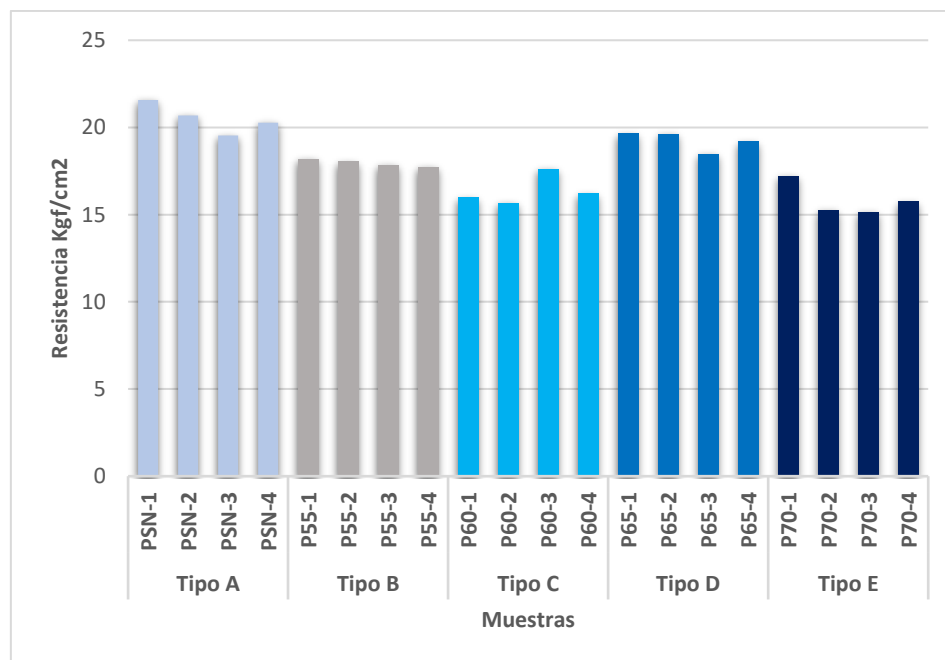
Tabla 84

Resumen de Resistencia a Compresión Axial en Pilas

Tipo de Muestra	Resistencia a la Compresión Axial promedio f m (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kg/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Resistencia Característica f 'm (kgf/cm ²)
Tipo A	20.52	0.85	4.14%	19.67
Tipo B	17.95	0.21	1.20%	17.73
Tipo C	16.37	0.86	5.25%	15.51
Tipo D	19.24	0.55	2.84%	18.69
Tipo E	15.84	0.96	6.07%	14.88

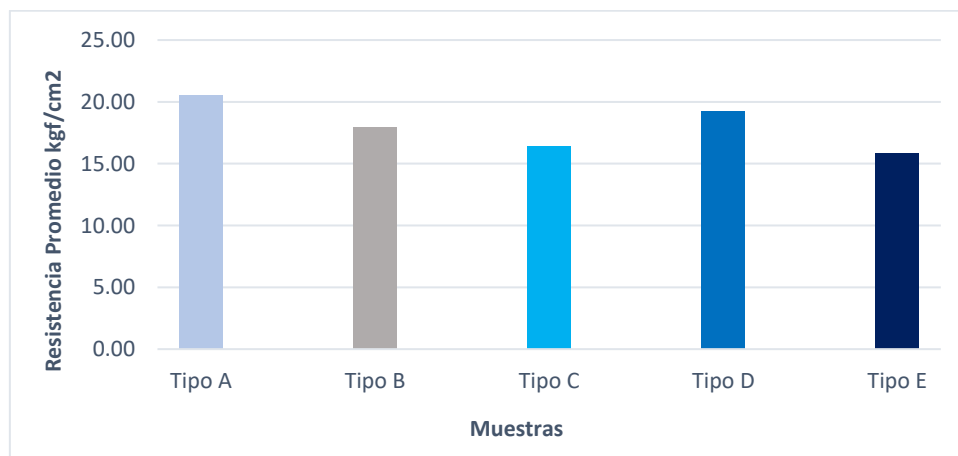
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio todos los tipos. Donde fo representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 73
Resistencia a Compresión Axial en Pilas



Nota. La figura muestra los valores promedio de la resistencia a la compresión axial en pilas de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 74
Resistencia promedio a Compresión Axial en Pilas



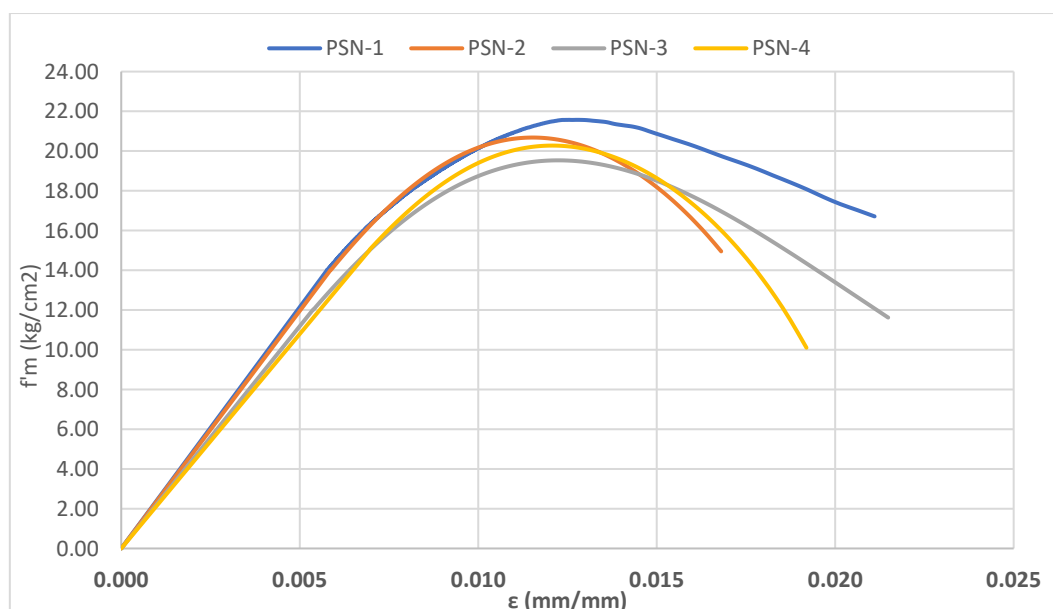
Nota. La figura muestra el resumen de los valores promedio de la resistencia a la compresión axial en pilas de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.3.2 Módulo de elasticidad

Módulo de elasticidad en pilas de adobe tipo A.

Figura 75

Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo A



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para Pilas de tipo A expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85

Módulo de elasticidad en pilas tipo A

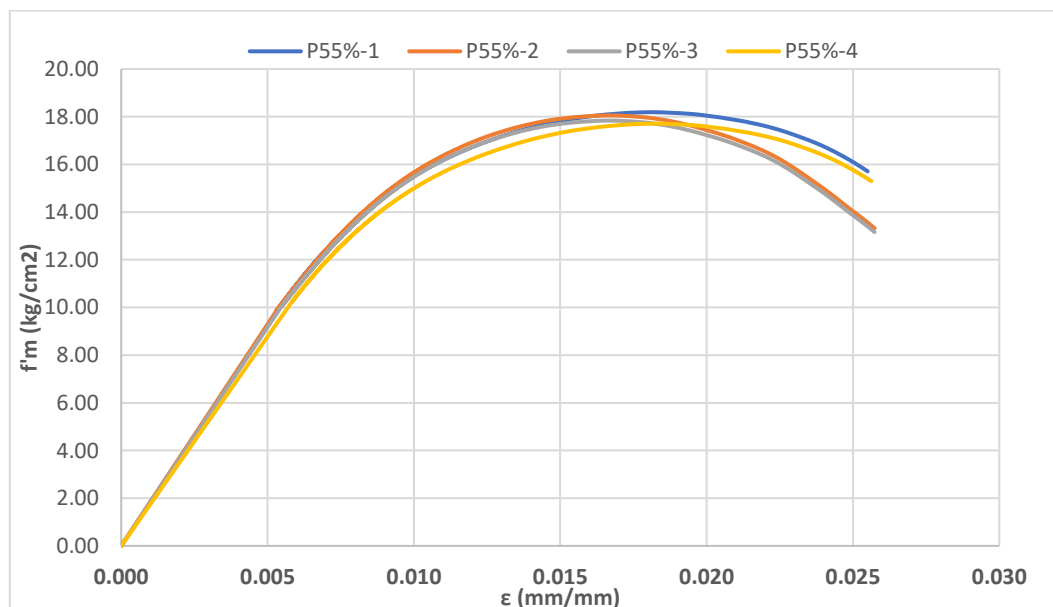
Muestra	Carga Máxima P(kg-f)	Área (cm ²)	Altura (cm)	fm (kgf/cm ²) Inicial	fm (kgf/cm ²) Final	ε Unitaria (mm/mm) Inicial	ε Unitaria (mm/mm) Final	Módulo de Elasticidad Em (kgf/cm ²)
PSN-1	5998.92	278.10	38.36	6.04	10.79	0.00248	0.00444	2425.25
PSN-2	5591.93	270.39	38.16	5.79	10.34	0.00242	0.00433	2381.32
PSN-3	5499.83	281.56	37.68	5.47	9.77	0.00245	0.00438	2236.24
PSN-4	5594.91	275.93	38.36	5.68	10.14	0.00264	0.00470	2166.46
Em= (kgf/cm ²)								2302.32
σ = (kg/cm ²):								121.35
CV (Dispersión):								5.27%

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo A. Donde Em es el Módulo de elasticidad, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de elasticidad en pilas de adobe tipo B.

Figura 76

Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo B



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para Pilas de tipo B expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86

Módulo de elasticidad en pilas tipo B

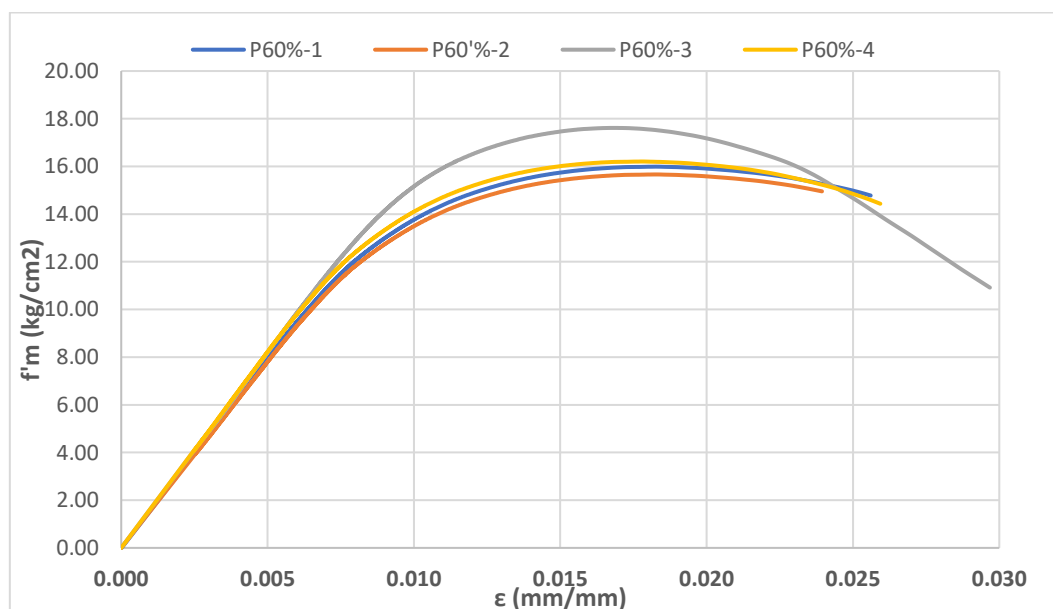
Muestra	Carga Máxima P(kg-f)	Área (cm²)	Altura (cm)	f _m (kgf/cm²) Inicial	f _m (kgf/cm²) Final	ε Unitaria (mm/mm) Inicial	ε Unitaria (mm/mm) Final	Módulo de Elasticidad E _m (kgf/cm²)
P55-1	5661.28	311.25	43.20	3.64	9.09	0.00197	0.00492	1850.85
P55-2	5574.19	308.75	43.60	3.61	9.03	0.00194	0.00486	1857.26
P55-3	5529.71	310.00	43.45	3.57	8.92	0.00194	0.00486	1832.87
P55-4	5490.10	310.00	43.42	3.54	8.86	0.00206	0.00517	1712.34
E _m = (kgf/cm²)								1813.33
σ = (kg/cm²):								68.11
CV (Dispersión):								3.76%

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo B. Donde E_m es el Módulo de elasticidad, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'₀ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de elasticidad en pilas de adobe tipo C.

Figura 77

Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo C



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para Pilas de tipo C expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87

Módulo de elasticidad en pilas tipo C

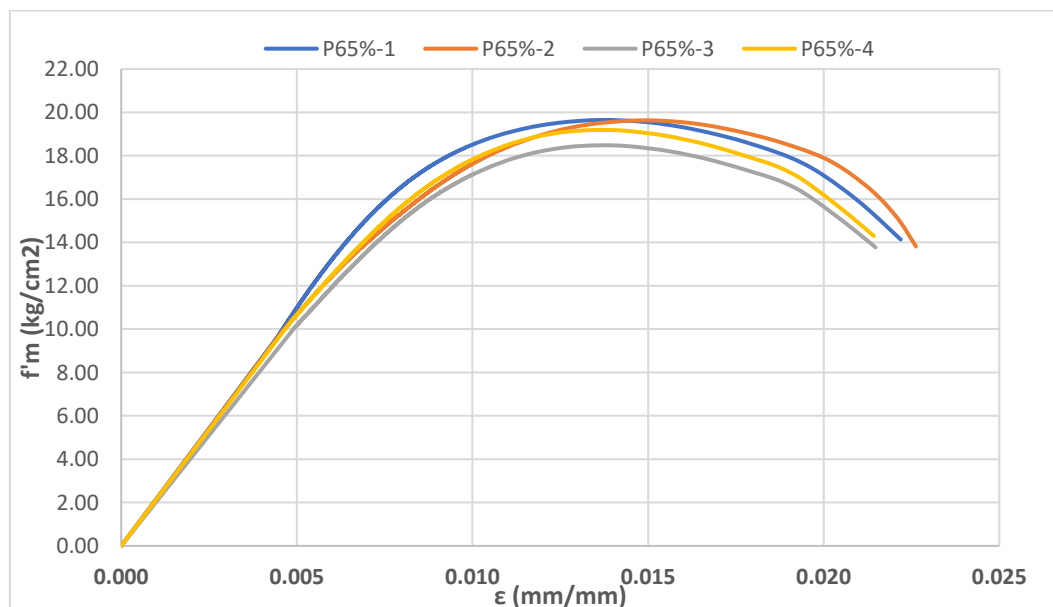
Muestra	Carga Máxima P(kg-f)	Área (cm²)	Altura (cm)	f _m (kgf/cm²) Inicial	f _m (kgf/cm²) Final	ε Unitaria (mm/mm) Inicial	ε Unitaria (mm/mm) Final	Módulo de Elasticidad E _m (kgf/cm²)
P60-1	5036.69	315.00	42.50	4.00	7.99	0.00254	0.00503	1604.63
P60-2	5151.44	328.90	41.60	3.92	7.83	0.00251	0.00503	1557.15
P60-3	5592.34	317.50	42.00	4.40	8.81	0.00268	0.00537	1641.59
P60-4	5172.14	319.17	42.03	4.05	8.10	0.00246	0.00493	1642.92
E _m = (kgf/cm²)								1611.57
σ = (kg/cm²):								40.39
CV (Dispersión):								2.51%

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo C. Donde E_m es el Módulo de elasticidad, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f_o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de elasticidad en pilas de adobe tipo D.

Figura 78

Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo D



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para Pilas de tipo D expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88

Módulo de elasticidad en pilas tipo D

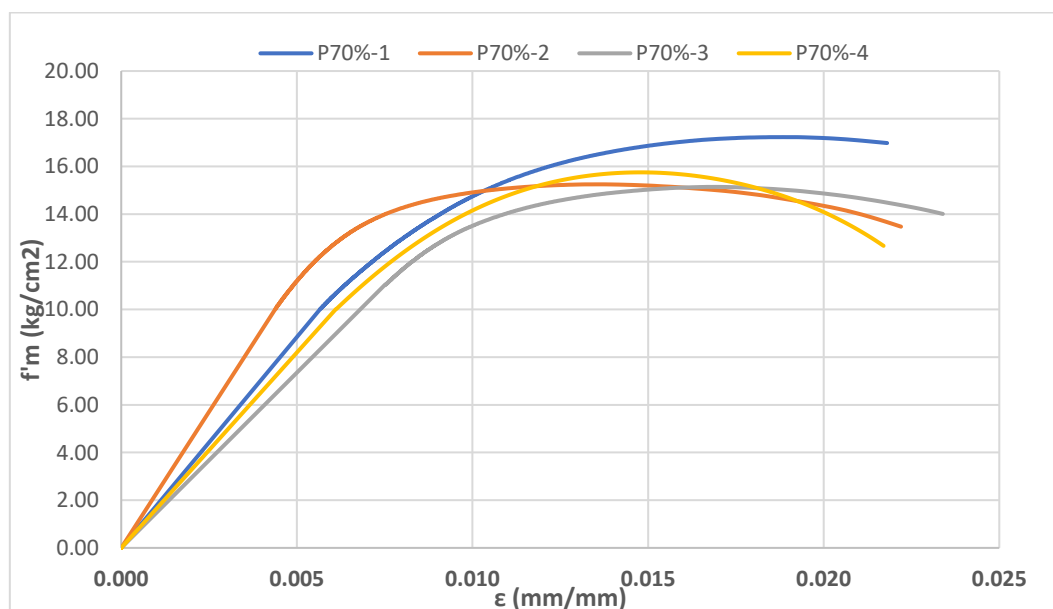
Muestra	Carga Máxima P(kg-f)	Área (cm ²)	Altura (cm)	f _m (kgf/cm ²) Inicial	f _m (kgf/cm ²) Final	ε Unitaria (mm/mm) Inicial	ε Unitaria (mm/mm) Final	Módulo de Elasticidad E _m (kgf/cm ²)
P65-1	6140.73	312.50	42.60	4.91	9.83	0.00226	0.00453	2165.14
P65-2	6183.82	315.00	43.00	4.91	9.82	0.00228	0.00455	2156.63
P65-3	5870.84	317.63	43.40	4.62	9.24	0.00226	0.00453	2037.50
P65-4	6046.59	315.04	43.00	4.80	9.60	0.00232	0.00466	2050.14
E _m = (kgf/cm ²):								2102.35
σ = (kg/cm ²):								67.87
CV (Dispersión):								3.23%

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo D. Donde E_m es el Módulo de elasticidad, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f' o la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de elasticidad en pilas de adobe tipo E.

Figura 79

Esfuerzo axial vs deformación unitaria Tipo E



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para Pilas de tipo E expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89

Módulo de elasticidad en pilas tipo E

Muestra	Carga Máxima P(kg-f)	Área (cm²)	Altura (cm)	f _m (kgf/cm²) Inicial	f _m (kgf/cm²) Final	ε Unitaria (mm/mm) Inicial	ε Unitaria (mm/mm) Final	Módulo de Elasticidad E _m (kgf/cm²)
P70-1	5644.05	327.60	41.60	4.48	8.61	0.00253	0.00488	1763.61
P70-2	5094.29	334.10	41.20	3.96	7.62	0.00173	0.00334	2281.69
P70-3	5038.95	332.80	41.30	3.94	7.57	0.00268	0.00515	1472.65
P70-4	5221.19	331.50	41.37	4.10	7.88	0.00249	0.00481	1634.82
E _m = (kgf/cm²):								1788.19
σ = (kg/cm²):								349.88
CV (Dispersión):								19.57%

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo E. Donde E_m es el Módulo de elasticidad, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'₀ la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resumen de Modulo de elasticidad en pilas de adobe

Tabla 90

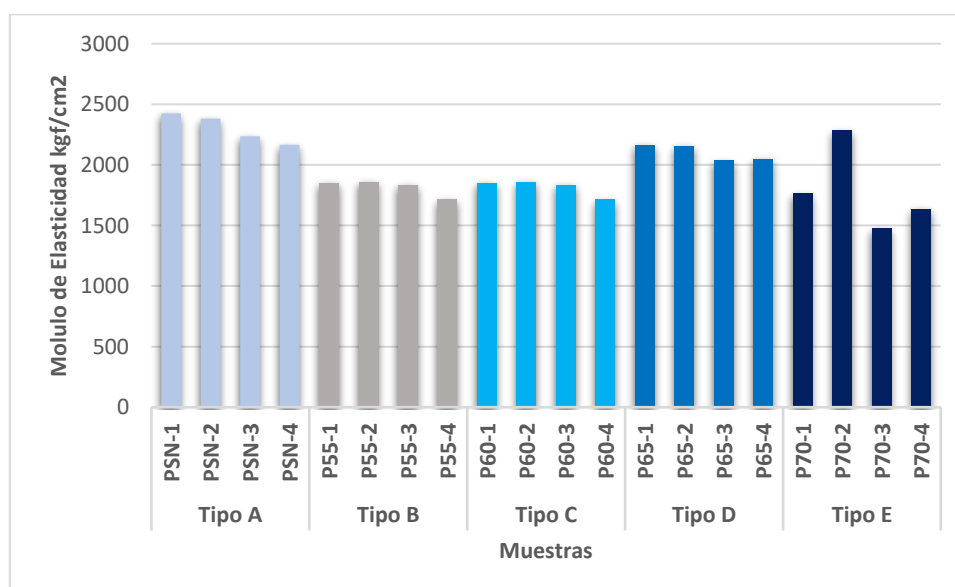
Resumen de Módulo de elasticidad en pilas

Tipo de Muestra	Módulo de Elasticidad Promedio Em (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coefficiente de Variación (Dispersión)
Tipo A	2302.32	121.35	5.27%
Tipo B	1813.33	68.11	3.76%
Tipo C	1611.57	40.39	2.51%
Tipo D	2102.35	67.87	3.23%
Tipo E	1788.19	349.88	19.57%

Nota. Los valores presentados corresponden resumen del módulo de elasticidad de todos los tipos.

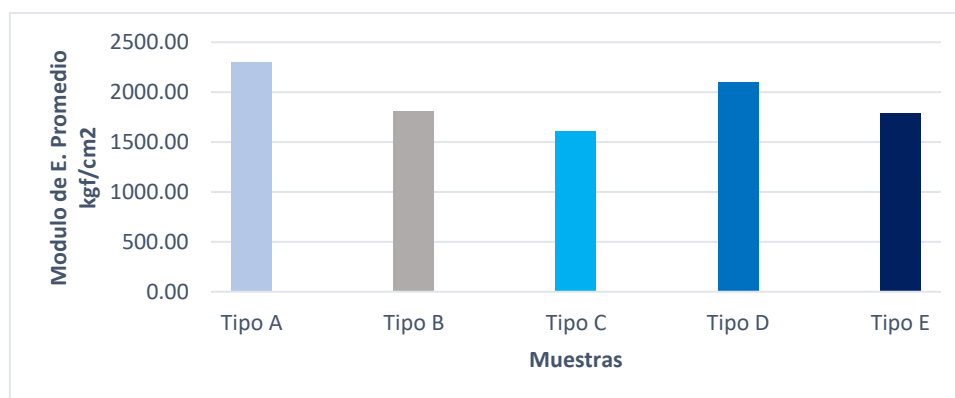
Figura 80

Módulo de Elasticidad en Pilas



Nota. La figura muestra los valores promedio del módulo de elasticidad para cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 81
Módulo de Elasticidad promedio en Pilas



Nota. La figura muestra los valores del resumen del módulo de elasticidad para cada tipo de muestra (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.3.3 Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes de Adobe.

Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo A.

Tabla 91
Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo A

Muestra	Dimensiones				Carga Máxima P _{máx}	Resistencia a Compresión Diagonal f_t	Esfuerzo Admisible de Corte v_m
	Longitud a	Altura H	Ancho e _m	Área 2ae _m			
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm²)	(kgf)	(kgf/cm²)	(kgf/cm²)
MSN-1	48.52	47.25	11.91	1140.62	894.80	0.78	0.31
MSN-2	48.01	48.10	11.75	1129.29	945.63	0.84	0.33
MSN-3	48.55	48.39	11.84	1147.77	835.16	0.73	0.29
MSN-4	48.50	48.45	11.78	1142.07	851.03	0.75	0.30
f_t =(kgf/cm²):						0.77	0.31
σ = (kgf/cm²):						0.05	0.02
CV (Dispersión):						6.29%	6.29%
f'_t (kgf/cm²):						0.72	0.29

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo A. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo B.

Tabla 92

Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo B

Muestra	Dimensiones				Carga Máxima P _{máx} (kgf)	Resistencia a Compresión Diagonal f_t (kgf/cm ²)	Esfuerzo Admisible de Corte v_m (kgf/cm ²)
	Longitud a (cm)	Altura H (cm)	Ancho e _m (cm)	Área 2a _e _m (cm ²)			
M55-1	52.10	52.30	12.50	1305.00	1383.45	1.06	0.42
M55-2	51.50	51.30	12.50	1285.00	1325.17	1.03	0.41
M55-3	51.50	51.60	12.50	1288.75	1618.50	1.26	0.50
M55-4	51.70	51.73	12.50	1292.92	1442.37	1.12	0.45
f_t =(kgf/cm ²):						1.12	0.45
σ = (kgf/cm ²):						0.10	0.03
CV (Dispersión):						8.94%	7.74%
f'_t (kgf/cm ²):						1.02	0.41

*Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo B. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.*

Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo C.

Tabla 93

Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo C

Muestra	Dimensiones				Carga Máxima P _{máx} (kgf)	Resistencia a Compresión Diagonal f_t (kgf/cm ²)	Esfuerzo Admisible de Corte v_m (kgf/cm ²)
	Longitud a (cm)	Altura H (cm)	Ancho e _m (cm)	Área 2a _e _m (cm ²)			
M60-1	52.00	51.30	12.60	1301.58	1516.02	1.16	0.47
M60-2	51.50	51.60	13.00	1340.30	1494.40	1.11	0.45
M60-3	52.00	52.20	12.70	1323.34	1659.08	1.25	0.50
M60-4	51.83	51.70	12.60	1304.52	1556.50	1.19	0.48
f_t =(kgf/cm ²):						1.18	0.47
σ = (kgf/cm ²):						0.06	0.02
CV (Dispersión):						4.90%	4.90%
f'_t (kgf/cm ²):						1.12	0.45

*Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo C. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.*

Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo D.

Tabla 94

Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo D

Muestra	Dimensiones				Carga Máxima P _{máx}	Resistencia a Compresión Diagonal f_t	Esfuerzo Admisible de Corte v_m
	Longitud a	Altura H	Ancho e _m	Área 2ae _m			
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
M65-1	52.20	53.40	12.50	1320.00	1556.19	1.18	0.47
M65-2	51.50	53.50	12.60	1323.00	1318.29	1.00	0.40
M65-3	52.00	52.60	12.70	1328.42	1313.71	0.99	0.40
M65-4	51.90	53.17	12.65	1329.09	1396.06	1.05	0.42
$f_t = (\text{kgf/cm}^2)$:						1.05	0.42
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:						0.09	0.04
CV (Dispersión):						8.34%	8.34%
$f'_t (\text{kgf/cm}^2)$:						0.97	0.39

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo D. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo E.

Tabla 95

Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes Tipo E

Muestra	Dimensiones				Carga Máxima P _{máx}	Resistencia a Compresión Diagonal f_t	Esfuerzo Admisible de Corte v_m
	Longitud a	Altura H	Ancho e _m	Área 2ae _m			
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kgf)	(kgf/cm ²)	(kgf/cm ²)
M70-1	53.00	52.01	13.00	1365.13	1328.80	0.97	0.39
M70-2	53.20	52.50	13.00	1374.10	1262.41	0.92	0.37
M70-3	53.00	54.00	13.00	1391.00	1807.86	1.30	0.52
M70-4	53.07	52.84	13.00	1376.74	1466.36	1.07	0.43
$f_t = (\text{kgf/cm}^2)$:						1.06	0.43
$\sigma = (\text{kgf/cm}^2)$:						0.17	0.07
CV (Dispersión):						15.80%	15.80%
$f'_t (\text{kgf/cm}^2)$:						0.90	0.36

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de pilas del tipo E. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Resumen de Ensayos de Resistencia a Compresión Diagonal a Muretes.

Tabla 96

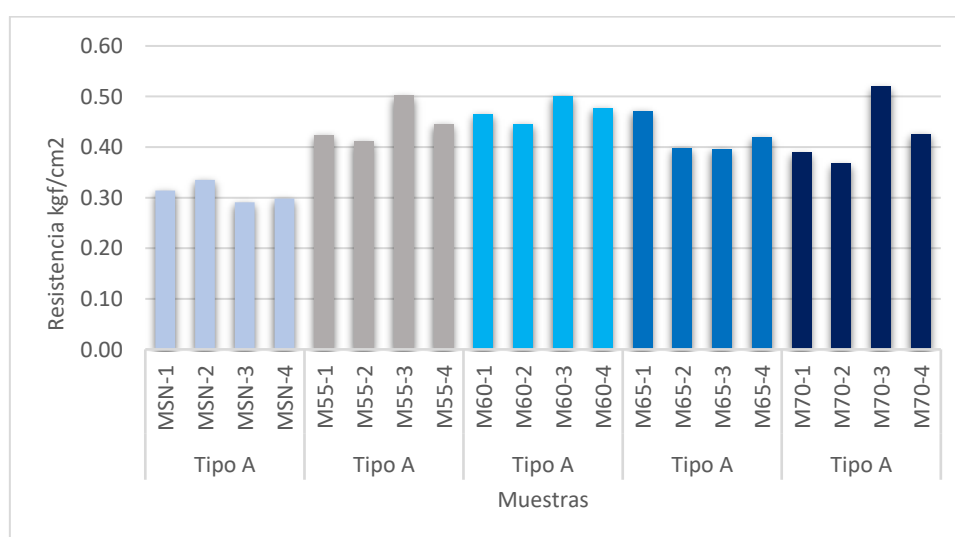
Resumen de resistencia a Compresión Diagonal de Muretes

Tipo de Muestra	Resistencia a Compresión Diagonal f_t (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coefficiente de Variación (Dispersión)	Esfuerzo de Corte Característico f'_t (kgf/cm ²)
Tipo A	0.77	0.05	6.29%	0.72
Tipo B	1.12	0.10	8.94%	1.02
Tipo C	1.18	0.06	4.90%	1.12
Tipo D	1.05	0.09	8.34%	0.97
Tipo E	1.06	0.17	15.80%	0.90

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio todos los tipos. Donde f_t representa la resistencia media, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y f'_t la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

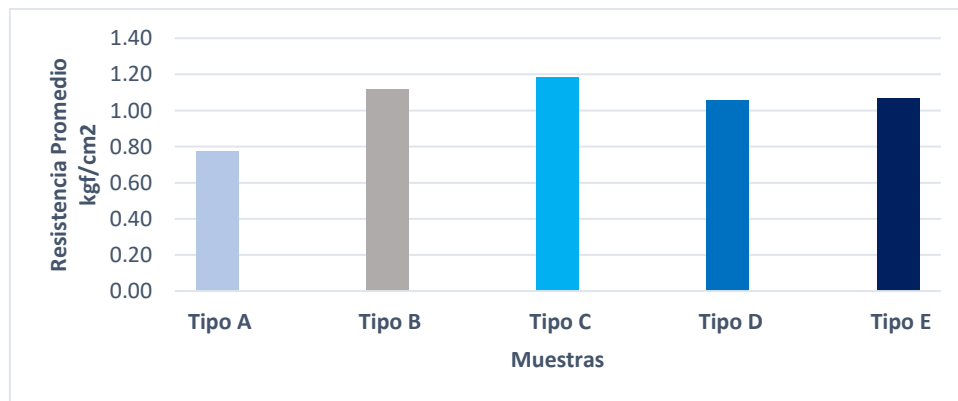
Figura 82

Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes



Nota. La figura muestra los valores promedio de la resistencia a la compresión diagonal en muretes de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Figura 83
Resistencia a Compresión Diagonal en Muretes

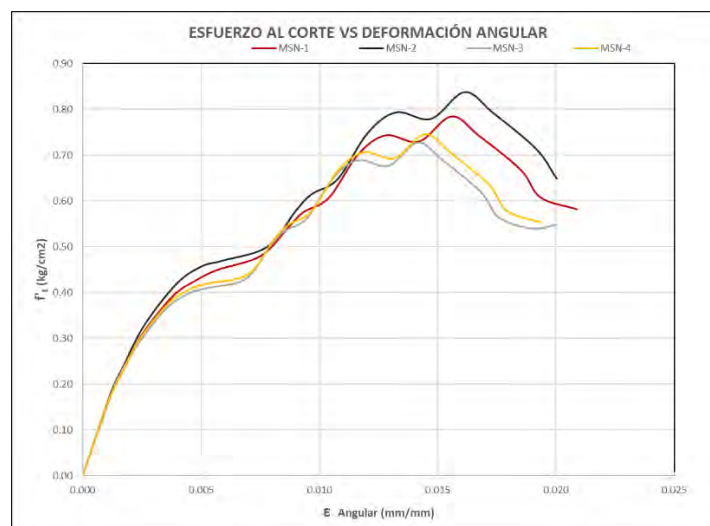


Nota. La figura muestra el resumen de los valores promedio de la resistencia a la compresión diagonal en muretes de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

F.3.4 Módulo de corte

Módulo de corte en Muretes de Adobe Tipo A.

Figura 84
Módulo de corte Tipo A



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para murete de tipo A expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

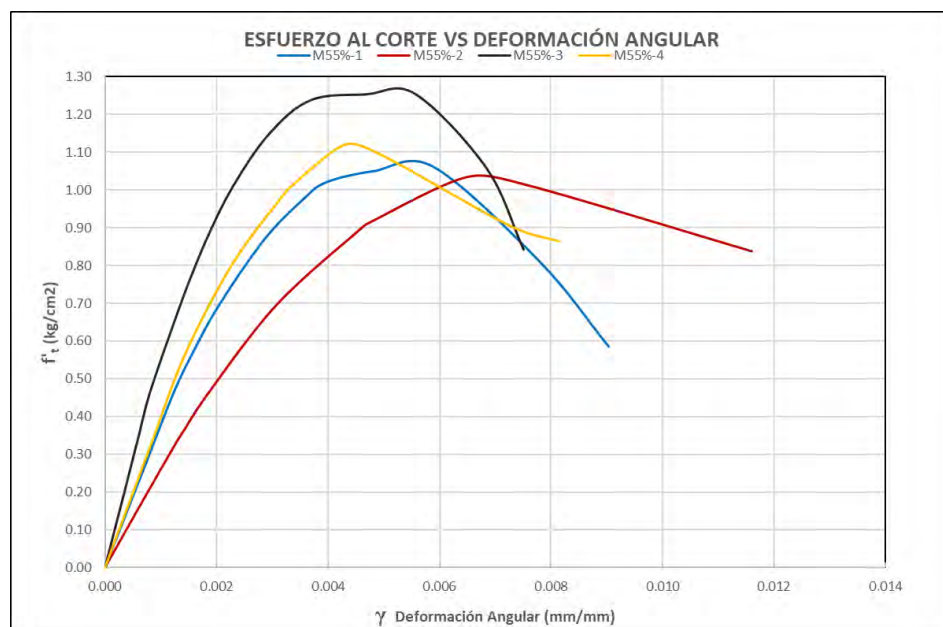
Tabla 97
Módulo de corte en Muretes Tipo A

					Resistencia a Compresión Diagonal Máxima f'_t	$\Delta f'_t$		Deformación Angular		Módulo de Corte
Dimensiones					Área					
Muestra	Longitud a(cm)	Altura H(cm)	Ancho e _m (cm)	2ae _m (cm ²)	(kgf/cm ²)	Inicial f ' _{to}	Final f ' _{tf}	Inicial γ _o	Final γ _f	Gm
MSN-1	48.52	47.25	11.91	1140.62	0.78	0.000	0.178	0.00000	0.00120	148.41
MSN-2	48.01	48.1	11.75	1129.29	0.84	0.000	0.182	0.00000	0.00120	151.67
MSN-3	48.55	48.39	11.84	1147.77	0.73	0.000	0.177	0.00000	0.00120	147.60
MSN-4	48.5	48.45	11.78	1142.07	0.75	0.000	0.181	0.00000	0.00120	150.57
Módulo de Corte Promedio G'm (kgf/cm ²):										149.56
Desviación Estándar σ (kgf/cm ²):										1.89
Coeficiente de Variación (Dispersión):										1.26%
Módulo de Corte Característico Gm (kgf/cm ²):										147.68

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de muretes tipo A. Donde G_m es el Módulo de corte, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de corte en Muretes de Adobe Tipo B.

Figura 85
Módulo de corte Tipo B



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para murete de tipo B expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

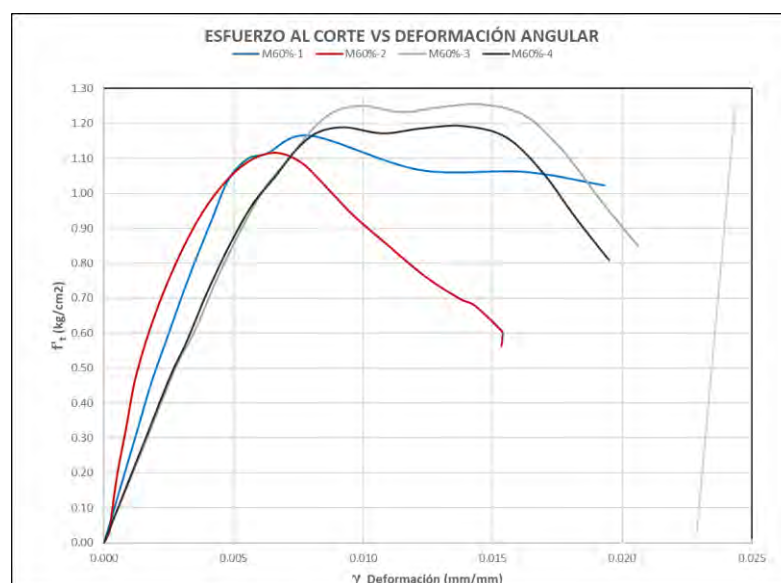
Tabla 98
Módulo de corte en Muretes Tipo B

Muestra	Dimensiones			Área $2ae_m$ (cm ²)	Resistencia a Compresión Diagonal Máxima f'_t (kgf/cm ²)	$\Delta f'_t$		Deformación Angular		Módulo de Corte Gm
	Longitud a(cm)	Altura H(cm)	Ancho e _m (cm)			Inicial f'_{to}	Final f'_{tf}	Inicial γ_o	Final γ_f	
M55-1	52.10	52.30	12.50	1305.00	1.06	0.000	0.451	0.00000	0.00120	375.80
M55-2	51.50	51.30	12.50	1285.00	1.03	0.000	0.313	0.00000	0.00120	260.84
M55-3	51.50	51.60	12.50	1288.75	1.26	0.000	0.463	0.00000	0.00080	576.58
M55-4	51.70	51.73	12.50	1292.92	1.12	0.000	0.475	0.00000	0.00120	395.46
Módulo de Corte Promedio G'm (kgf/cm ²):										402.17
Desviación Estándar σ = (kgf/cm ²):										130.55
Coeficiente de Variación (Dispersión):										32.46%
Módulo de Corte Característico G _m = (kgf/cm ²):										271.61

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de muretes tipo B. Donde G_m es el Módulo de corte, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de corte en Muretes de Adobe Tipo C.

Figura 86
Módulo de corte Tipo C



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para murete de tipo C expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

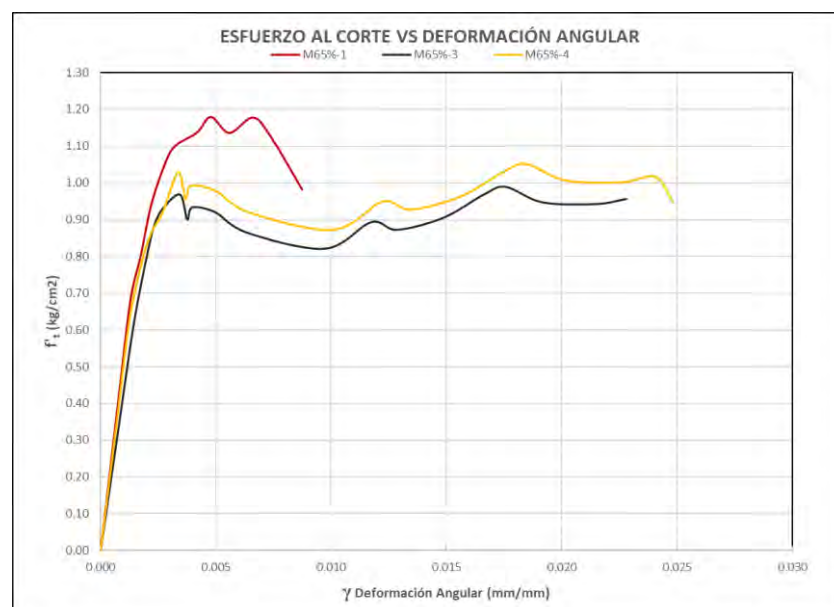
Tabla 99
Módulo de corte en Muretes Tipo C

Dimensiones					Resistencia a Compresión Diagonal Máxima f'_{td}	$\Delta f'_{td}$		Deformación Angular		Módulo de Corte
Muestra	Longitud a (cm)	Altura H (cm)	Ancho em (cm)	2aem (cm ²)	(kgf/cm ²)	Inicial f'_{td0}	Final f'_{tdf}	Inicial γ_0	Final γ_f	Gm
M60-1	52.00	51.30	12.60	1301.58	1.16	0.000	0.301	0.00000	0.00120	251.08
M60-2	51.50	51.60	13.00	1340.30	1.11	0.000	0.463	0.00000	0.00120	385.98
M60-3	52.00	52.20	12.70	1323.34	1.25	0.000	0.218	0.00000	0.00120	181.46
M60-4	51.83	51.70	12.60	1304.52	1.19	0.000	0.224	0.00000	0.00120	186.67
Módulo de Corte Promedio G'_m (kgf/cm ²):										251.29
Desviación Estándar σ = (kgf/cm ²):										95.21
Coeficiente de Variación (Dispersión):										37.89%
Módulo de Corte Característico G_m = (kgf/cm ²):										156.09

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de muretes tipo C. Donde G_m es el Módulo de corte, σ la desviación estándar, **CV** el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de corte en Muretes de Adobe Tipo D.

Figura 87
Módulo de corte Tipo D



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para murete de tipo D expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

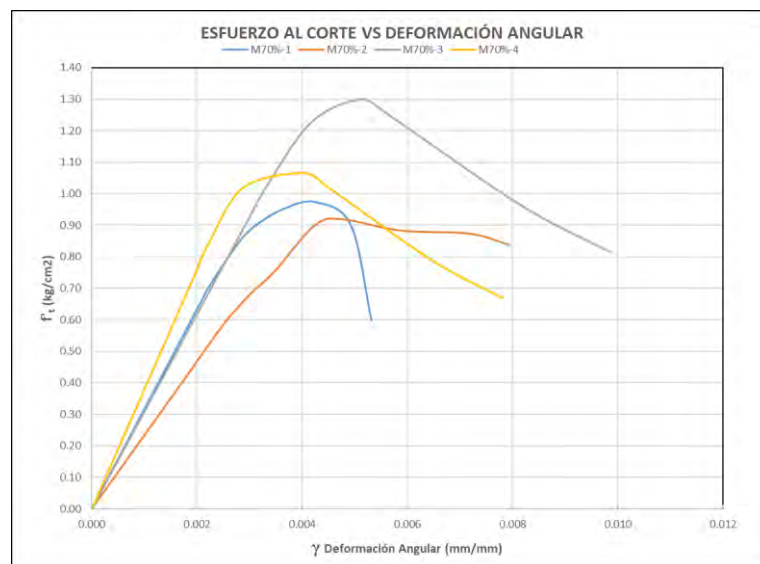
Tabla 100
Módulo de corte en Muretes Tipo D

Muestra	Dimensiones			Área 2ae _m (cm ²)	Resistencia a Compresión Diagonal Máxima f' _t (kgf/cm ²)	Δf' _t		Deformación Angular		Módulo de Corte G _m
	Longitud a(cm)	Altura H(cm)	Ancho e _m (cm)			Inicial f' _{to}	Final f' _{tf}	Inicial γ _o	Final γ _f	
M65-1	52.20	53.40	12.50	1320.00	1.18	0.000	0.642	0.00000	0.00120	534.97
M65-2	51.50	53.50	12.60	1323.00	1.00	0.000	0.000	0.00000	0.00000	0.00
M65-3	52.00	52.60	12.70	1328.42	0.99	0.000	0.516	0.00000	0.00120	429.68
M65-4	51.90	53.17	12.65	1329.09	1.05	0.000	0.602	0.00000	0.00120	502.00
Módulo de Corte Promedio G'm (kgf/cm ²):										488.88
Desviación Estándar σ = (kgf/cm ²):										53.86
Coeficiente de Variación (Dispersión):										11.02%
Módulo de Corte Característico G _m = (kgf/cm ²):										435.02

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de muretes tipo D. Donde G_m es el Módulo de corte σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Módulo de corte en Muretes de Adobe Tipo E.

Figura 88
Módulo de corte Tipo E



Nota. La figura muestra la curva esfuerzo - deformación para murete de tipo E expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101
Módulo de corte en Muretes Tipo E

Dimensiones				Resistencia a Compresión Diagonal Máxima f'_t		$\Delta f'_t$		Deformación Angular		Módulo de Corte
Muestra	Longitud a(cm)	Altura H(cm)	Ancho e_m (cm)	$2ae_m$ (cm ²)	(kgf/cm ²)	Inicial f'_{to}	Final f'_{tf}	Inicial γ_o	Final γ_f	Gm
M70-1	53.00	52.01	13.00	1365.13	0.97	0.000	0.380	0.00000	0.00120	316.35
M70-2	53.20	52.50	13.00	1374.10	0.92	0.000	0.280	0.00000	0.00120	233.44
M70-3	53.00	54.00	13.00	1391.00	1.30	0.000	0.360	0.00000	0.00120	300.29
M70-4	53.07	52.84	13.00	1376.74	1.07	0.000	0.455	0.00000	0.00120	379.42
Módulo de Corte Promedio $G'm$ (kgf/cm ²):										307.37
Desviación Estándar σ = (kgf/cm ²):										59.97
Coeficiente de Variación (Dispersión):										19.51%
Módulo de Corte Característico G_m = (kgf/cm ²):										247.41

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio de cuatro muestras de muretes tipo D. Donde G_m es el módulo de corte, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

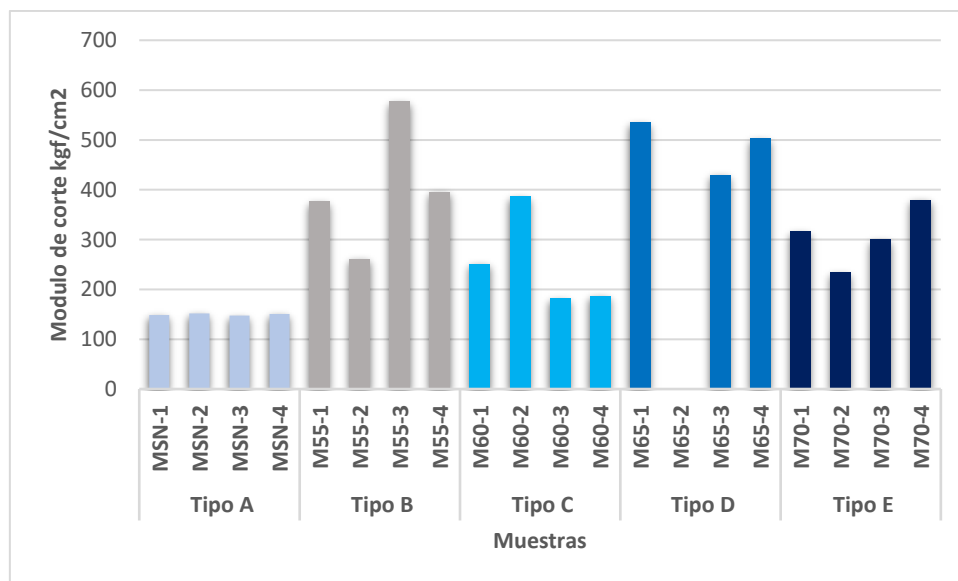
Resumen de módulo de corte en Muretes de Adobe.

Tabla 102
Resumen Módulo de corte en Muretes

Tipo de Muestra	Módulo de Corte Promedio G_m (kgf/cm ²)	Desviación Estándar σ (kgf/cm ²)	Coeficiente de Variación (Dispersión)	Módulo de Corte Característico G'_m (kgf/cm ²)
Tipo A	149.56	1.89	1.26%	147.68
Tipo B	402.17	130.55	32.46%	271.61
Tipo C	251.29	95.21	37.89%	156.09
Tipo D	488.88	53.86	11.02%	435.02
Tipo E	307.37	59.97	19.51%	247.41

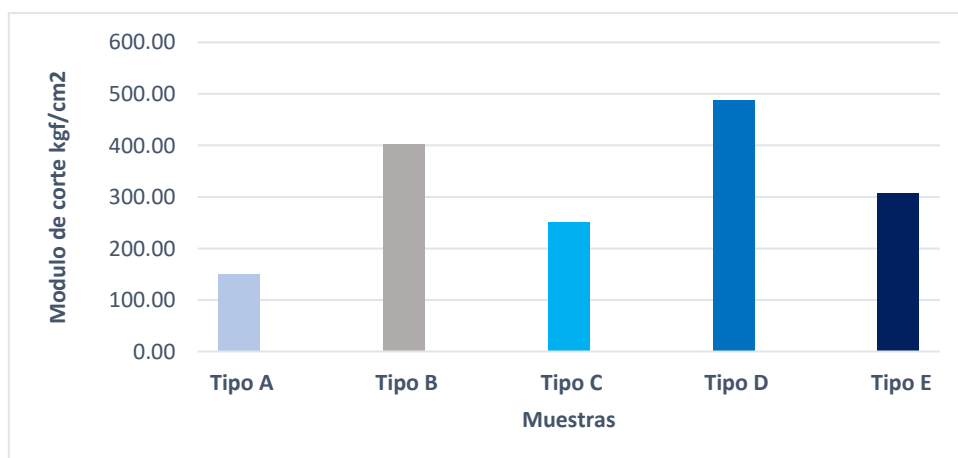
Nota. Los valores presentados Muestran el resumen de los 5 tipos (A, B, C, D y E) Donde G_m es el Módulo de corte, σ la desviación estándar, CV el coeficiente de variación (dispersión) y G'_m la resistencia característica calculada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 89
Módulo de corte en Muretes



Nota. La figura muestra los valores promedio del módulo de corte en muretes de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia

Figura 90
Módulo de corte promedio en Muretes



Nota. La figura muestra el resumen los valores promedio del módulo de corte en muretes de los tipos (A, B, C, D y E), expresados en kgf/cm². Fuente: Elaboración propia

G. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

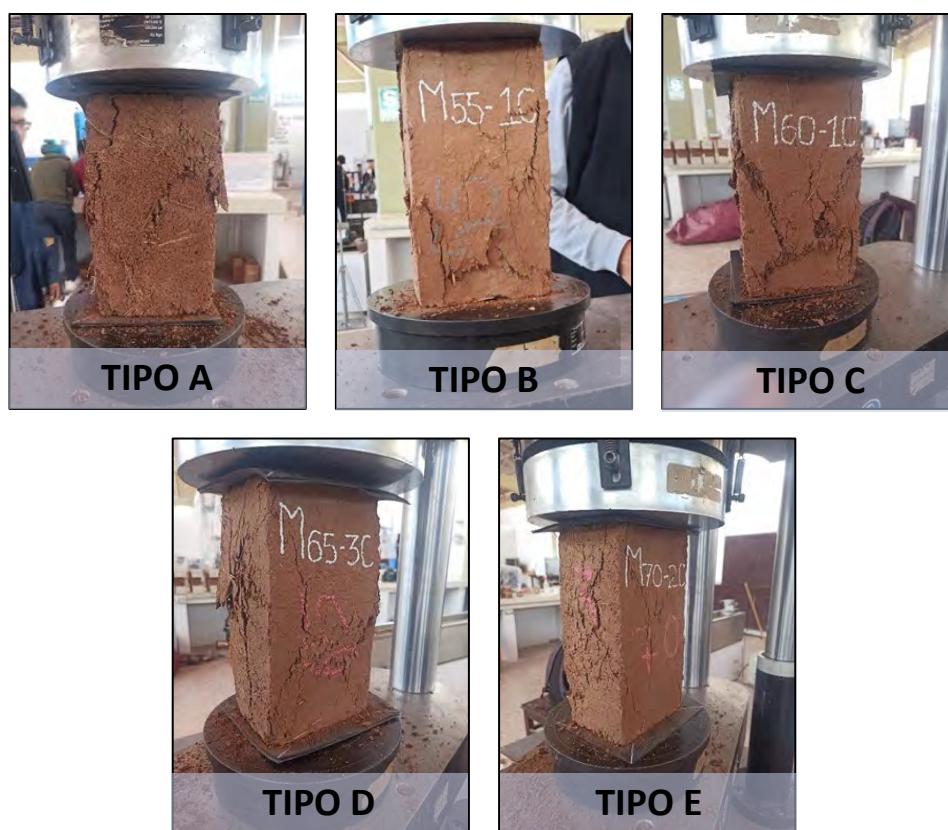
G.1 Análisis de resultados de ensayos en la unidad de adobe y material tierra

G.1.1 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión de unidades de adobe

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados que se obtuvieron en el ensayo, se muestran las siguientes figuras de las unidades de adobe sometidos a compresión en su eje.

Figura 91

Unidades de Adobe Post-Ensayo de resistencia a Compresión



Al término del ensayo a compresión de los cinco grupos (A, B, C, D y E), se evidencia una falla por cizalladura, en forma de x, puesto que fue sometido en su eje débil al que se atribuye a su esbeltez en ese sentido; y es justo en esa dirección donde existe puntos débiles.

Con los resultados obtenidos se hizo la comparación del adobe tipo “A” de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). Se observa que el tipo A de 20.68% de arena y 78.40% de finos mantiene un valor elevado con respecto a los otros tipos. El tipo A tiene un f_o promedio de 22.53 kgf/cm², mientras los otros tienen un f_o de 13.06 kgf/cm² (tipo B), 9.47 kgf/cm² (tipo C), 12.97 kgf/cm²

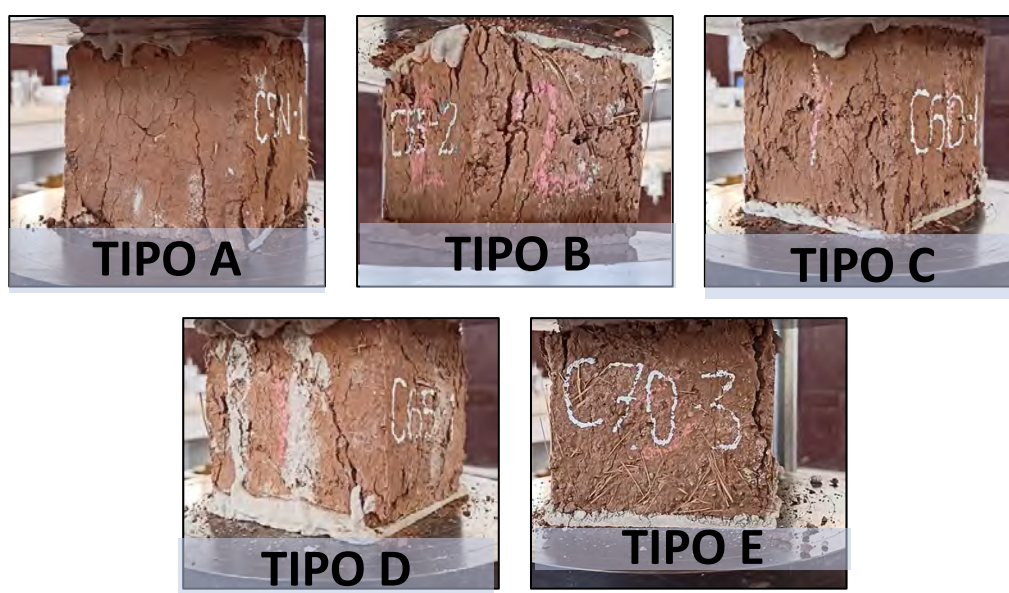
(tipo D) y 11.45 kgf/cm² (tipo E). El tipo A tiene entre 42% y 58% más resistencia que los demás. El tipo C es el más bajo, mientras que B y D están cerca entre sí.

G.1.2 Análisis de resultados del ensayo de resistencia del material tierra a la compresión

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados que se obtuvieron en el ensayo, se muestran figuras del material moldeado en unidades cubicas al cual fueron sometidos al ensayo de compresión dentro del laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 92

Cubos de Adobe Post-Ensayo de resistencia del material tierra a compresión.



Al finalizar las pruebas de los cinco grupos (A, B, C, D y E), se presentaron fallas, fisuras paralelas al eje de la aplicación de la carga.

En la figura se aprecia que la resistencia a compresión del material en cubos del tipo A es mayor.

Con los resultados obtenidos se hizo la comparación de las muestras en cubos del tipo "A" de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). Se observa que el tipo A de 20.68% de arena y 78.40% de finos mantiene un valor elevado con respecto a los otros tipos. El tipo A tiene un fo promedio de 38.10 kgf/cm², mientras los otros tienen un fo de 26.35 kgf/cm² (tipo B), 18.50 kgf/cm² (tipo

C), 20.21 kgf/cm² (tipo D) y 18.46 kgf/cm² (tipo E). El tipo A es entre 30% y 51% más resistente que los demás. El tipo B es el más cercano, mientras que C y E son los más bajos.

Los resultados obtenidos en los cubos de adobe de los tipos A, B, C, D y E son favorables con respecto al valor mínimo que indicaba la NORMA E. 080 (2017) que es 10.2 kgf/cm².

Sin embargo, el tipo A que presenta el mayor valor, sin estar dentro los porcentajes de agregado fino que indica la norma E.080 (MVCS, 2006).

G.1.3 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a flexión de unidades de adobe

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados que se obtuvieron en el ensayo, se muestran figuras de las unidades que fueron sometidos a flexión dentro del laboratorio.

Figura 93

Unidades de adobe Post-Ensayo de resistencia a flexión



Al concluir el ensayo, las figuras nos muestran las unidades de los 5 grupos de estudio (A, B, C, D y E), donde se presentaron un modo de falla frágil en la parte media donde se aplicó la carga, fisura que va creciendo hasta ocasionar la rotura total de las unidades.

Con los resultados obtenidos se hizo la comparación de valores del tipo "A" de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). El tipo A tiene un f_t promedio de 5.86 kgf/cm^2 , mientras los otros tienen un f_t de 6.11 kgf/cm^2 (tipo B), 4.61 kgf/cm^2 (tipo C), 6.43 kgf/cm^2 (tipo D) y 5.16 kgf/cm^2 (tipo E).

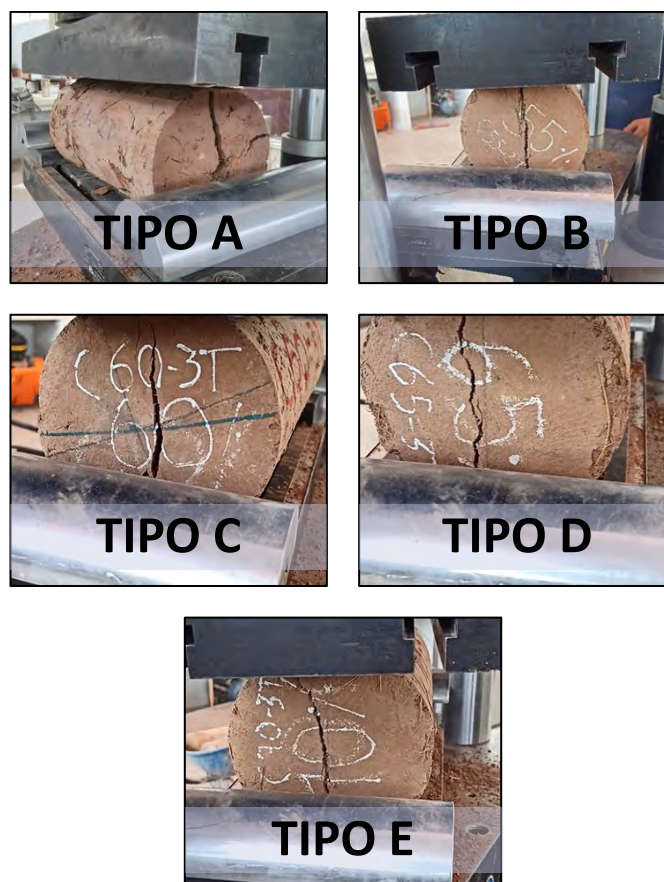
Se aprecia que los valores de las unidades del tipo D es el mayor; los tipos B y D tienen entre 4% y 10% más resistencia que el tipo A, mientras los tipos C y E tienen entre 11% y 21% menos resistencia que el tipo A y el tipo C tiene el menor desempeño.

G.1.4 Análisis de resultados del ensayo de resistencia del material tierra a tracción

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados que se obtuvieron en el ensayo, se muestran figuras del material tierra que fue sometido a tracción (ensayo brasileño) dentro del laboratorio de mecánica de suelos.

Figura 94

Probetas de adobe Post-Ensayo de resistencia del material a tracción.



Al concluir la prueba se muestran figuras de las briquetas de adobe de los cinco grupos (A, B, C, D y E); se presentan fallas, fisura en el diámetro del cilindro paralela al eje de la aplicación de la carga.

Con los datos obtenidos mediante el ensayo se realizó la comparación de valores del material tierra a tracción del tipo "A" de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). El tipo A tiene un σ_t promedio de 2.18 kgf/cm², mientras los otros tienen un σ_t de 2.10 kgf/cm² (tipo B), 2.23 kgf/cm² (tipo C), 2.12 kgf/cm² (tipo D) y 2.42 kgf/cm² (tipo E). El tipo E muestra el mayor valor, y un incremento del 11% con respecto al tipo A, los tipos C y D tienen variaciones menores, tienen proximidad relativa al tipo A y el tipo B presenta el menor valor de resistencia.

Los resultados obtenidos en los Cilindros de adobe de los tipos A, B, C, D y E están por encima del valor mínimo que indica la NORMA E. 080 (2017) que es 0.81 kgf/cm².

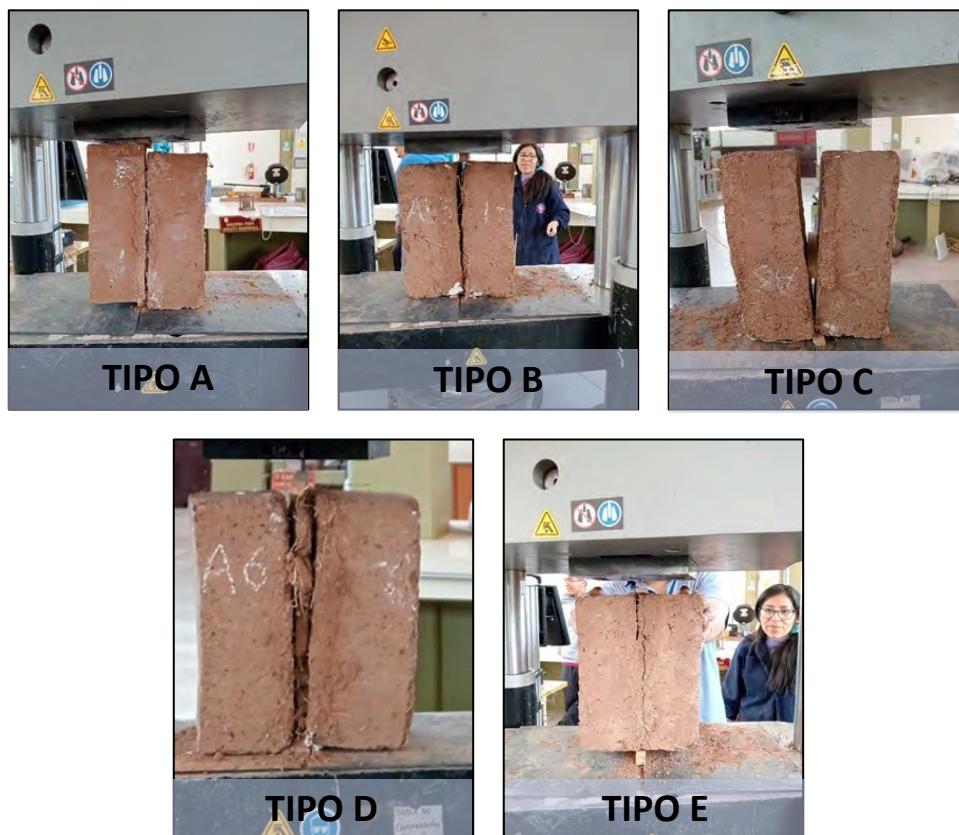
G.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados del mortero de barro

G.2.1 Análisis de resultados de la resistencia del mortero a la tracción

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados obtenidos después del ensayo, se muestran figuras de los especímenes.

Figura 95

Probetas de 02 unidades Post-Ensayo de resistencia del mortero a la tracción



Al término de la prueba, las figuras muestran los especímenes de adobe de los cinco grupos (A, B, C, D y E), se observó fallas en la unión de las unidades con el mortero, haciendo que se separen entre ellos después de que ocurra la carga de rotura.

Con los datos obtenidos después de la prueba se realizó la comparación del tipo “A” de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). El tipo A tiene un σ_t promedio de 0.322 kgf/cm², mientras los otros tienen un σ_t de 0.320 kgf/cm² (tipo B), 0.313 kgf/cm² (tipo C), 0.312 kgf/cm² (tipo D) y 0.299 kgf/cm² (tipo E).

El tipo A tiene la mayor resistencia con respecto a los demás, los tipos B, C, D y E son 0.62%, 2.80%, 3.11% y 7.14% menos resistente del tipo A, lo cual el tipo B, tiene una resistencia similar con una diferencia mínima, los tipos C y D muestran una diferencia moderadamente inferior y el tipo E es el menos resistente.

Los resultados que se obtuvieron en las muestras de adobe de los tipos A, B, C, D y E son favorables con respecto al valor mínimo que indicaba la NORMA E. 080 (MVSC, 2017) que es 0.12 kgf/cm².

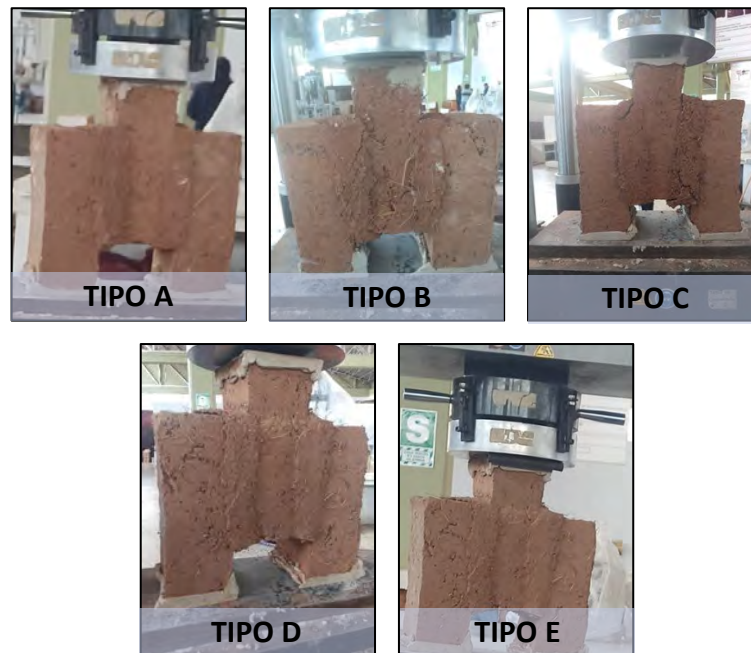
Esto se debe a que en todos los casos o tipos de muestra se usó la misma dosificación de mortero.

G.2.2 Análisis de resultados del ensayo de esfuerzo de adherencia del mortero

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados obtenidos después del ensayo, se muestran figuras de los especímenes de tres piezas.

Figura 96

Probetas de 03 unidades Post-Ensayo de esfuerzo a la adherencia del mortero



Al finalizar el ensayo, las figuras muestran los especímenes de los cinco grupos (A, B, C, D y E), se observó que las fallas ocurren en la unión de las unidades con el mortero, haciendo que se separen entre ellos después de que ocurra la carga de rotura.

Con los datos obtenidos después el ensayo se hizo la comparación de esfuerzos del tipo “A” de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%), donde el tipo A tiene un σ_a promedio de 0.46 kgf/cm², los otros tienen un σ_a promedio de 0.83 kgf/cm² (tipo B), 0.91 kgf/cm² (tipo C), 1.27 kgf/cm² (tipo D) y 1.17 kgf/cm² (tipo E).

El resultado de resistencia de mortero a la adherencia nos mostró valores diferentes, esto es por la superficie de cada unidad, el que presento mayor valor es el Tipo D y además tiene 176% más resistencia al esfuerzo de adherencia que el tipo A, la unidad de este Tipo es más rugosa debido a que contiene mayor porcentaje de agregado fino. El tipo B, C y E tienen 81%, 98 y 154 % más resistencia al esfuerzo de adherencia que el tipo A (el tipo A es doble y tres veces superado).

G.3 Análisis de resultados de mampostería de adobe

G.3.1 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión axial en pilas de adobe

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados obtenidos después del ensayo cuyo objetivo específico fue determinar la influencia del agregado fino en porcentajes (55%, 60%, 65% y 70%) en la resistencia a la compresión axial de pilas con unidades de adobe tradicional en la región del Cusco, Se presentan figuras de pilas de adobe sometidos al ensayo.

Figura 97

Pilas de adobe TIPO A Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial

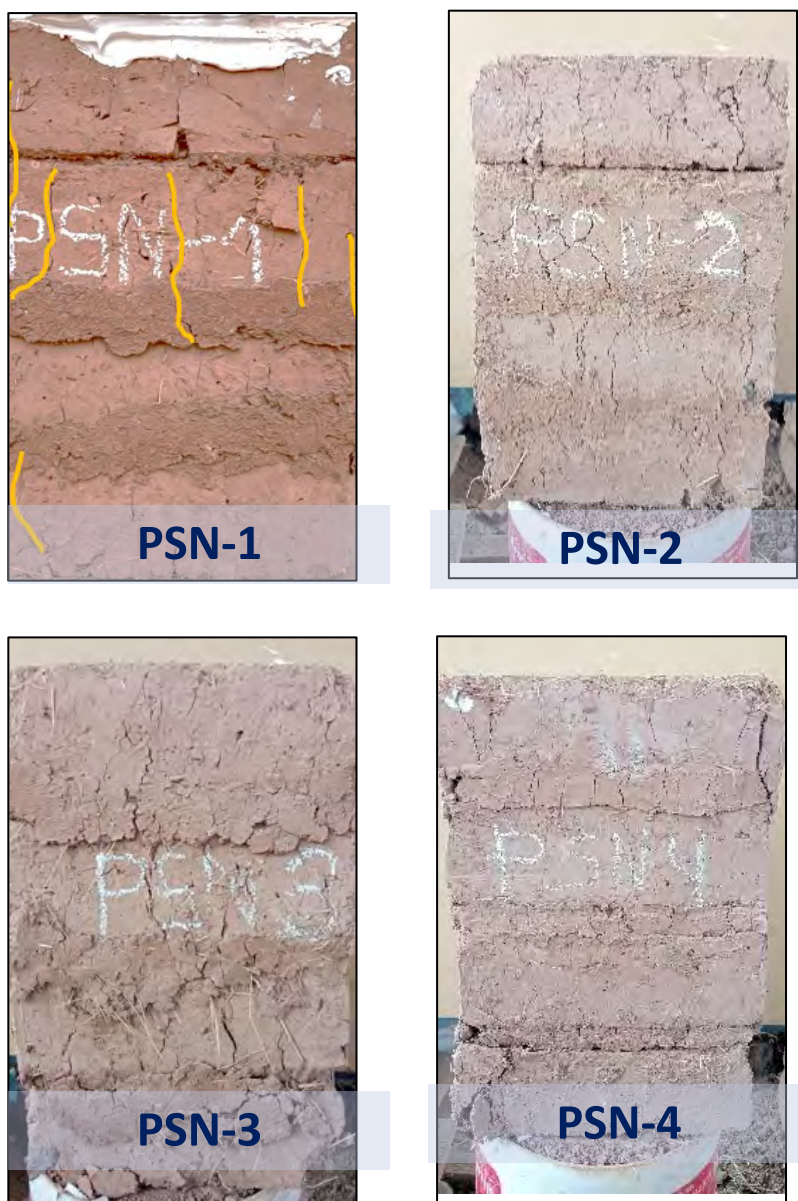


Figura 98

Pilas de adobe TIPO B Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial



Figura 99

Pilas de adobe TIPO C Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial



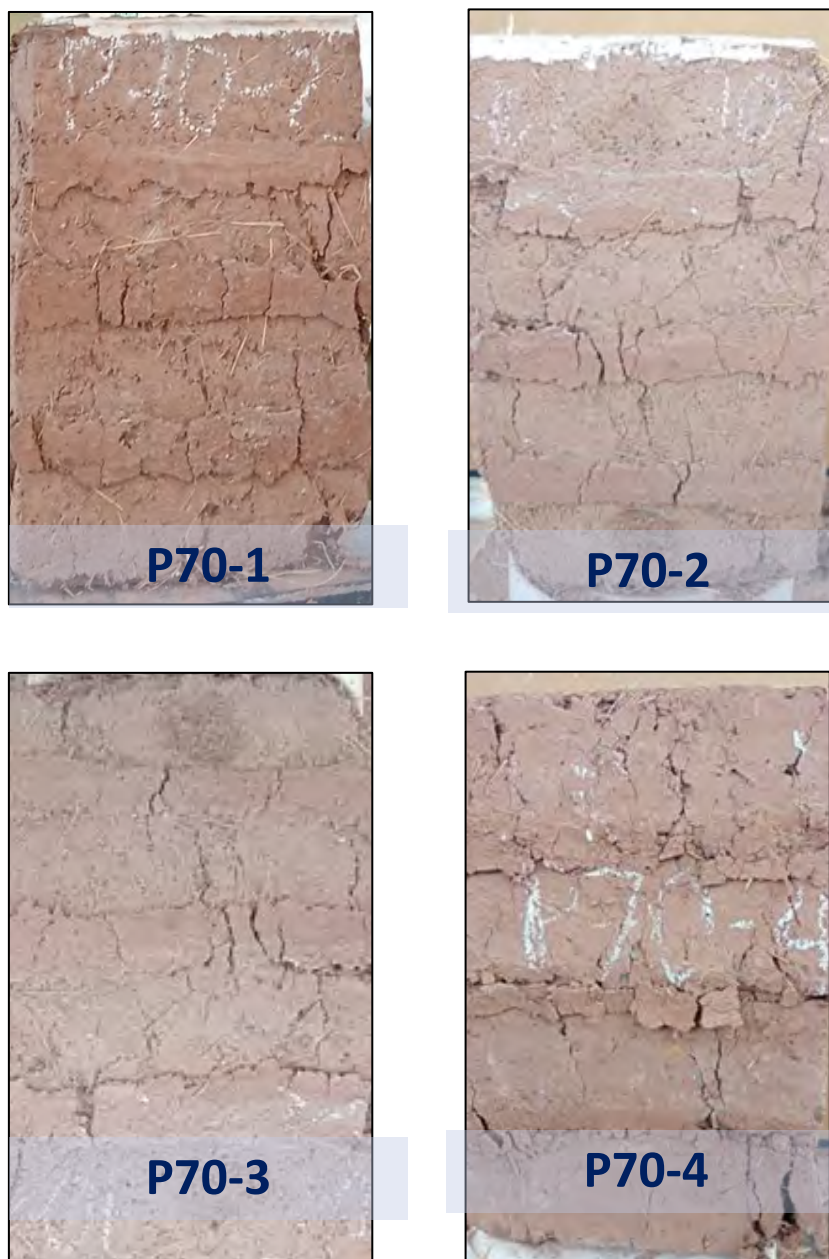
Figura 100

Pilas de adobe TIPO D Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial



Figura 101

Pilas de adobes TIPO E Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión axial



Al finalizar el ensayo, se muestran figuras de las pilas de adobe, de los cinco grupos de estudio (A, B, C, D y E), se presentaron fallas frágiles, produciendo fisuras paralelas al eje de aplicación de la carga.

Con los datos obtenidos se hizo la comparación de los resultados de pilas con unidades de adobe tradicional del tipo “A” de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). El tipo A tiene un f'_m promedio de 20.52 kgf/cm², y los otros tipos presentan 17.95 kgf/cm² (tipo B), 16.37 kgf/cm² (tipo C), 19.24 kgf/cm² (tipo D) y 15.84 kgf/cm² (tipo E). El tipo A (suelo in situ) tiene el mayor

valor, debido a que tiene una cantidad elevada de arcilla y limo que aporta cohesión entre sus partículas. El tipo D presenta una menor reducción de 6.24% de su resistencia con respecto al tipo A, lo que indica que es la más cercana y una buena alternativa, el tipo B tiene una reducción moderada de 12.52% con respecto al tipo A, que también vendría a ser otra alternativa, el tipo C y E muestran las mayores reducciones de 20.23% y 22.78% respectivamente, lo que indicaría una pérdida de resistencia significativamente considerable.

Observado la Norma La norma E.080 (MVCS, 2006), todos los resultados obtenidos están por encima del valor mínimo de 6.12 kgf/cm².

G.3.2 Análisis de resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe

Con la finalidad de realizar una adecuada observación y análisis de los resultados obtenidos después del ensayo cuyo objetivo específico es determinar la influencia del agregado fino (55%, 60%, 65% y 70%) en la resistencia a la compresión diagonal de muretes con unidades de adobe tradicional en la región del Cusco, Se presentan figuras de los muretes de los diferentes tipos.

Figura 102

Murete de adobe TIPO A Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal



Figura 103

Murete de adobe TIPO B Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal



Figura 104

Murete de adobe TIPO C Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal



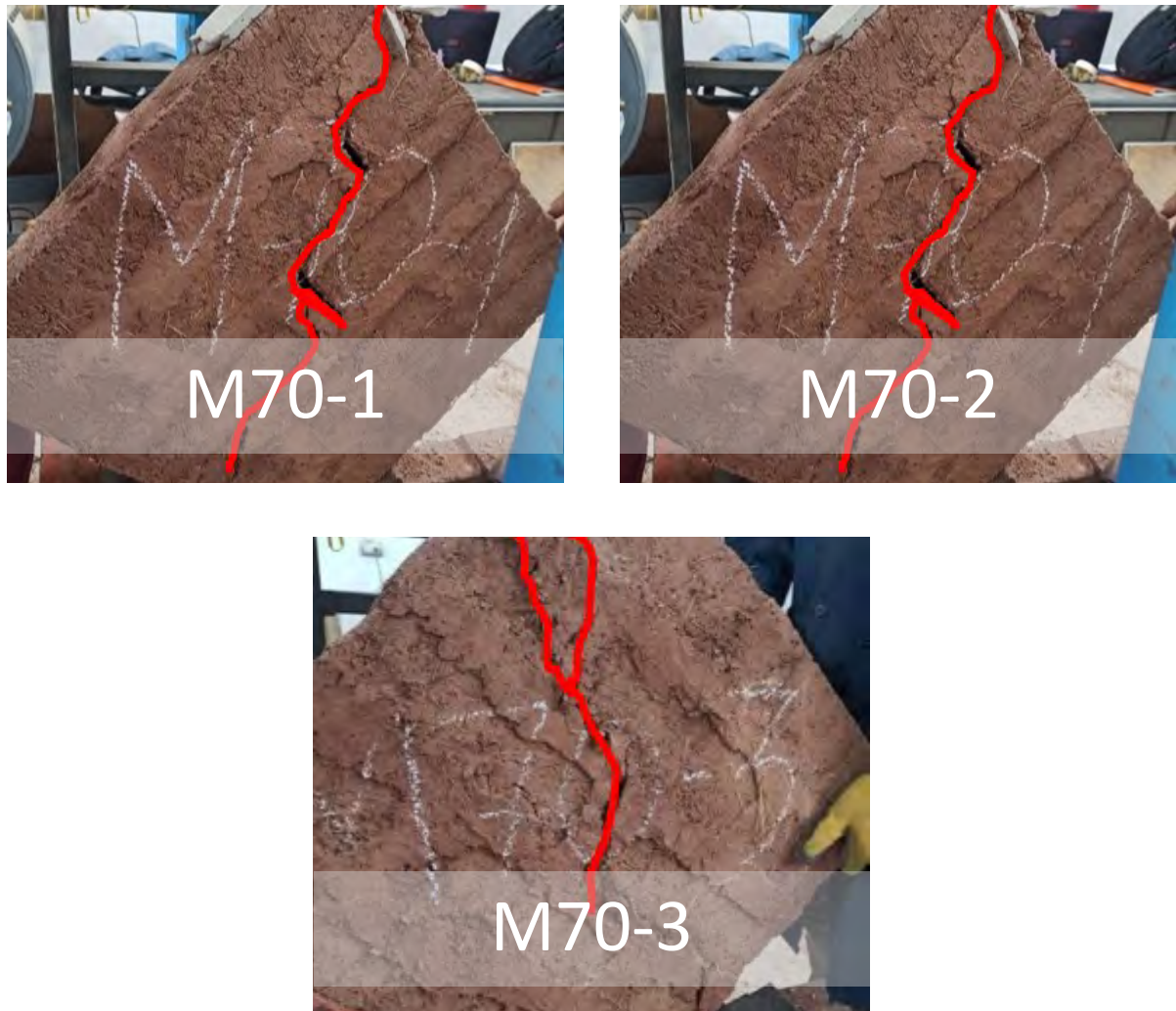
Figura 105

Murete de adobe TIPO D Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal



Figura 106

Murete de adobe TIPO E Post-Ensayo de esfuerzo a la compresión diagonal



Después de finalizar el ensayo, se muestran las figuras de muretes de adobe de los 5 grupos de estudio (A, B, C, D y E). En muros del tipo A se presentan fallas por adherencia, ya que este tipo de murete tiene unidades de adobe con porcentaje elevado de finos (20.68% de agregado fino y 78.40% de finos), lo cual hace que la superficie sea lisa, ocurra mayor retracción, tenga fisuración y sea poco poroso haciendo que no se adhiera bien con el mortero. En muretes del tipo B (55% de agregado fino), tipo C (60%), tipo D (65%) y tipo E (70%), se presentan fallas de tipo semi diagonal.

Al hacer la comparación de valores de los resultados obtenidos del tipo “A” de material in situ con los tipos de diferentes porcentajes de agregado fino B (55%), C (60%), D (65%) y E (70%). El tipo A tiene un $f't$ promedio de 0.77 kgf/cm², mientras los otros tienen un ($f't$) promedio de 1.12 kgf/cm² (tipo B), 1.18 kgf/cm² (tipo C), 1.05 kgf/cm² (tipo D) y 1.06 kgf/cm²

(tipo E). El tipo C tiene la resistencia de mayor valor, ahora los tipos B, C, D y E tienen un aumento de 45.25 %, 53.25 %, 36.36% y 37.66% de resistencia con respecto al tipo A, lo cual indica que teniendo los porcentajes de agregado fino en esas cantidades sí mejora la resistencia a la compresión diagonal ya que las partículas de arena proveen fricción, lo cual se observa que ayuda a mejorar la resistencia al corte.

Observando la norma E.080 (MVCS, 2006), todos los resultados obtenidos están por encima del valor mínimo de 0.25 kgf/cm².

G.4 Prueba de Hipótesis

G.4.1 Análisis Estadístico en el software “Minitab”

Análisis estadístico de resultados de las resistencias a la compresión de unidades de adobe

▪ Planteamiento de hipótesis

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia a la compresión de las unidades en comparación a los tipos restantes?

H₀: Hipótesis Nula

H₁: Hipótesis no Nula

H₀: $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia a la compresión de las unidades de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H₁: Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia a la compresión de las unidades.

▪ Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)

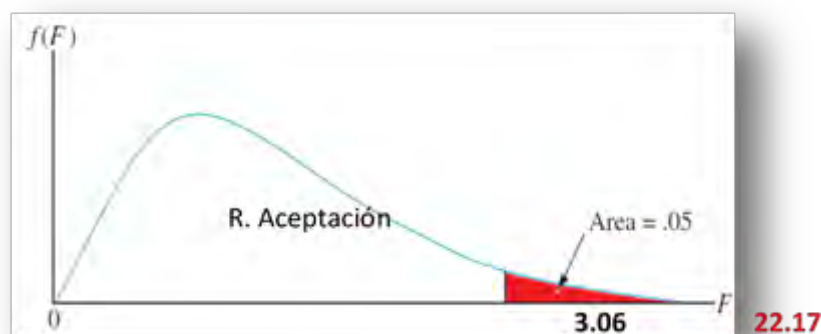
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.000 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 22.17, y un F_{crítico} de 3.06.

Figura 107

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 22.17$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

▪ **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia a la compresión de las unidades?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Tabla 103

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alterna (H_1)
Tipo A vs tipo B	$H_0: u_A = u_B$	$H_1: u_A \neq u_B$
Tipo A vs tipo C	$H_0: u_A = u_C$	$H_1: u_A \neq u_C$
Tipo A vs tipo D	$H_0: u_A = u_D$	$H_1: u_A \neq u_D$
Tipo A vs tipo E	$H_0: u_A = u_E$	$H_1: u_A \neq u_E$
Tipo B vs tipo C	$H_0: u_B = u_C$	$H_1: u_B \neq u_C$
Tipo B vs tipo D	$H_0: u_B = u_D$	$H_1: u_B \neq u_D$
Tipo B vs tipo E	$H_0: u_B = u_E$	$H_1: u_B \neq u_E$

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)
Tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
Tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
Tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 104

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

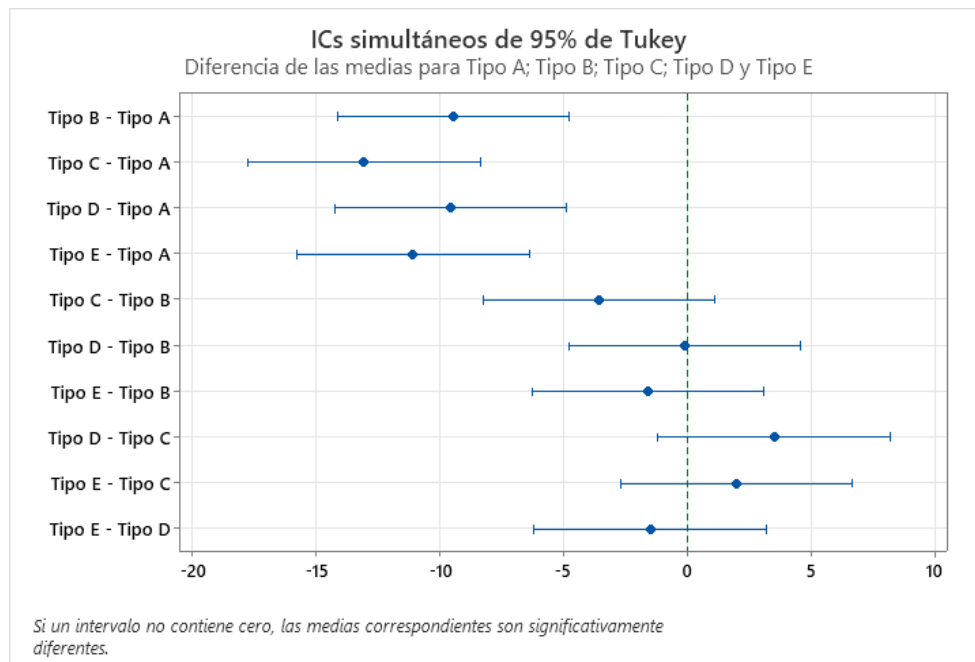
Tipo	N	Media	Agrupación
Tipo A	4	22.525	A
Tipo B	4	13.06	B
Tipo D	4	12.966	B
Tipo E	4	11.45	B
Tipo C	4	9.473	B

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de resistencia a la compresión de cuatro tipos de adobe (B, C, D y E) comparten una misma nomenclatura con un 95% de nivel de confianza, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo que hace que tengan similar comportamiento en sus propiedades mecánicas.

Figura 108

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la “No diferencia significativa” y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias de los pares Tipo B – Tipo A, Tipo C – Tipo A, Tipo D – Tipo A y Tipo E – Tipo A; estas combinaciones con el Tipo A se encuentran a la izquierda del cero, lo que confirma que el tipo A tiene una resistencia significativamente diferente frente a los demás tipos de adobe a un nivel de significancia del 5 %, sin embargo, las otras comparaciones entre los tipos (B, C, D y E) cruzan la línea del cero, lo cual indica no son diferentes entre sí, son similares.

Análisis estadístico de los resultados de las resistencias a la compresión del material tierra (ensayo de compresión en cubos)

▪ Planteamiento de hipótesis

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia del material tierra a la compresión en cubos en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia del material tierra a la compresión en cubos de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia del material tierra a compresión en cubos.

- **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

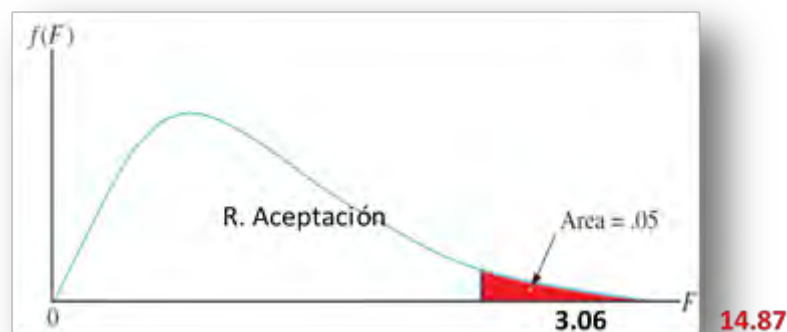
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.000 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 14.87, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 109

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 14.87$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

- **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia del material tierra a la compresión en cubos?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Tabla 105

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alterna (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 106

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

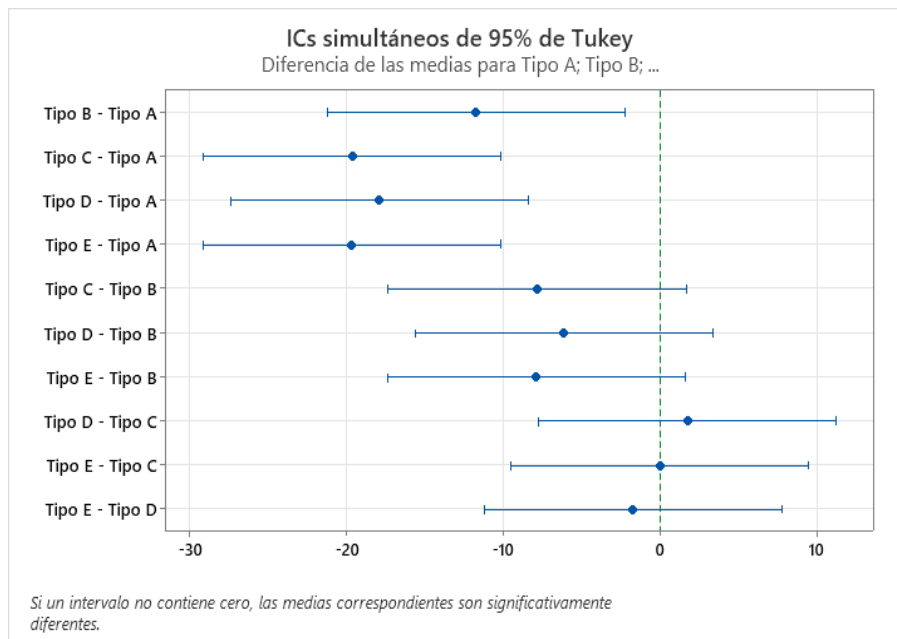
Tipo	N	Media	Agrupación
Tipo A	4	38.10	A
Tipo B	4	26.347	B
Tipo D	4	20.210	B
Tipo C	4	18.497	B
Tipo E	4	18.458	B

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de resistencia del material tierra a la compresión en cubos de cuatro tipos de adobe (B, C, D y E) comparten una misma nomenclatura con un 95% de nivel de confianza, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo que hace que tengan similar comportamiento en sus propiedades mecánicas.

Figura 110

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la "No diferencia significativa" y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias de los pares Tipo B – Tipo A, Tipo C – Tipo A, Tipo D – Tipo A y Tipo E – Tipo A; estas combinaciones con el Tipo A se encuentran a la izquierda del cero, lo que confirma que el tipo A tiene una resistencia significativamente diferente frente a los demás tipos de adobe a un nivel de significancia del 5 %, sin embargo, las otras comparaciones entre los tipos (B, C, D y E) cruzan la línea del cero, lo cual indica no son diferentes entre sí, son similares.

Análisis estadístico de los resultados de las resistencias de la unidad a la flexión

▪ Planteamiento de hipótesis

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia a flexión de unidades en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia a flexión de unidades de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia a flexión de unidades.

- **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

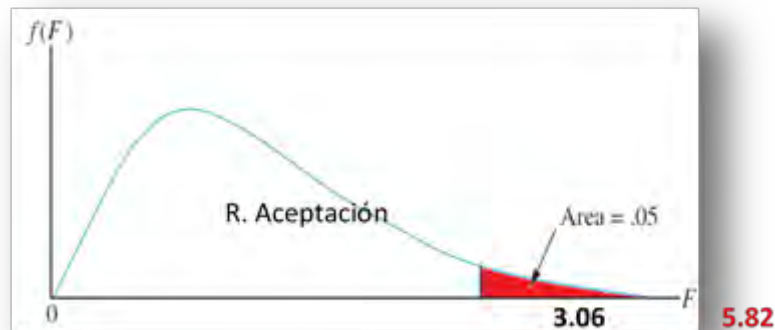
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.005 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 5.82, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 111

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 5.82$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

- **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia a flexión de las unidades?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Figura 112

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alterna (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 107

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

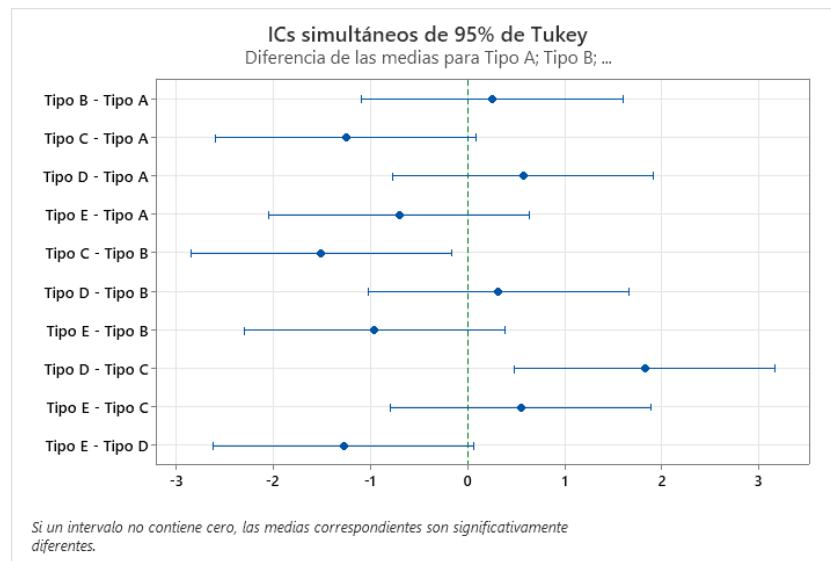
Factor	N	Media	Agrupación
Tipo D	4	6.432	A
Tipo B	4	6.1135	A
Tipo A	4	5.859	A B
Tipo E	4	5.158	A B
Tipo C	4	4.610	B

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de resistencia a flexión de unidades de los cinco tipos de adobe (A, B, C, D y E), se tiene que el Tipo D y el Tipo B comparten una misma nomenclatura, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo que hace que tengan similar comportamiento en sus propiedades mecánicas; el tipo A y el Tipo E comparten dos nomenclaturas iguales, ósea son puntos medios que no tienen influencia significativa entre los más resistentes con nomenclatura “A” y los menos resistentes con nomenclatura “B”; el Tipo D y el Tipo C no comparten ninguna nomenclatura alguna, lo cual confirma que el Tipo D tiene significativamente más resistencia que el Tipo C; todo con un 95% de nivel de confianza.

Figura 113

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a flexión de unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21),

la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la “No diferencia significativa” y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de la diferencia de medias a un nivel de significancia del **5 %**, del par Tipo D - Tipo C que se encuentra a la derecha del valor cero, lo cual indica que hay una diferencia significativa, y el otro par Tipo C – Tipo B se encuentra a la izquierda del cero , en este caso se confirma que al pasar del Tipo B al Tipo C , la resistencia a flexión decrece de forma significativa; por otro lado las demás comparaciones entre los tipos (A, B, D y E) contienen el valor cero , lo cual se concluye que no hay diferencias significativas, y hace saber que por cuestiones de costos el tipo A resultaría más barato.

Análisis estadístico de los resultados de la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de D=14 cm, H=27.5 cm.

▪ **Planteamiento de hipótesis**

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia del material tierra a tracción en cilindros en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia del material tierra a tracción en cilindros de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia del material tierra a tracción en cilindros.

▪ **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

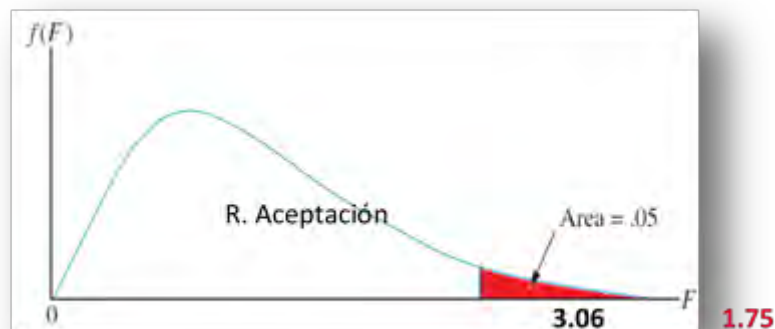
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.192 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 1.75, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 114

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 5.82$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba menor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para aceptar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resultó mayor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de aceptar la hipótesis nula, no tiene influencia significativa en la resistencia del material tierra a tracción en cilindros.

▪ **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia del material tierra a tracción en cilindros?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Figura 115

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 108

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

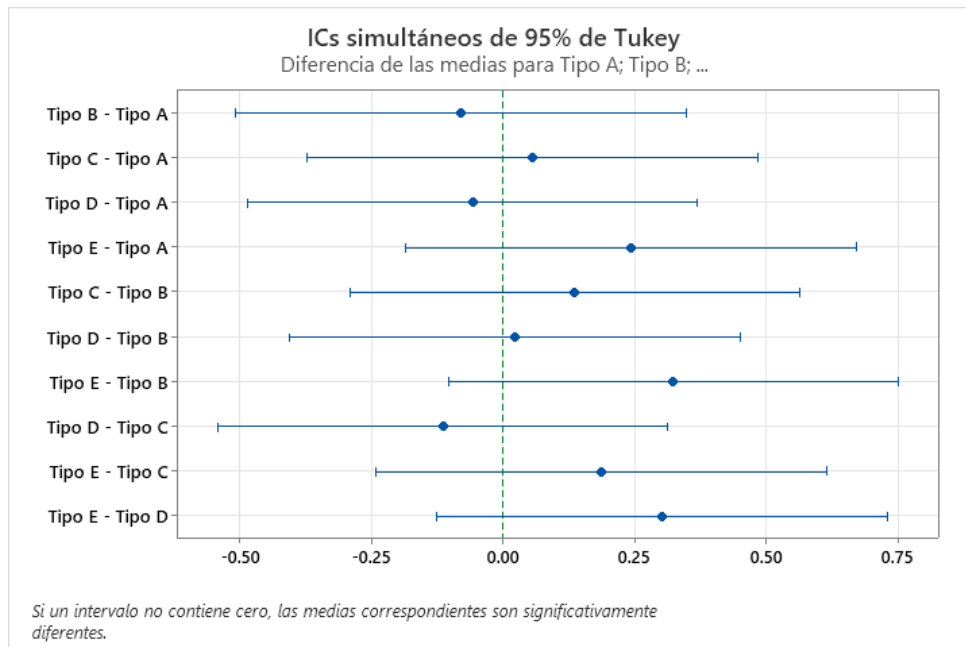
Factor	N	Media	Agrupación
Tipo E	4	2.4212	A
Tipo C	4	2.234	A
Tipo A	4	2.178	A
Tipo D	4	2.1201	A
Tipo B	4	2.0984	A

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de resistencia a la compresión de cuatro tipos de adobe (A, B, C, D y E) comparten una misma nomenclatura con un 95% de nivel de confianza, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo que hace que tengan similar comportamiento en sus propiedades mecánicas.

Tabla 109

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la “No diferencia significativa” y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias entre pares de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E) contienen al cero, lo que confirma que todos los tipos, no tienen diferencia de su resistencia significativamente entre ellos mismos a un nivel de significancia del 5 %.

Análisis estadístico de los resultados del ensayo del esfuerzo a la adherencia

▪ **Planteamiento de hipótesis**

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre el esfuerzo a la adherencia en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre el esfuerzo a la adherencia de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre el esfuerzo a la adherencia.

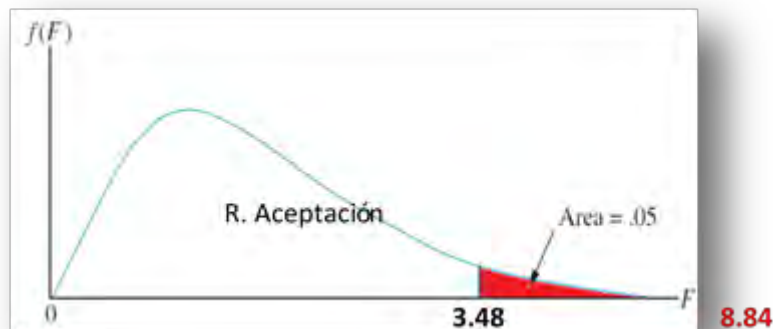
- **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.003 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 8.84, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.48.

Figura 116 Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 8.48$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en el esfuerzo de adherencia.

- **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en el esfuerzo de adherencia?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Figura 117

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alterna (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 110

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación	
Tipo D	3	1.2666	A	
Tipo E	3	1.174	A	
Tipo C	3	0.912	A	B
Tipo B	3	0.833	A	B
Tipo A	3	0.4608	B	

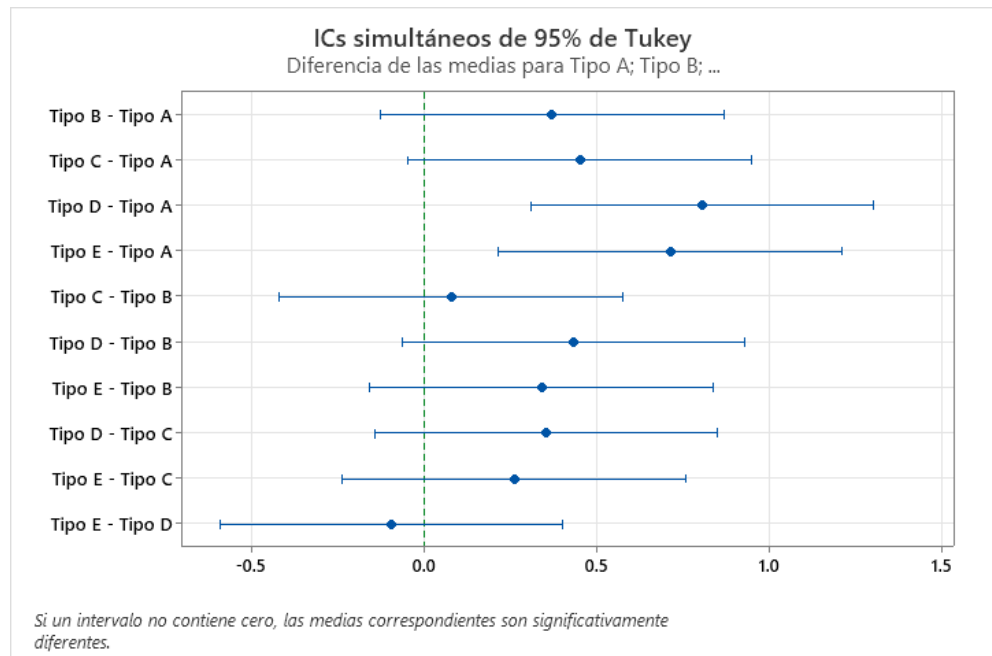
Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de los esfuerzos a la adherencia de los cinco tipos de adobe (A, B, C, D y E), se tiene que el Tipo D y el Tipo E comparten una misma nomenclatura, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo que hace que tengan similar comportamiento en sus propiedades mecánicas; el tipo C y el Tipo B comparten dos nomenclaturas iguales, ósea son puntos medios que no tienen influencia significativa entre los más resistentes con nomenclatura “A” y los menos resistentes con nomenclatura “B”; el Tipo D y el Tipo A no comparten ninguna nomenclatura alguna, lo cual confirma que el Tipo D tiene significativamente más resistencia a la adherencia que el

Tipo A ;todo con un 95% de nivel de confianza, y concluyendo que el Tipo A tiene el menor valor en el esfuerzo a la adherencia.

Figura 118

Diferencia de las medias para el esfuerzo a la adherencia.



Mediante la figura se puede apreciar la comparación de la diferencia de medias a un nivel de significancia del **5 %**, de los pares Tipo D - Tipo A y Tipo E – Tipo A que se encuentra a la derecha del valor cero, lo cual indica que hay una diferencia significativa, de los cuales se deduce que el Tipo D y Tipo E tienen más resistencia frente al esfuerzo a la adherencia; a comparación de los otros pares, contienen al valor cero, en este caso se confirma, que no hay diferencias significativas.

Análisis estadístico de los resultados del ensayo de resistencia del mortero a la tracción

▪ **Planteamiento de hipótesis**

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia del mortero a la tracción en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia del mortero a la tracción de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia del mortero a la tracción

▪ **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

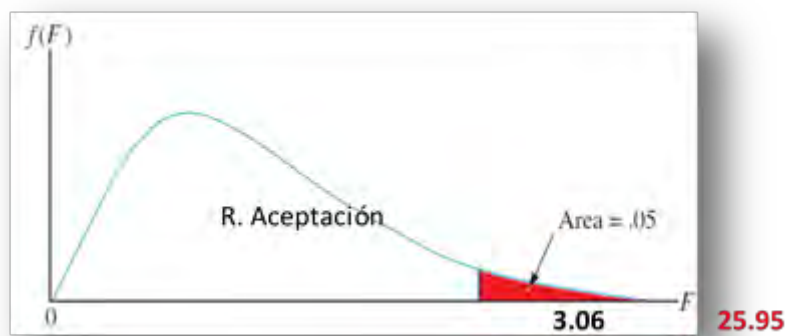
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.000 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 25.95, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 119

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 25.95$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

▪ **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia del mortero a la tracción?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Figura 120

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Figura 121

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

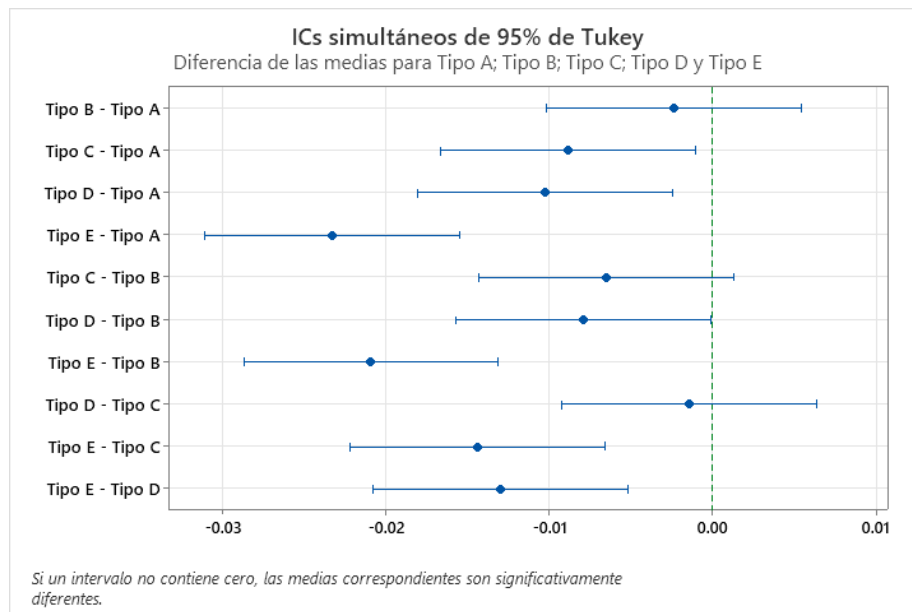
Tipo	N	Media	Agrupación
Tipo A	4	0.32227	A
Tipo B	4	0.31991	A B
Tipo C	4	0.313402	B C
Tipo D	4	0.31197	C
Tipo E	4	0.29901	D

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de las resistencias del mortero a la tracción de los cinco tipos de adobe (A, B, C, D y E), se tiene que el Tipo A comparte la misma nomenclatura que el Tipo B, lo cual no existe influencia significativa; sin embargo, el Tipo A y el Tipo E no comparten alguna nomenclatura, motivo que existe una influencia significativa, al igual del Tipo D con el Tipo A no comparten alguna nomenclatura; todo con un 95% de nivel de confianza.

Figura 122

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la “No diferencia significativa” y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias de los pares Tipo B – Tipo A, Tipo C – Tipo B y Tipo D – Tipo C contienen el valor cero, lo cual, entre los tipos de adobe de cada par, no hay diferencia significativa; a un nivel de significancia del 5 %, sin embargo, las otras comparaciones no cruzan la línea del cero, lo cual indica que existe diferencia significativa entre sí.

Análisis estadístico de los resultados del ensayo de resistencia a Compresión Axial en Pilas de Adobe

▪ **Planteamiento de hipótesis**

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia a la compresión axial en pilas de adobe en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia a la compresión axial en pilas de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una μ_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia a la compresión axial en pilas.

- **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

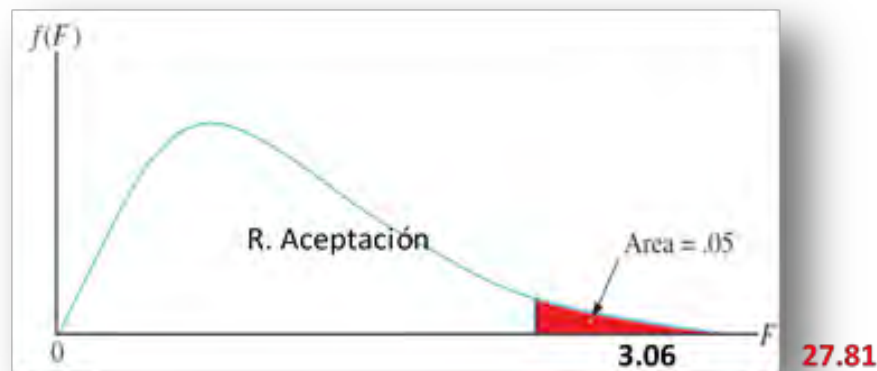
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.000 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 27.81, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 123

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 27.81$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

- **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia a la compresión axial en pilas?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Tabla 111

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)
Tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
Tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
Tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
Tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
Tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
Tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
Tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
Tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
Tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
Tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 112

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

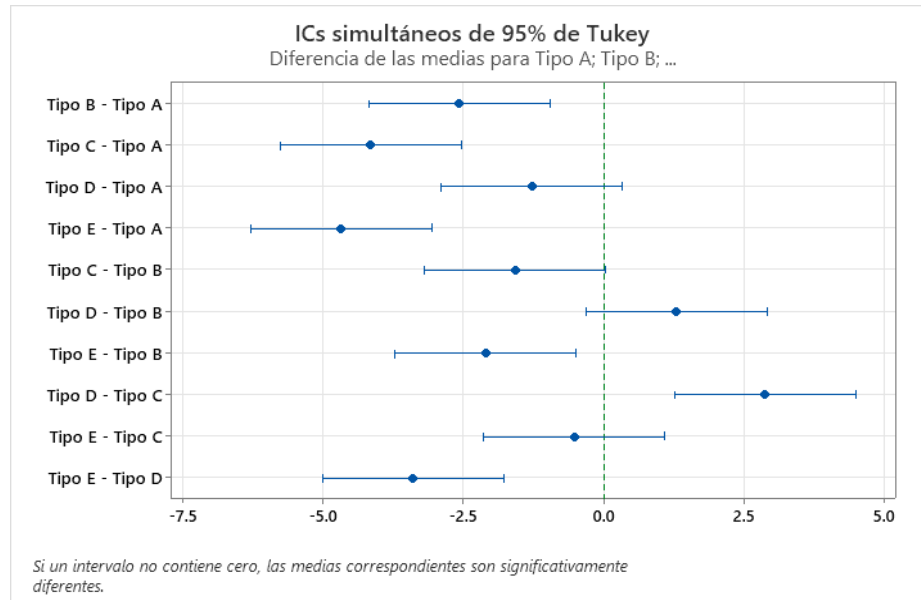
Tipo	N	Media	Agrupación		
Tipo A	4	20.516	A		
Tipo D	4	19.239	A	B	
Tipo B	4	17.948		B	C
Tipo C	4	16.368			C D
Tipo E	4	15.842			D

Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación de las medias de resistencia a la compresión axial en pilas, el Tipo A es la pila que tiene mejor desempeño, comparte la misma nomenclatura “A” con el Tipo D, lo cual estadísticamente las medias de sus resistencias son similares; se tiene varios pares. El Tipo D actúa como un enlace ya que comparten dos letras diferentes con el Tipo A y el Tipo B, no hay influencia significativa entre la mejor (Tipo A) y la intermedia (Tipo B), también el Tipo C comparte dos mismas letras diferentes con el Tipo B y el Tipo E, el tipo D no tiene influencia significativa con cada uno; finalmente el Tipo E se confirma que es significativamente inferior a los tipos de adobe (A, D y B).

Figura 124

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en Unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la “No diferencia significativa” y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias de los pares se comprobó que los pares Tipo D – Tipo A, Tipo C – Tipo B, Tipo D – Tipo B y Tipo E – Tipo C contienen el valor cero, lo cual se confirma que no hay diferencia significativa entre ellos mismos, tienen similar comportamiento en sus propiedades mecánicas; sin embargo, los pares Tipo B – Tipo A, Tipo C – Tipo A, Tipo E – Tipo A, Tipo E – Tipo B, Tipo D – Tipo C y Tipo E – Tipo D , no contienen el valor cero, lo que se concluye que sí hay diferencia significativa entre ellos.

Análisis estadístico de los resultados del ensayo de resistencia a compresión diagonal a muretes de adobe

▪ **Planteamiento de hipótesis**

¿Existe una influencia significativa en al menos uno de los cinco tipos de adobe sobre la resistencia a la compresión diagonal a muretes en comparación a los tipos restantes?

H_0 : Hipótesis Nula

H_1 : Hipótesis no Nula

$H_0: u_1 = u_2 = u_3 = u_4 = u_5$, no existe influencia significativa sobre la resistencia a la compresión diagonal a muretes de los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

H_1 : Al menos una u_i de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) posee una influencia significativa sobre la resistencia a la compresión diagonal a muretes.

▪ **Interpretación de los resultados mediante el análisis de varianza (ANOVA)**

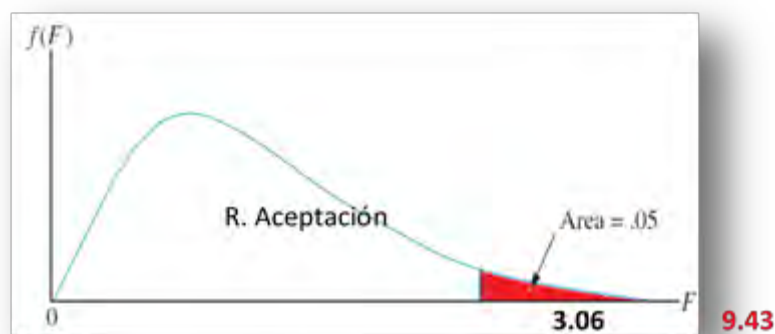
Tras haber procesado la información en el programa Minitab.21.4 a través del Análisis de Varianza (ANOVA), se toma como nivel de significación (α) igual 0.05 (5%) con un 95% de nivel de confianza.

Se obtuvo un p-valor de 0.001 que viene a ser la probabilidad de que el resultado se deba al azar.

Se obtuvo un valor del Estadístico de prueba (F) de 9.43, y un $F_{\text{crítico}}$ de 3.06.

Figura 125

Prueba de hipótesis para la varianza mediante la distribución F de Fisher



Nota. La gráfica muestra una distribución F con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. El valor crítico que delimita la Región de Aceptación es $F_{\alpha} = 3.06$. Dado que el estadístico de prueba calculado ($F = 9.43$) es mayor al valor crítico, este se ubica en la zona de rechazo (área roja), lo que permite rechazar la hipótesis nula (H_0).

Se concluyó lo siguiente:

Al haber obtenido un estadístico de prueba mayor al valor crítico, se tiene suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula.

El valor de la probabilidad obtenido (p-valor) resulta menor que el nivel de significancia (α) a un 95% de confianza se tomó la decisión de rechazar la hipótesis nula, lo cual se toma la hipótesis alterna, de que al menos una u_i tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión.

▪ **Pruebas de comparaciones múltiples**

¿Cuál de los tipos de adobe (A, B, C, D y E) tiene mayor influencia significativa en la resistencia a la compresión de las unidades?

Para este procedimiento se usará todo el conjunto para saber que medias presenta varianza significativa entre sí, por lo cual se usó el Método de Tukey.

Tabla 113

Comparación por parejas de las medias de los cinco tipos de adobe

Comparación entre tipos de adobe	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)
tipo A vs tipo B	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_1: \mu_A \neq \mu_B$
tipo A vs tipo C	$H_0: \mu_A = \mu_C$	$H_1: \mu_A \neq \mu_C$
tipo A vs tipo D	$H_0: \mu_A = \mu_D$	$H_1: \mu_A \neq \mu_D$
tipo A vs tipo E	$H_0: \mu_A = \mu_E$	$H_1: \mu_A \neq \mu_E$
tipo B vs tipo C	$H_0: \mu_B = \mu_C$	$H_1: \mu_B \neq \mu_C$
tipo B vs tipo D	$H_0: \mu_B = \mu_D$	$H_1: \mu_B \neq \mu_D$
tipo B vs tipo E	$H_0: \mu_B = \mu_E$	$H_1: \mu_B \neq \mu_E$
tipo C vs tipo D	$H_0: \mu_C = \mu_D$	$H_1: \mu_C \neq \mu_D$
tipo C vs tipo E	$H_0: \mu_C = \mu_E$	$H_1: \mu_C \neq \mu_E$
tipo D vs tipo E	$H_0: \mu_D = \mu_E$	$H_1: \mu_D \neq \mu_E$

Nota: En la tabla se muestran la comparación de los diferentes tipos de adobe (A, B, C, D y E), los subíndices μ_A , μ_B , μ_C , μ_D y μ_E hacen referencia a la media poblacional y H_0 , H_1 representan a la hipótesis nula e hipótesis alterna.

Tabla 114

Agrupación de medias con un 95% de nivel de confianza con el método Tukey.

Tipo	N	Media	Agrupación
Tipo C	4	1.1816	A
Tipo B	4	1.1157	A
Tipo E	4	1.0642	A
Tipo D	4	1.0537	A
Tipo A	4	0.7737	B

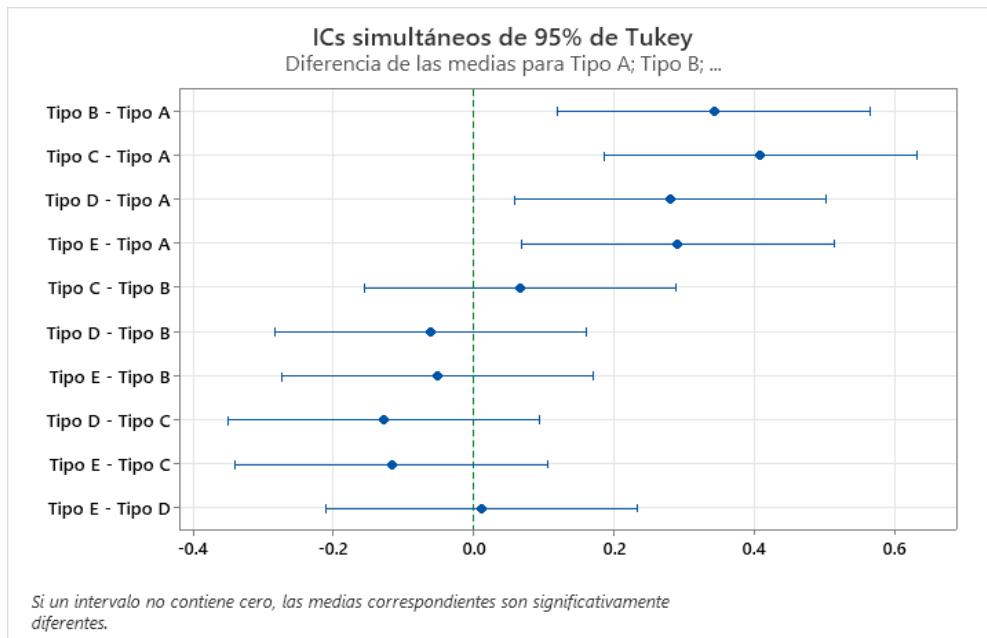
Nota: tabla de datos de las medias y agrupación por nomenclaturas de los tipos de adobe agrupados por letras tomados de Minitab Statistical Software (Versión 21), contiene los tipos de adobe (A, B, C, D y E).

Al observar la tabla de Agrupación, las medias de resistencia a la compresión de cuatro tipos de adobe (C, B, E y D) comparten una misma nomenclatura con un 95% de nivel de confianza, lo cual indica que no hay una influencia significativa entre estos mismos y lo

que hace que tengan similar comportamiento en su propiedad mecánica; sin embargo el Tipo A es significativamente menos resistente que los demás tipos de muretes de adobe.

Figura 126

Comparaciones múltiples de la diferencia de medias de resistencia a la compresión en unidades con un 95% de nivel de confianza



Nota: Gráfica generada mediante el Minitab Statistical Software (Versión 21), la línea vertical punteada en el valor cero dentro del eje horizontal es la referencia crítica el cual representa la "No diferencia significativa" y en el eje vertical se encuentran la comparación entre dos tipos de adobe.

Mediante la figura se puede apreciar la comparación de las medias de los pares Tipo C – Tipo B, Tipo D – Tipo B, Tipo E – Tipo B, Tipo D – Tipo C, Tipo E – Tipo C y Tipo E – Tipo D, comparación entre los tipos de adobe (B, C, D y E), contienen el valor cero, por lo cual no hay diferencia significativa entre su propiedad de resistencia a la compresión diagonal; sin embargo los pares Tipo B – Tipo A, Tipo C – Tipo A, Tipo D – Tipo A y Tipo E – Tipo A, comparación del tipo A con los diferentes tipos de adobe (B, C, D y E), no contienen el valor cero, lo que confirma que si hay diferencia significativa entre sus propiedades, lo cual se concluye que el tipo A es el que tiene menor influencia significativamente en la resistencia a la compresión diagonal.

G.5 Discusión

G.5.1 Discusión respecto a los antecedentes

La Norma E.080 (MVCS, 2006) establecía una gradación de porcentaje de arena de 55% al 70% para la fabricación de unidades de adobe. Define también las fuerzas mínimas que requiere hacer cumplir, cuyo fin es obtener un buen comportamiento sísmico en viviendas de adobe. Se sabe que la principal falla en muros de adobe es causada por fuerzas sísmicas horizontales. Con los resultados que se obtuvieron y tomando en cuenta el rango de porcentajes utilizados al (55%, 60%, 65% y 70%) de agregado fino, se da conocer, que mejora la resistencia a compresión diagonal.

Al contrastar los resultados con la investigación “Resistencia a la compresión y absorción del adobe estabilizado con confitillo, Jaén-Cajamarca”, se observa una correlación en el comportamiento mecánico de las muestras. En dicho estudio se encontró un suelo compuesto por 60.02% de arena y 39.98% de finos (limo y arcilla), se mostró una reducción significativa en su resistencia a la compresión al incrementar la dosificación de confitillo al 25%, 30% y 35%. Este fenómeno se contrasta con los hallazgos de la presente investigación para el adobe tipo E (70%), el cual alcanzó una resistencia de 18.46 kgf/cm². En ambos casos, el exceso de agregado fino (confitillo) interrumpe la matriz ligante del suelo, provocando una pérdida de cohesión entre las partículas. En consecuencia, el incremento de agregado fino en proporciones mayores al 70% actúa como un agente disgregante en lugar de un estabilizador, debilitando la integridad estructural de la unidad de adobe.

En la investigación “Influencia del agregado grueso en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en los procesos de restauración de muros de monumentos históricos de la región del cusco”, se tiene arena al 55.89% , limo y arcilla al 44.11%, para este caso se modificó los porcentajes de agregado grueso, se observó la disminución en la resistencia de compresión axial en pilas, en cambio la resistencia a la compresión diagonal mostro mejores resultados, es este ensayo las muestras de los 05 tipos de muretes A, B, C, D y E se obtuvo 0.50 kg/cm², 0.54 kg/cm², 0.48 kg/cm², 0.63 kg/cm² y 0.56 kg/cm². En la presente investigación los 5 tipos de muretes A(suelo in situ),B ,C ,D y E presentaron los siguientes resultados 0.77(kg/cm²), 1.12(kg/cm²), 1.18(kg/cm²), 1.05(kg/cm²) y 1.06(kg/cm²), comprando los resultados se denota mejores resultados obtenidos por los diferentes porcentajes de agregado fino en comparación al agregado grueso.

En otra investigación “Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de Cajamarca” se obtuvo mejorías en su resistencia adicionando paja en un 0.80 % y una disminución si se aumentara en más porcentaje de paja, y por debajo de ésta no hubo mucha incidencia, como en un 0.40% de paja, si bien es cierto que el ichu ayuda a mejorar resistencia a la flexión y tracción. Por esta razón se tomó 0.35%

de paja en la presente tesis para no afectar en los resultados puesto que ya se modificó en varios porcentajes de arena.

Respecto a la hipótesis general, el agregado fino tiene influencia significativa en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe con unidades de adobe tradicional en la región del Cusco, en cantidades dentro del rango estudiado en la presente investigación, ya que aporta una mejoría en la resistencia a la compresión diagonal, importante para soportar fuerzas horizontales como el sismo.

H. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

H.1 Conclusión general

Se concluye que el agregado fino influye de manera significativa en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. La variación del porcentaje de agregado fino en rangos de 55%, 60%, 65% y 70% evidenció un mejor comportamiento en el incremento de la resistencia al corte, lo que demuestra que el aumento controlado de arena mejora los resultados frente a fuerzas de compresión diagonal; Por el contrario, en la resistencia a la compresión axial, la incorporación progresiva del agregado fino presentó una influencia decreciente. Este comportamiento se atribuye a que el menor contenido de arena favorece una mayor cohesión del material, permitiendo un mejor desempeño frente a cargas verticales.

H.2 Conclusiones específicas

El análisis de la resistencia a la compresión axial en las pilas reveló que el Tipo A alcanzó el valor más alto con 20.52 kgf/cm². Este resultado supera el desempeño de los tipos B, C, D y E, cuyos valores registrados fueron de 17.95 kgf/cm², 16.37 kgf/cm², 19.24 kgf/cm² y 15.84 kgf/cm², respectivamente; Cabe destacar que todas las muestras evaluadas superan significativamente el valor mínimo de 6.12 kgf/cm² establecido por la Norma E.080.

La prueba de comparación múltiple reveló que no existen diferencias significativas entre el Tipo A y el Tipo D. Esto es sumamente importante porque demuestra que, para estas variantes, la adición de agregado fino ha alcanzado un comportamiento similar en la resistencia axial de las pilas, permitiéndonos identificar que las dosificaciones son equivalentes en términos de desempeño estructural.

Los resultados obtenidos de los ensayos de compresión diagonal muestran que el Tipo A obtuvo una resistencia de 0.77 kgf/cm², el valor más bajo de la serie. En contraste, los muretes con mayor proporción de agregado fino (Tipos B, C, D y E) presentaron un desempeño superior: el Tipo B (55%) alcanzó 1.12 kgf/cm², el Tipo C (60%) obtuvo el valor máximo de 1.18 kgf/cm², mientras que los Tipos D (65%) y E (70%) registraron 1.05 kgf/cm²

y 1.06 kgf/cm², respectivamente. Cabe destacar que todos estos valores superan ampliamente el mínimo de 0.25 kg/cm² establecido por la Norma E.080.

H.3 Recomendaciones

De la presente investigación se hace las siguientes recomendaciones:

De acuerdo a los resultados evidenciados se recomienda utilizar un 65% de agregado fino en la mezcla para la fabricación de unidades de adobe para la mampostería.

Teniendo en cuenta el límite de porcentajes de agregado fino, se recomienda no usar porcentajes por encima del 65% de arena ya que con un 70% se obtuvo un IP de 6.59, lo cual indica que ya es de baja plasticidad y está al límite de no tener cohesión entre sus partículas y pueda obtener resistencias desfavorables.

Usar entre el 55% al 65% de agregado fino en la elaboración de unidades de adobe ya que no se presenta variación notable de su volumen que disminuye desde un 5.44% hasta 0.05% y también no presentan fisuras excesivas a comparación de las unidades del tipo A que tiene bajo porcentaje de arena y un elevado porcentaje de finos que se observa disminución de su volumen en un 15.86% y presentan bastantes fisuras.

Realizar una buena metodología para mezclar correctamente las partículas del suelo que son: la arena, el limo y la arcilla; para así a su vez combinar con el agregado fino(arena), ya que esto es fundamental para la homogeneidad y/o distribución uniforme de partículas; ya que influye directamente en la resistencia mecánica.

Realizar investigaciones variando dosificaciones de agregado fino por debajo del rango 55% aplicado en la presente investigación, para obtener más resultados de resistencias mecánicas, esto con fines académicos y tecnológicos.

Realizar investigaciones sobre la variación de los componentes como la arcilla y limo.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano Carrasco, O. V. (2019). *Incidencia de la fibra vegetal “paja ichu” en la resistencia mecánica del adobe en el distrito de cajamarca*. Universidad nacional de Cajamarca, Cusco. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3273>
- Álvarez Guevara , D. (2015). VULNERABILIDAD SÍSMICA DE VIVIENDAS DE ADOBE DEL C.P. LA HUARACLLA, JESÚ S, CAJAMARCA 2015. *Tesis de pre grado*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Amat, J. (ENERO de 2016). *T-test: Comparación de medias poblacionales independientes*. Obtenido de [cienciadedatos.net: https://cienciadedatos.net/documentos/12_t-test](https://cienciadedatos.net/documentos/12_t-test)
- Arango Ortiz, J. (2002). *Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería*. Lima: 1ra Edición.

- Blondet, M., & Vargas Neumann, J. (2005). *Investigacion sobre el Adobe en la PUCP*. Lima: Pontificia Univesidad Catolica del Peru.
- Cahuana Chuchon, Y. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del sector de Barrios Altos del distrito de Ayacucho*. Ayacucho.
- Catalán Quiroz, P., Moreno Martínez, J., Galván, A., & Arroyo Matus, R. (2019). Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe. *Acta Unversitaria*, 29(1-13). doi:10.15174/au.2019.1861
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería. (2002). *NTP 399.604*. Lima: EL PERUANO. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/norma-tecnica-peruana-ntp-399604-2002-4-pdf-free.html>
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2023). *Geomecánica*. Colombia: U.N. de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57121>
- Elaboracion Propia. (s.f.).
- Figliola R., S., & Beasley D, e. (2006). *Theory and design for mechanical measurements*. New York: John Wiley & Sons.
- Gallegos , H., & Casabonne, C. (2005). *Albañileria Estructural* (Vol. 3era Edicion). Lima: Fondo Editorial. Obtenido de <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453>
- Gere, J., & Goodno, B. (2013). *Mecánica de Materiales*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Construcción con tierra*. Caracas: Editorial Blanca.
- INACAL. (1999). *NTP 339.129. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos*. Lima, Perú: INDECOPI.
- Instituto Nacional de Calidad. (2004). *NTP 399.621. Ladrillos de arcilla. Métodos de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión*. Lima: El Peruano.
- Instituto Nacional de Calidad. (2017). *NTP 400.037: Agregados para Concreto. Requisitos*. Lima: INACAL.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (1999). *Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (NTP 339.127:1998)*. Lima: INDECOPI.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (1999). *Suelos. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo (NTP 339.131:1999)*. LIMA: INDECOPI. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/qdownload/ntp-339131-8-pdf-free.html>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (1999). *Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico (NTP*

- 339.128:1999). LIMA: INDECOPI. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/26394/ntp-339-128-1999-suelos-metodo-de-ensayo-para-el-analisis-granulometrico>
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012:2001)*. Lima: INDECOPI.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: INDECOPI.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2005). *Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo (NTP 399.613:2005)*. INDECOPI: Lima.
- Lozano Quispe, J., & Zurita Herrera, A. (2019). *Resistencia a la Compresión y Absorción del Adobe Estabilizado con Confitillo Jaén – Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/229>
- Mamani Quispe, R. E. (2016). “Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural Lineal y No Lineal del Monumento Histórico “Templo de Miska”, para Verificar los Daños Ocurredos por el Sismo de Paruro (Cusco) en Setiembre de 2014”. *Tesis de Pre Grado*. UNSAAC, Cusco.
- Ministerio De Vivienda, construcción Y Saneamiento. (1999). *NTP 339.127*. LIMA: El Peruano. Obtenido de https://vdocuments.mx/ntp-339127-contenido-de-humedad.html?page=1#google_vignette
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2006). *E.080 ABOBE*. Lima: El Peruano.
- Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento. (2013). *NTP 399.605*. Lima: El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.080*. LIMA: EL PERUANO.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. (2020). *Norma E.060*. Lima: El Peruano. Obtenido de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Pfuyo Quispe, J., & Salcedo Moreno, E. R. (2024). *Influencia del agregado grueso en las propiedades mecánicas de mampostería de adobe en los procesos de restauración de muros de monumentos históricos de la región del Cusco–2019*. Unsaac, Cusco. Obtenido de https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9374/253T20240768_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez Martínez, J. A., & Esquivel Zamora, M. W. (1980). *Estabilización del adobe tradicional por granulometría*. UNSAAC, Cusco, Perú.
- San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería* (Vol. 1era Edición). Lima: Fondo Editorial. Obtenido de <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/72>.

- San Bartolomé, Á., Quiun, D., & Silva, W. (2014). *Diseño y Connstrucción de Estrutucturas Sismorresistentes de Albañilería*. Lima: Fondo Editorial.
- Teixeira Martins, H. T. (2015). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE LAS FÁBRICAS HISTÓRICAS DE ADOBE COMO SOPORTE A INTERVENCIONES DE REHABILITACIÓN. *post grado*. Escuela politecnica de madrid, Madrid, España. Obtenido de https://oa.upm.es/39007/1/Hermano_Teixeira_Martins.pdf
- Valencia Patiño, C. A., & Huertas Daza, L. G. (2018). *Análisis de granulometría por hidrómetro y un método automatizado para suelos bentónicos*. Universidad Católica De Colombia, Bogota - Colombia.
- Vargas Díaz, L. (2016). Determinación de propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, ladrillo y piedra en edificaciones históricas peruanas. *PRE GRADO*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, LIMA. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7472>
- Vargas, J., & Gutiérrez, P. (2007). *Apuntes sobre la Tecnología de la Tierra*. Lima: SENCICO.
- Zacaria, A. D., & Sánchez, S. (2021). “Cal como factor influyente en la resistencia a compresión diagonal de la mampostería”. *Cuaderno Activa*, 13, 61-72. Obtenido de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/882/1359>

Anexo A



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA REGION DEL CUSCO-2022

UNSAAC ENSAYO: 1. CONTENIDO DE HUMEDAD

INTEGRANTES: CHAUCCA HUAILLAHUAMAN LISBETH
NIRHUAY HUAMAN DAVID RAUL SALOMON

NORMA: NTP 339.129

UBICACIÓN: CUSCO

FECHA: 17/08/2023

CANTIDAD DE MUESTRAS: 05

NOMENCLATURA

Mc: Peso del contenedor en gramos (gr)

Mcws: Peso del contenedor más el suelo húmedo en gramos (gr)

Mcs: Peso del contenedor más el suelo secado al horno en gramos (gr)

Mw: Peso del agua en gramos (gr)

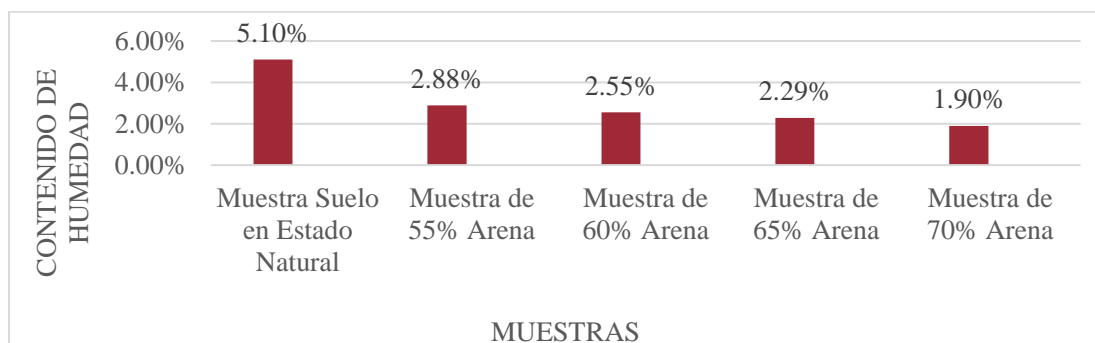
W: Contenido de humedad en porcentaje (%)

$$W = \frac{Mw}{Mcs - Mc} \times 100$$

DATOS

RESULTADOS

MUESTRA	Muestra Suelo en Estado Natural	Muestra de 55% Arena +45% Limo y Arcilla	Muestra de 60% Arena +40 % Limo y Arcilla	Muestra de 65% Arena +35% Limo y Arcilla	Muestra de 70% Arena +30 % Limo y Arcilla
Mc	27.95	26.42	26.24	27.13	26.32
Mcws	85.23	95.25	101.56	98.25	97.12
Mcs	82.45	93.32	99.69	96.66	95.80
Mw	2.78	1.93	1.87	1.59	1.32
	54.5	66.9	73.45	69.53	69.48
W	5.10%	2.88%	2.55%	2.29%	1.90%





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL
AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE
TRADICIONAL EN LA REGION DEL CUSCO-2022**

UNSAAC ENSAYO: 2. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

INTEGRANTES: CHAUCCA HUAILLAHUAMAN LISBETH
NIRHUAY HUAMAN DAVID RAUL SALOMON

NORMA: NTP 339.128

UBICACIÓN: CUSCO FECHA: 17/03/2023 CANTIDAD DE MUESTRAS: 02

2.1 SUELO IN SITU

DATOS

RESULTADOS

Peso Seco antes de Lavado (gr)	943.22
Peso Seco después de Lavado (gr)	207.44
% de Error en Peso en el Tamizado	0.06%

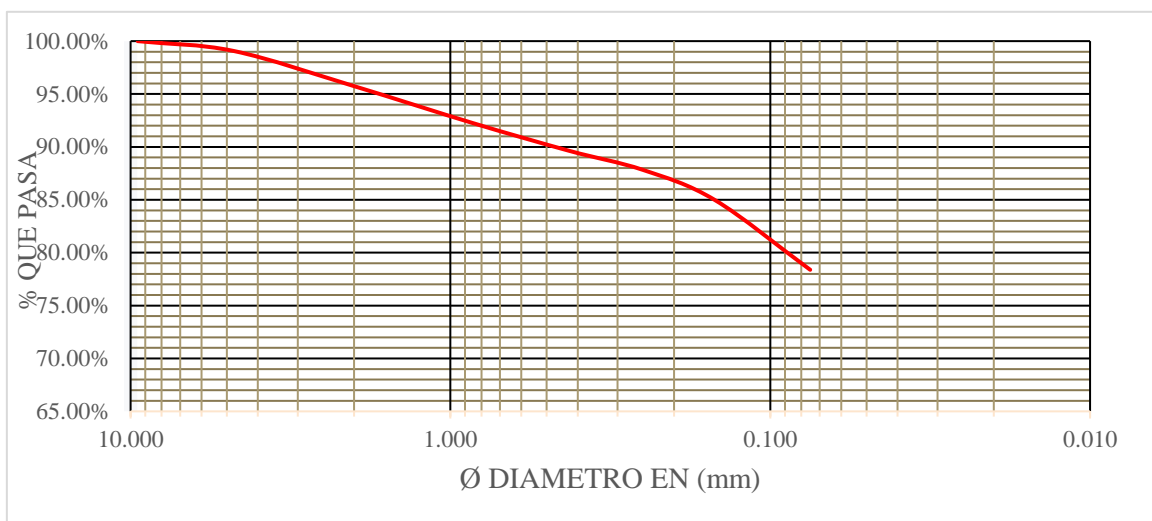
Tamices	Diámetro Ø (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que Pasa (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	%Peso que Pasa
3/4	19.000	0.00	943.22	0.00%	0.00%	100.00%
3/8	9.500	0.00	943.22	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	8.72	934.50	0.92%	0.92%	99.06%
N° 10	2.000	31.32	903.18	3.32%	4.24%	95.74%
N° 20	0.850	32.94	870.24	3.49%	7.74%	92.25%
N° 40	0.425	24.72	845.52	2.62%	10.36%	89.63%
N° 60	0.250	17.00	828.52	1.80%	12.16%	87.83%
N° 100	0.149	26.84	801.68	2.85%	15.01%	84.98%
N° 200	0.075	62.21	739.46	6.60%	21.60%	78.40%
Cazuela		3.56		0.38%	21.98%	
Lavado		735.78		78.01%	100.00%	
Total		943.09				

Grava	0.92%
Arena	20.68%
Finos	78.40%

2.2 ARENA

DATOS

RESULTADOS



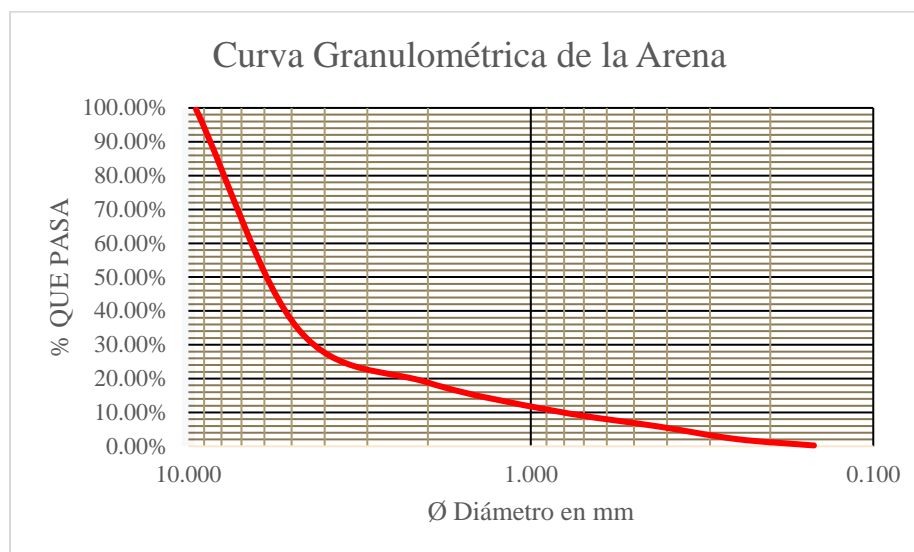
Peso Seco antes de Lavado (gr) 1062.11

Peso Seco después de Lavado (gr) 1062.11

% de Error en Peso en el Tamizado 0.37%

Tamices	Diámetro Ø (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que Pasa (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	%Peso que Pasa
3/4	19.000	0.00	1062.11	0.00%	0.00%	100.00%
3/8	9.500	0.00	1062.11	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	1062.11	0.00%	0.00%	99.63%
N° 10	2.000	693.52	368.59	65.30%	65.30%	34.33%
N° 20	0.850	164.48	204.11	15.49%	80.78%	18.84%
N° 40	0.425	89.28	114.83	8.41%	89.19%	10.44%
N° 60	0.250	48.53	66.30	4.57%	93.76%	5.87%

N° 100	0.149	39.89	26.40	3.76%	97.51%	2.11%
N° 200	0.075	19.77	6.63	1.86%	99.38%	0.25%
Cazuela		2.68		0.25%	99.63%	
Lavado		0.00		0.00%	99.63%	
Total		1058.16				



Grava	0.00%
Arena	99.75%
Finos	0.25%

2.3 ANALISIS GRANULOMETRICO POR HIDOMETRIA DEL SUELO.

DATOS

RESULTADOS

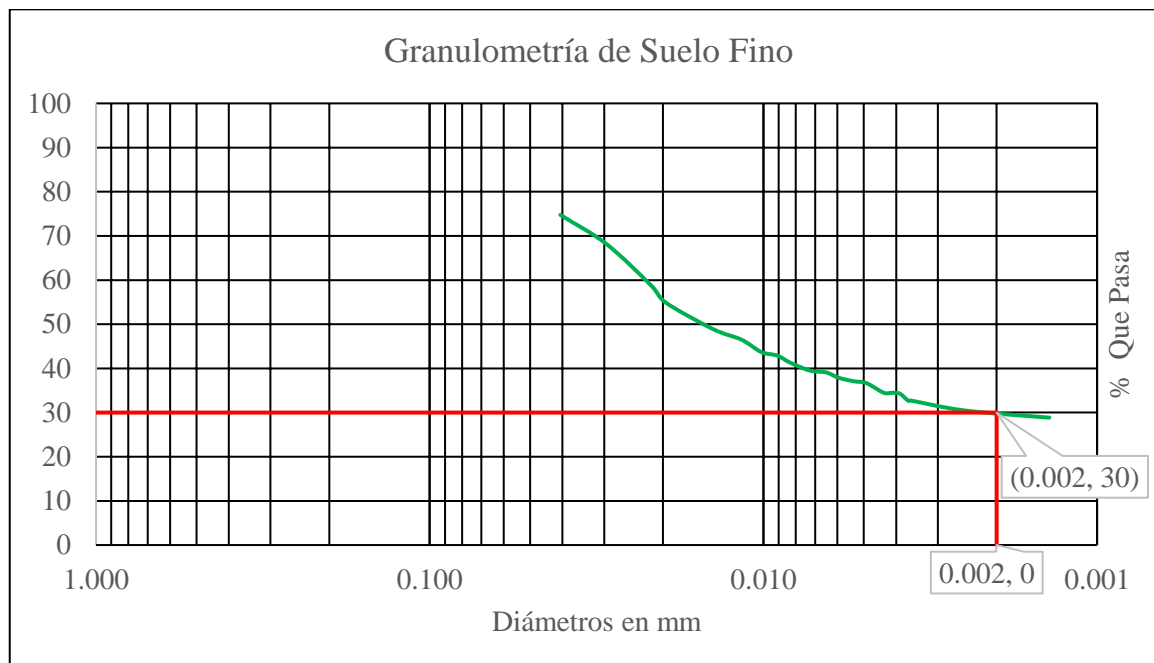
Modelo del Densímetro	152H
N° de Inventario 2019	080147
Lectura entre la Marca de 0 a 60	9.79 cm
L_2 (Altura del bulbo)	
$Area_{probeta}$	13.06 cm
$Volumen_{Bulbo}$	30.19 cm
entonces 1 gr/l	60.00 cm ³
equivale a	
S_s (Gravedad Especifica)	0.16cm
Peso de Muestra	2.64
	50.00 gr

Correcciones por Defloculante, Menisco y Lectura	
$C_{d=7 \text{ gr/l}}$	$C_{m=0.8 \text{ gr/l}}$

Tiempo	Temperatura	Lectura Aparente	Factor de Corrección por Temperatura	Lectura Corregida	L1	L1 cm	Profundidad Efectiva L	K	Diámetro Ø	PMF (%)
t (min)	T (°C)		Ct	Lc	(gr/l)	cm	(cm)		(mm)	
	18.2	44	-0.5	37.3	22.7	3.632	9.168293475	0.01341	0.04060439	74.7716521
2	18.2	40.7	-0.5	34	26	4.16	9.696293475	0.01341	0.02952682	68.1564657
4	18.2	36	-0.5	29.3	30.7	4.912	10.44829347	0.01341	0.02167312	58.7348366
5	18.3	34.1	-0.5	27.4	32.6	5.216	10.75229347	0.01339	0.01963569	54.926093
10	18.4	31	-0.4	24.4	35.6	5.696	11.23229347	0.01337	0.01416986	48.9122872
15	18.6	29.8	-0.4	23.2	36.8	5.888	11.42429347	0.01333	0.0116332	46.5067648
20	18.8	28.3	-0.3	21.8	38.2	6.112	11.64829347	0.01329	0.01014241	43.7003221
25	18.9	27.9	-0.3	21.4	38.6	6.176	11.71229347	0.01327	0.00908284	42.8984814
30	19.1	27.1	-0.3	20.6	39.4	6.304	11.84029347	0.01323	0.00831152	41.2947998
40	19.1	26.2	-0.3	19.7	40.3	6.448	11.98429347	0.01323	0.00724163	39.4906581
50	19.1	26	-0.3	19.5	40.5	6.48	12.01629347	0.01323	0.00648575	39.0897377
60	19	25.4	-0.3	18.9	41.1	6.576	12.11229347	0.01325	0.00595324	37.8869765
75	18.7	25.1	-0.4	18.5	41.5	6.64	12.17629347	0.01331	0.00536297	37.0851358
90	18.5	24.9	-0.4	18.3	41.7	6.672	12.20829347	0.01335	0.00491686	36.6842154
120	17.5	24.1	-0.7	17.2	42.8	6.848	12.38429347	0.01356	0.00435617	34.4791532
135	17.3	24.1	-0.7	17.2	42.8	6.848	12.38429347	0.0136	0.00411915	34.4791532
150	17.5	24	-0.7	17.1	42.9	6.864	12.40029347	0.01356	0.00389879	34.2786931
170	17.5	23.2	-0.7	16.3	43.7	6.992	12.52829347	0.01356	0.00368113	32.6750115
180	17.3	23.2	-0.7	16.3	43.7	6.992	12.52829347	0.0136	0.00358797	32.6750115
380	17.1	22.2	-0.8	15.2	44.8	7.168	12.70429347	0.01365	0.00249584	30.4699494
1335	14.1	22	-1.4	14.4	45.6	7.296	12.83229347	0.01431	0.00140298	28.8662678
1350	14.3	22	-1.4	14.4	45.6	7.296	12.83229347	0.01426	0.00139029	28.8662678

De Granulometría Obtenida por Tamizado	
% Grava	0.92%
% Arena	20.68%
% Limo y Arcilla	78.40%

Muestra de 50 gr	
% de Arcilla	30.47%
% de Limo	69.53%



Porcentajes con respecto del Total de Granulometría	
% Grava	0.92%
% Arena	20.68%
% de Limo	54.51%
% de Arcilla	23.89%
	100.00%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA REGION DEL CUSCO-2022

UNSAAC

ENSAYO: 3. PESO ESPECIFICO RELATIVO DE PARTICULAS SOLIDAS DE SUELO.

INTEGRANTES: CHAUCCA HUAILLAHUAMAN LISBETH
NIRHUAY HUAMAN DAVID RAUL SALOMON

NORMA: NTP 339.131

UBICACIÓN: CUSCO

FECHA: 17/08/2023

CANTIDAD DE MUESTRAS: 05

NOMENCLATURA

Mo: Masa de la muestra seca en gramos (gr)

Ma: Masa del picnómetro + peso del agua en gramos (gr)

Mb: Peso del picnómetro + peso del suelo + peso del agua en gramos (gr)

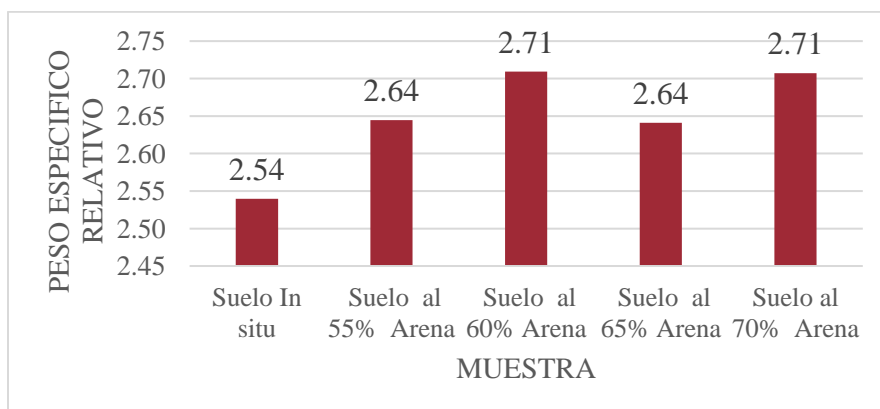
Gs: Peso específico de partículas sólidas del suelo

$$Gs = \text{Peso específico } (Tx/Tx^0C) = \frac{Mo}{Mo + (Ma - Mb)}$$

DATOS

RESULTADOS

MUESTRA	Suelo In situ	Suelo al 55% Arena	Suelo al 60% Arena	Suelo al 65% Arena	Suelo al 70% Arena	
Masa de Suelo Seco	48.46	87.88	85.16	85.54	86.5	gr
Masa del Picnómetro + Agua	676.51	676.36	675.76	676.22	675.58	gr
Masa del Picnómetro + Agua + Suelo Seco	705.89	731.01	729.49	729.37	730.13	gr
Temperatura	20.3	20.2	21.8	22.1	22.9	°C
Peso Específico	2.54	2.64	2.71	2.64	2.71	





FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA REGION DEL CUSCO-2022

UNSAAC

ENSAYO: 4. LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD.

INTEGRANTES: CHAUCCA HUAILLAHUAMAN LISBETH
NIRHUAY HUAMAN DAVID RAUL SALOMON

NORMA: NTP 339.131

UBICACIÓN: CUSCO FECHA: 17/08/2023 CANTIDAD DE MUESTRAS: 05

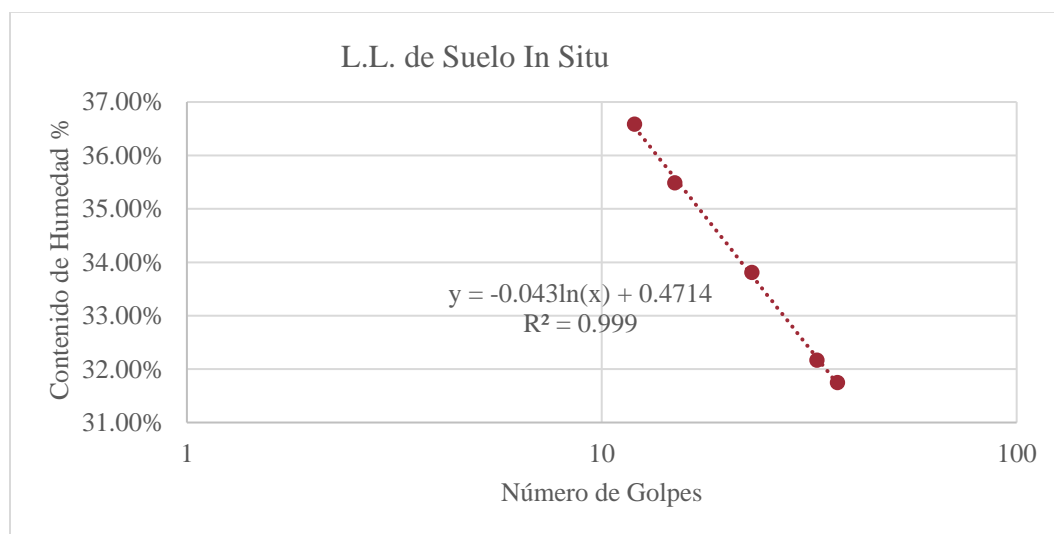
4.1 LIMITE LIQUIDO

DATOS

RESULTADOS

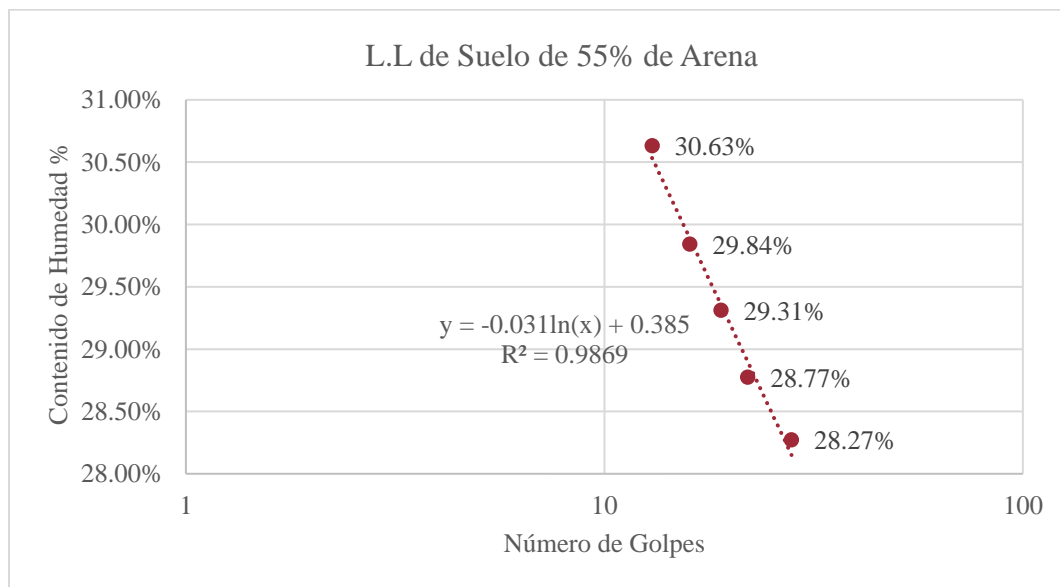
Límite Líquido de Suelo In situ - (LLSN)

N° de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	N° de Golpes	% Contenido de Humedad
1	60.96	63.45	62.85	37	31.75%
2	58.37	60.26	59.8	33	32.17%
3	59.09	61.9	61.19	23	33.81%
4	50.92	53.02	52.47	15	35.48%
5	53.76	56	55.4	12	36.59%
				25	33.30%



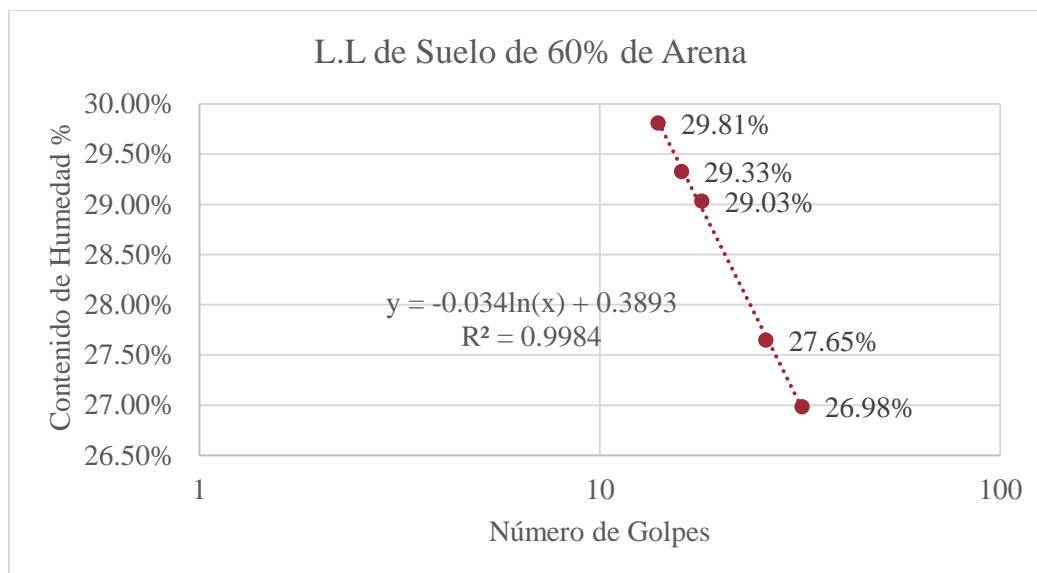
Límite Líquido de Muestra al 55% Arena +45% Limo y Arcilla - (LL55%)

N° de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	N° de Golpes	% Contenido de Humedad
1	60.96	63.41	62.87	28	28.27%
2	58.37	61.1	60.49	22	28.77%
3	59.09	61.34	60.83	19	29.31%
4	50.92	55.01	54.07	16	29.84%
5	53.76	56.66	55.98	13	30.63%
				25	28.52%



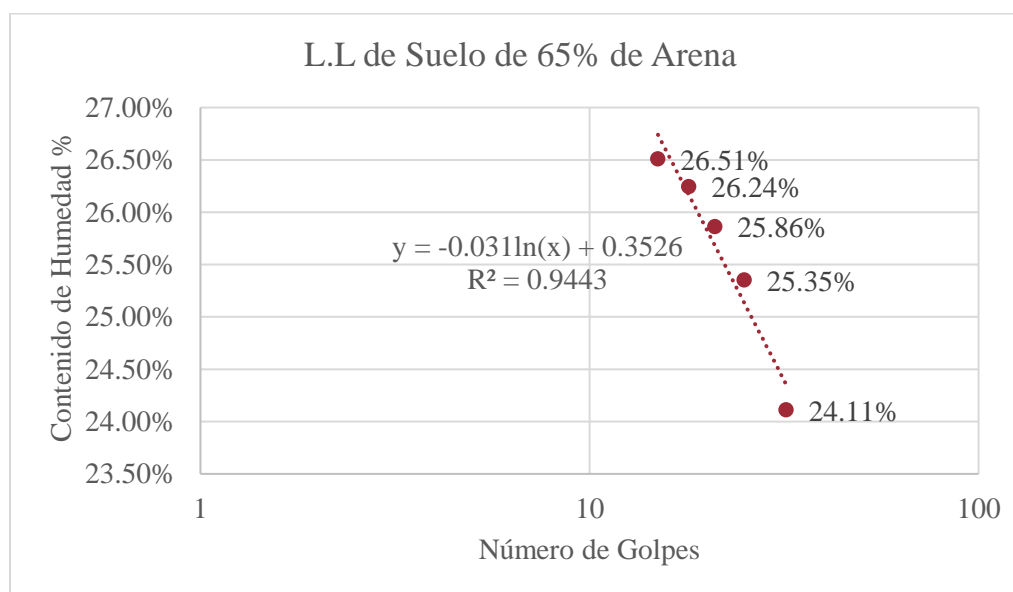
Límite Líquido de Muestra de 60% Arena +40% Limo y Arcilla - (LL60%)

N° de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	N° de Golpes	% Contenido de Humedad
1	61.22	63.62	63.11	32	26.98%
2	58.1	60.27	59.8	26	27.65%
3	57.52	59.12	58.76	18	29.03%
4	57.7	60.39	59.78	16	29.33%
5	57.59	73.31	69.7	14	29.81%
				25	27.99%



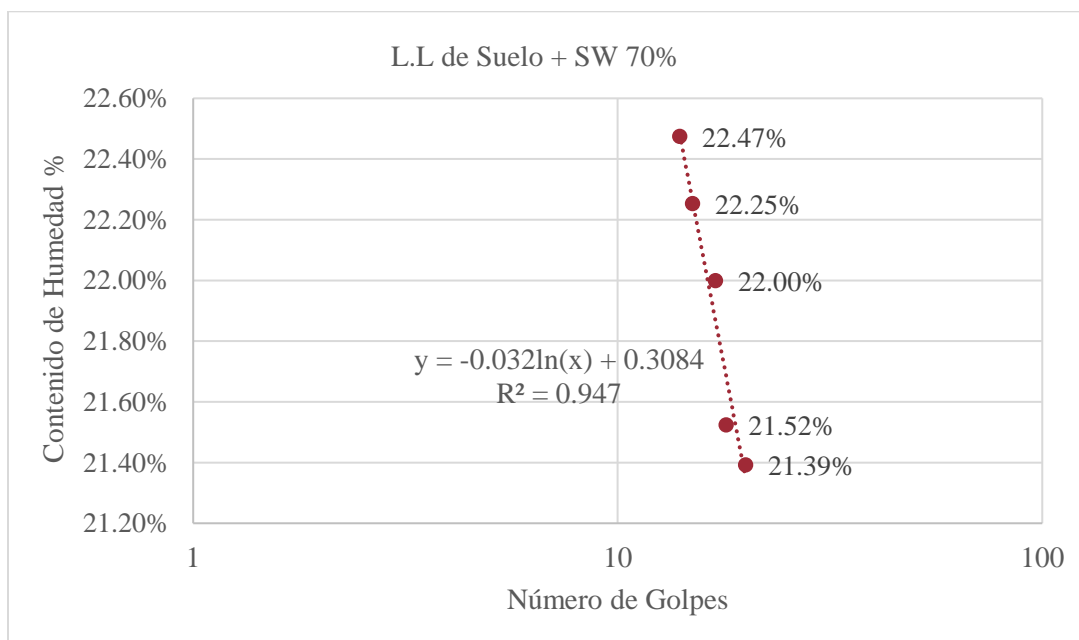
Límite Líquido de Muestra de 65% Arena +35% Limo y Arcilla - (LL65%)

N° de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	N° de Golpes	% Contenido de Humedad
1	64.37	67.51	66.9	32	24.11%
2	57.55	60.22	59.68	25	25.35%
3	61.18	63.37	62.92	21	25.86%
4	58.77	61.56	60.98	18	26.24%
5	61.3	65.07	64.28	15	26.51%
				25	25.28%



Límite Líquido de Muestra de 70% Arena + 30% Limo y Arcilla - (LL70%)

N° de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	N° de Golpes	% Contenido de Humedad
1	59.88	62.32	61.89	20	21.39%
2	61.63	64.34	63.86	18	21.52%
3	56.73	59.78	59.23	17	22.00%
4	59.66	68.23	66.67	15	22.25%
5	60.19	65.04	64.15	14	22.47%
				25	20.54%



4.2 LIMITE PLÁSTICO

Límite Plástico de Suelo In situ - (LPSN)

Tipo de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	% Contenido de Humedad
1	60.96	67.71	66.76	16.38%
2	58.37	65.66	64.65	16.08%
3	59.09	65.89	64.96	15.84%
			Promedio	16.10%

Límite Plástico de Muestra de 55% Arena +45% Limo y Arcilla - (LP55%)

Tipo de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	% Contenido de Humedad
1	62.5	62.96	62.9	15.00%
2	59.03	59.56	59.49	15.22%
3	28.07	28.51	28.45	15.79%
Promedio				15.34%

Límite Plástico de Muestra de 60% Arena +40% Limo y Arcilla - (LP60%)

Tipo de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	% Contenido de Humedad
1	21.88	22.33	22.27	15.38%
2	21.27	21.75	21.69	14.29%
3	58.14	58.77	58.69	14.55%
Promedio				14.74%

Límite Plástico de Muestra de 65% Arena +35% Limo y Arcilla - (LP65%)

Tipo de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra Húmeda (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	% Contenido de Humedad
1	22.21	22.83	22.75	14.81%
2	22.22	22.94	22.85	14.29%
3	23.09	23.81	23.72	14.29%
Promedio				14.46%

Límite Plástico de Muestra de 70% Arena +30% Limo y Arcilla - (LP70%)

Tipo de Muestra	Peso Cápsula (gr)	Peso Cápsula + Muestra humedad (gr)	Peso Cápsula + Muestra Seca (gr)	% Contenido de Humedad
1	58.72	59.71	59.59	13.79%
2	61.98	62.87	62.76	14.10%
Promedio				13.95%

4.3 ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Nombre de la Muestra	Límite líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
Suelo In Situ - (LPSN)	33.30	16.10	17.20
Suelo de 55% Arena	28.52	15.34	13.19
Suelo de 60% Arena	27.99	14.74	13.25
Suelo de 65% Arena	25.28	14.46	10.82
Suelo de 70% Arena	20.54	13.95	6.59

4.4 CLASIFICACIÓN SUSC

DATOS DE MUESTRA DE SUELO IN SITU

GRANULOMETRIA:

% DE GRUESOS 0.00%

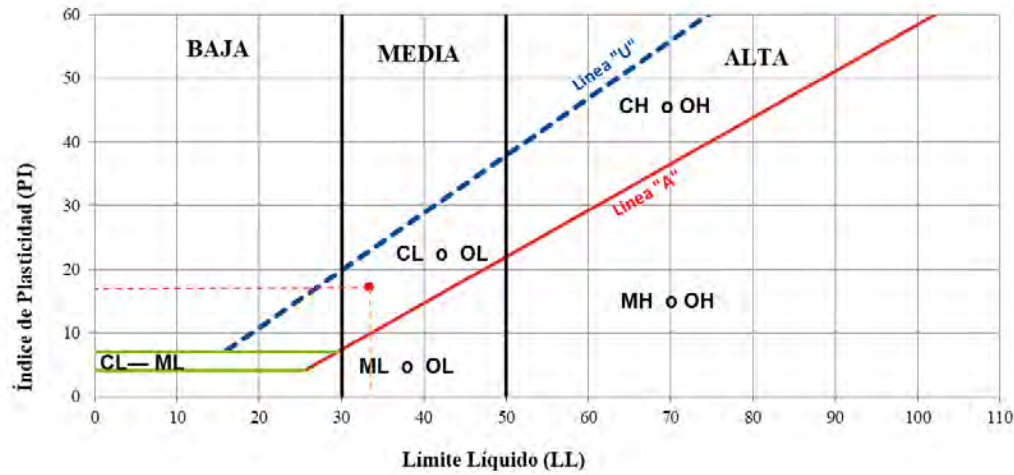
% DE FINOS 0.00%

LIMITES DE CONSISTENCIA

LL 33.30

LP 16.10

IP 17.20



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO (SUCS)						
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 4$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.	
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 4$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	GP	Gravas mal graduada.	
	Gravas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad		GM	Gravas limosas.	
		IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad		GC	Gravas arcillosas.	
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 6$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	SW	Arenas bien graduada.	
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 6$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	SP	Arenas mal graduada.	
		Arenas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.		SM	Arenas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.		SC	Arenas arcillosas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	PI > 7 , Grafico en o por encima de línea "A"		CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
			PI < 4 , Grafico por debajo de línea "A"		ML	Limos de baja plasticidad.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.
			Grafico PI en o por encima de línea "A"		CH	Arcillas de alta plasticidad.
		Inorgánico	Grafico PI por debajo de línea "A"		MH	Limo de alta plasticidad
			(LL secado/LL no secado) < 0.75		OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica.
Suelos muy orgánicos.				PT	Turba.	

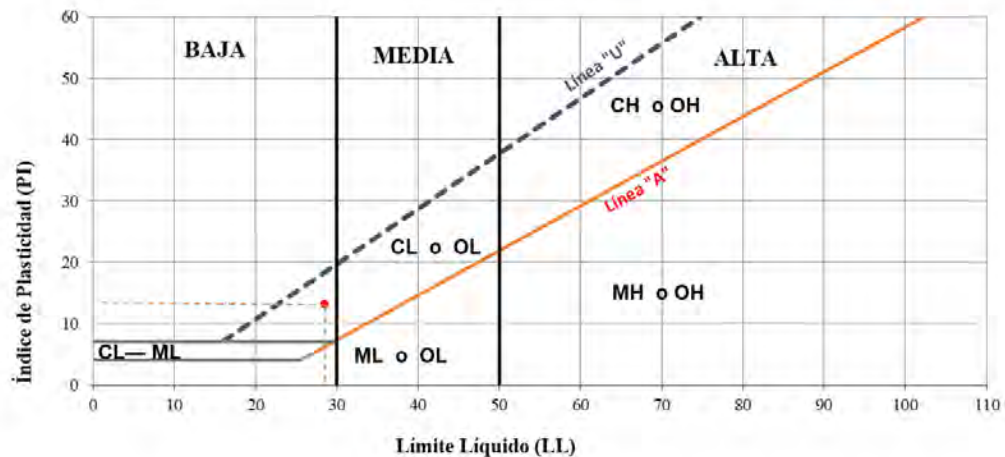
DAT. MUESTRA 55% Arena +45% Limo y Arcilla

GRANULOMETRIA:

% DE GRUESOS	55.52
% DE FINOS	44.32
% GRAVA	0.52
% ARENA	55.00
% FINOS	44.32

LIMITES DE CONSISTENCIA

LL	28.52
LP	13.19
IP	15.34



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO (SUCS)					
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 4$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 4$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	GP	Gravas mal graduada.
		Gravas con finos Más de 12% finos	$IP < 4$, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad	GM	Gravas limosas.
			$IP > 7$, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad	GC	Gravas arcillosas.
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 6$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	SW	Arenas bien graduada.
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 6$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	SP	Arenas mal graduada.
		Arenas con finos Más de 12% finos	$IP < 4$, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.	SM	Arenas limosas.
			$IP > 7$, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.	SC	Arenas arcillosas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	$PI > 7$, Grafico en o por encima de línea "A"	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
			$PI < 4$, Grafico por debajo de línea "A"	ML	Limos de baja plasticidad.
		orgánico	$(LL \text{ secado}/LL \text{ no secado}) < 0.75$	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	Inorgánico	Grafico PI en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad
			Grafico PI por debajo de línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		orgánico	$(LL \text{ secado}/LL \text{ no secado}) < 0.75$	OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica
Suelos muy orgánicos				PT	Turba

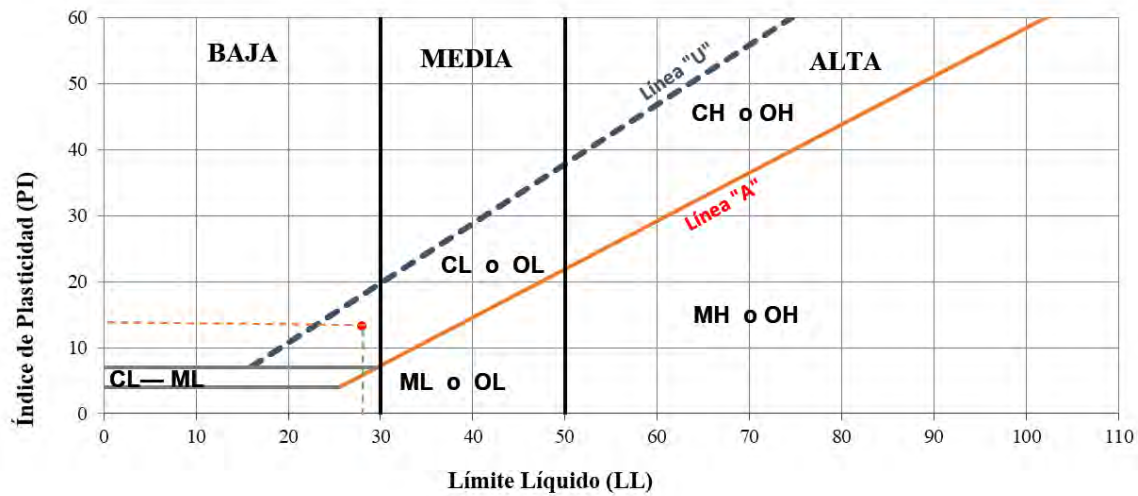
DAT.DE MUESTRA 60% Arena +40% Limo y Arcilla

GRANULOMETRIA:

% DE GRUESOS	60.46
% DE FINOS	39.35
% GRAVA	0.46
% ARENA	60.00
% FINOS	39.35

LIMITES DE CONSISTENCIA

LL	27.99
LP	14.74
IP	13.25



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO (SUCS)					
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 4$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 4$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	GP	Gravas mal graduada.
		Gravas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad	GM	Gravas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad	GC	Gravas arcillosas.
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10} \geq 6$ y $1 \leq Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	SW	Arenas bien graduada.
			$Cu=D_{60}/D_{10} < 6$ y/o $1 > Cc.=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	SP	Arenas mal graduada.
		Arenas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.	SM	Arenas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.	SC	Arenas arcillosas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	PI >7 , Grafico en o por encima de línea "A"	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
			PI < 4 , Grafico por debajo de línea "A"	ML	Limos de baja plasticidad.
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	Inorgánico	Grafico PI en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad
			Grafico PI por debajo de línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica
Suelos muy orgánicos				PT	Turba

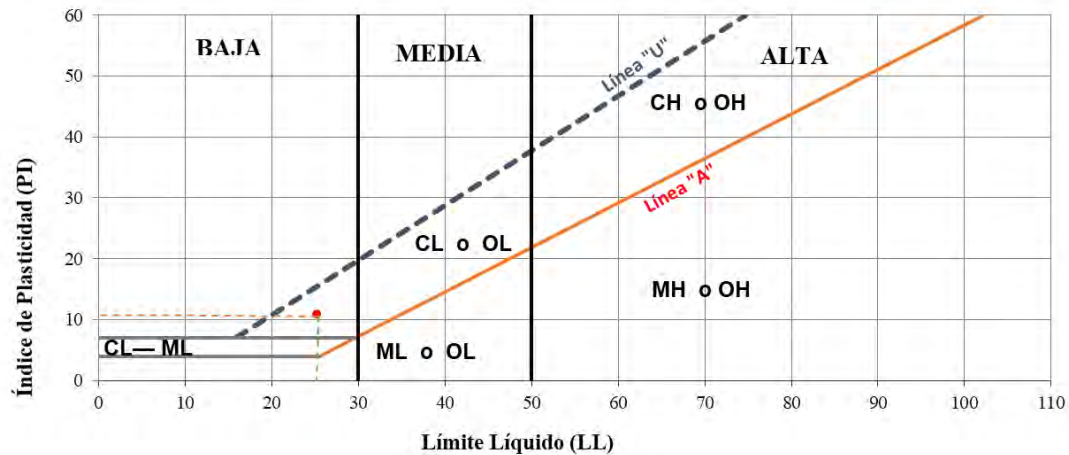
**DAT. DE MUESTRA DE 65% Arena
+35% Limo y Arcilla**

GRANULOMETRIA:

% DE GRUESOS	65.40
% DE FINOS	34.39
% GRAVA	0.40
% ARENA	65.00
% FINOS	34.39

LIMITES DE CONSISTENCIA

LL	25.28
LP	14.46
IP	10.82



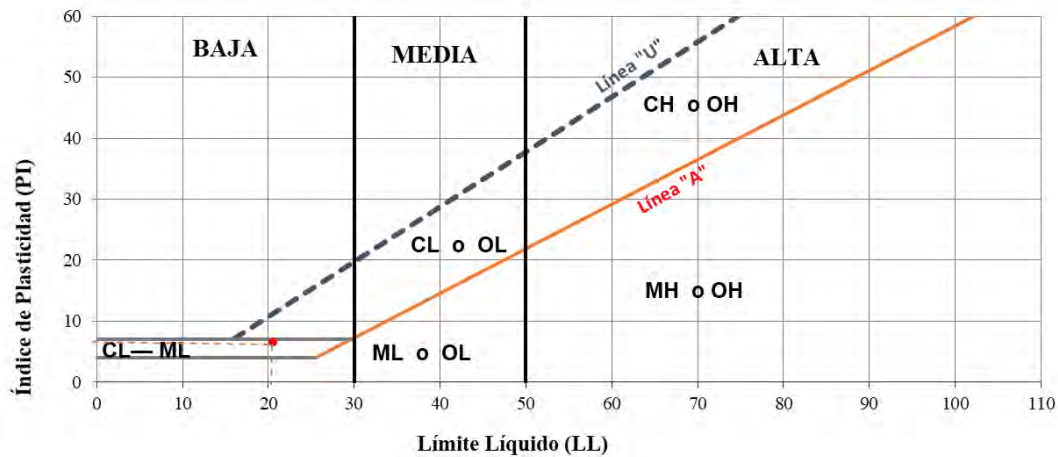
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO (SUCS)					
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10}\geq 4$ y $1\leq Cc=(D_{30})^2/D_{10}\times D_{60}\leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.
			$Cu=D_{60}/D_{10}<4$ y/o $1>Cc.=(D_{30})^2/D_{10}\times D_{60}>3$	GP	Gravas mal graduada.
		Gravas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad	GM	Gravas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad	GC	Gravas arcillosas.
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos	$Cu=D_{60}/D_{10}\geq 6$ y $1\leq Cc=(D_{30})^2/D_{10}\times D_{60}\leq 3$	SW	Arenas bien graduada.
			$Cu=D_{60}/D_{10}<6$ y/o $1>Cc.=(D_{30})^2/D_{10}\times D_{60}>3$	SP	Arenas mal graduada.
		Arenas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.	SM	Arenas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.	SC	Arenas arcillosas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	PI >7 , Grafico en o por encima de línea "A"	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
			PI < 4 , Grafico por debajo de línea "A"	ML	Limos de baja plasticidad.
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	Inorgánico	Grafico PI en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad
			Grafico PI por debajo de línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica
Suelos muy orgánicos				PT	Turba

**DAT. DE MUESTRA 70% Arena
+30% Limo y Arcilla**

GRANULOMETRIA:

200

% DE GRUESOS	70.35
% DE FINOS	29.42
% GRAVA	0.34
% ARENA	70.00
% FINOS	29.42
LIMITES DE CONSISTENCIA	
LL	20.54
LP	13.95
IP	6.59



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO (SUCS)

SUELOS DE GRANO GRUESO Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	GRAVAS Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias Menos de 5% finos	$Cu = D_{60}/D_{10} \geq 4$ y $1 \leq Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$	GW	Gravas, bien graduadas.	
			$Cu = D_{60}/D_{10} < 4$ y/o $1 > Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$	GP	Gravas mal graduada.	
		Gravas con finos Más de 12% finos	IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad		GM	Gravas limosas.
			IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad		GC	Gravas arcillosas.
	ARENAS 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias Menos de 5% finos	$Cu = D_{60}/D_{10} \geq 6$ y $1 \leq Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \leq 3$		SW	Arenas bien graduada.
			$Cu = D_{60}/D_{10} < 6$ y/o $1 > Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} > 3$		SP	Arenas mal graduada.
Arenas con finos Más de 12% finos		IP<4, Límites de Atterberg debajo de la línea A en la carta de plasticidad.		SM	Arenas limosas.	
		IP>7, Límites de Atterberg sobre la línea A en la carta de plasticidad.		SC	Arenas arcillosas.	
SUELOS DE GRANO FINO 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	Inorgánico	PI > 7 , Grafico en o por encima de línea "A"	CL	Arcillas inorgánicas de baja plasticidad.	
			PI < 4 , Grafico por debajo de línea "A"	ML	Limos de baja plasticidad.	
	orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas.		
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	Inorgánico	Grafico PI en o por encima de línea "A"	CH	Arcillas de alta plasticidad.	
			Grafico PI por debajo de línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad.	
		orgánico	(LL secado/LL no secado) < 0.75	OH	Limo orgánico - Arcilla orgánica.	
Suelos muy orgánicos				PT	Turba.	

PANEL FOTOGRÁFICO

	
<p>Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (suelo in situ).</p>	<p>Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (arena).</p>
	
<p>Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (arena).</p>	<p>Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (suelo in situ).</p>
	
<p>Ensayo de análisis granulométrico por Hidrometría.</p>	<p>Ensayo de análisis granulométrico por Hidrometría.</p>



Ensayo de limites de consistencia.



Ensayo de compresion de unidad de adobe.



Ensayo de compresion de unidades de adobe



Ensayo de compresion de unidades de adobe



Preparacion de muestras para ensayo de compresion de unidades



Ensayo de compresion de cubos de adobe

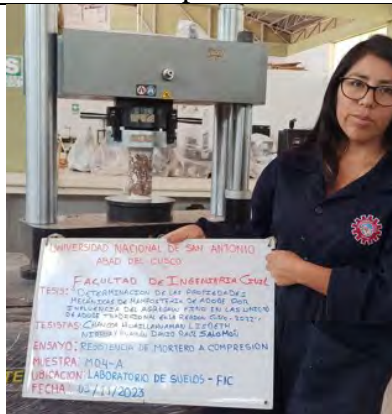
	
<p>Ensayo de compresion de cubos de adobe</p>	<p>Ensayo de compresion de cubos de adobe</p>
	
<p>Ensayo de compresion de cubos de adobe</p>	<p>Muestras al finalizar el Ensayo de compresion de cubos de adobe</p>
	
<p>Preparación de testigos cilíndricos de barro para Ensayo de resistencia del material tierra a tracción.</p>	<p>Ensayo de resistencia del material tierra a tracción en testigos cilíndricos de barro.</p>



Preparación de testigos cilíndricos de mortero para Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión.



Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión en testigos cilíndricos de mortero.



Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión en testigos cilíndricos de mortero



Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión en testigos cilíndricos de mortero



Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión en testigos cilíndricos de mortero



Ensayo Resistencia del Mortero a Compresión en testigos cilíndricos de mortero



Ensayo de Resistencia de mortero a tracción



Ensayo de Resistencia de mortero a tracción



Ensayo de Resistencia de mortero a tracción



Ensayo de Resistencia de mortero a tracción



Resistencia a la tracción o flexión en unidades.



Resistencia a la tracción o flexión en unidades.



Resistencia a la tracción o flexión en unidades.



Resistencia a la tracción o flexión en unidades.



Esfuerzo de adherencia de los ladrillos
cerámicos y el mortero de las juntas.



Esfuerzo de adherencia de los ladrillos
cerámicos y el mortero de las juntas.



Esfuerzo de adherencia de los ladrillos
cerámicos y el mortero de las juntas.



Esfuerzo de adherencia de los ladrillos
cerámicos y el mortero de las juntas.



Compresión diagonal o tracción indirecta



Compresión diagonal o tracción indirecta



Compresión diagonal o tracción indirecta



Compresión diagonal o tracción indirecta



Compresión diagonal o tracción indirecta



Compresión diagonal o tracción indirecta



**CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

HACE CONSTAR:

Que los tesisas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. **LISBETH CHAUCCA HUAILLAHUAMAN** y Bach. **DAVID RAUL SALOMON NIRHUAY HUAMAN**, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: “**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MAMPOSTERÍA DE ADOBE POR INFLUENCIA DEL AGREGADO FINO EN LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL EN LA REGION DEL CUSCO-2022**”.

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado	NTP 339.185	05
02	Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012	02
03	Determinar el peso específico relativo de las partículas de un suelo	NTP 339.131	05
04	Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos	NTP 339.129	05
05	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Resistencia a la compresión en unidades	E.080	20
06	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Resistencia a la compresión en cubos	E.080	20
07	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Resistencia del material tierra a tracción	E.080	20
08	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Resistencia del mortero a la compresión	E.080	04
09	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Resistencia del mortero a la tracción	E.080	20
10	Resistencia a la tracción o flexión en unidades	ASTM C-67	20
11	Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas	NMX-C-082-1974	15
12	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial	E.080	20
13	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA; Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta	E.080	20

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.

Cusco, 17 de setiembre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
Jefe de Laboratorio