

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para
mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Vásquez Ramírez, Noé Melquiades (orcid.org/0000-0002-0808-9500)

Bach. Estrada Ayala, Xiomara Lesly (orcid.org/0009-0003-5077-6990)

Asesor:

Dr. Ing. León Bobadilla, Abner Itamar

DNI. N° 32942184

orcid.org/0000-0003-2949-6591

Nuevo Chimbote – Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para
mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

REVISADO Y APROBADO POR:

Dr. Ing. León Bobadilla, Abner Itamar

Asesor

DNI. N° 32942184

ORCID: 0000-0003-2949-6591

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para
mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

Ms. Ing. Julio César Rivasplata Díaz

Presidente

DNI. N° 32770844

ORCID 0000-0002-4180-9362

Ms. Ing. Luz Esther Álvarez Asto

Secretaria

DNI. N° 32968961

ORCID 0000-0001-9050-761

Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

Integrante

DNI. N° 32942184

ORCID 0000-0003-2949-6591

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 17 días del mes de septiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 17: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 204-2024-UNS-CFI, con fecha 30.04.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 556-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022", presentado por los Bachilleres: VÁSQUEZ RAMÍREZ NOÉ MELQUIADES con cód. N° 0201413055 y ESTRADA AYALA XIOMARA LESLY con cód. 0201413019, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 406 -2022-UNS-FI, de fecha 12.07.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VÁSQUEZ RAMÍREZ NOÉ MELQUIADES	16	REGULAR

Siendo las 18.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 17 de septiembre de 2024.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria


Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 17 días del mes de septiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 17: 00 horas, en el Laboratorio de Topografía, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 204-2024-UNS-CFI, con fecha 30.04.2024, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario) en base a la Resolución Decanal N° 556-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022", presentado por los Bachilleres: VÁSQUEZ RAMÍREZ NOÉ MELQUIADES con cód. N° 0201413055 y ESTRADA AYALA XIOMARA LESLY con cód. 0201413019, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 406 -2022-UNS-FI, de fecha 12.07.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ESTRADA AYALA XIOMARA LESLY	16	REGULAR

Siendo las 18.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 17 de septiembre de 2024.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante




Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Noe Melquiades Vasquez Ramirez
Título del ejercicio:	TESIS VÁSQUEZ Y ESTRADA
Título de la entrega:	Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar...
Nombre del archivo:	TESIS_VÁSQUEZ_ESTRADA.pdf
Tamaño del archivo:	10.47M
Total páginas:	215
Total de palabras:	38,151
Total de caracteres:	204,596
Fecha de entrega:	04-oct.-2024 01:09a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega...	2474624545

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 **UNS**
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para
mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:
Bach. Vásquez Ramírez, Noé Melquiades (orcid.org/0000-0002-0808-9500)
Bach. Estrada Ayala, Xiomara Lesly (orcid.org/0009-0003-5077-6990)

Asesor:
Dr. Ing. León Bobadilla, Abner Itamar
DNI. N° 32942184
orcid.org/0000-0003-2949-6591

Nuevo Chimbote - Perú
2024

Optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

10%

2

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

DEDICATORIA

A mi amado, mi Señor Jesucristo, quien me ha dado vida y me ha rescatado de la oscuridad más tenebrosa a la luz más radiante, que mi vida sea para glorificar tu nombre mi Dios.

A mi madre Domitila Ayala, por su amor y confianza, a cada uno de mis hermanos por su paciencia y apoyo incondicional durante todos estos años. Y a mis amigos por su aporte brindado para poder alcanzar este propósito en mi vida.

BACH. ESTRADA AYALA XIOMARA LESLY

A nuestro Padre celestial, por su eterno amor y brindarme conocimiento, sabiduría, comprensión en el desarrollo de esta investigación, llevándome por el buen camino del saber.

Para mi madre Felipa Ramírez, agradeciendo a Dios por brindarme una linda mamá, quien siempre me brinda su inmenso amor, cariño, formación, apoyo incondicional, comprensión y confianza. A ella le dedico todo lo que soy y llegaré a alcanzar.

A ti “Mi Deyla”, porque a través de todo tu amor y cariño que depositas en mí, me brindas las fuerzas necesarias para culminar este informe final. Ahora sí compartiremos mucho más tiempo, junto a nuestros adorables amores.

A mis hermanos a quienes quiero muchísimo, por estar siempre a mi lado, brindarme su cariño y confiar en mí.

BACH. VÁSQUEZ RAMÍREZ NOÉ MELQUIADES

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, salud, su gracia, fortaleza y paz que nos brinda en todo momento, la ayuda y victoria en cada uno de nuestros pasos y en esta investigación.

A cada uno de nuestros padres y hermanos por su incondicional apoyo, sus palabras de aliento, motivación, paciencia y respaldo.

A nuestro asesor el Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla, por su asesoramiento constante, valiosa orientación, paciencia, apoyo incondicional y moral.

A cada uno de nuestros docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil por sus enseñanzas y motivaciones, a la Universidad Nacional del Santa por aportar en la formación de nuestra carrera profesional.

A nuestros amigos y conocidos que han contribuido en el progreso y culminación de la investigación presente.

LOS AUTORES

Índice de contenido

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN.....	25
ABSTRACT	26
1. INTRODUCCIÓN	28
1.1. Descripción	28
1.2. Formulación del problema	29
1.2.1. Problema general	30
1.2.2. Problemas específicos	30
1.3. Objetivos.....	30
1.3.1. Objetivo principal	30
1.3.2. Objetivos específicos	31
1.4. Formulación de la hipótesis	31
1.5. Justificación e importancia	31
1.6. Limitaciones del trabajo.....	32
MARCO TEÓRICO.....	33
2. MARCO TEÓRICO.....	34
2.1. Antecedentes	34
2.1.1. Internacional	34
2.1.2. Nacional	35

2.1.3. Regional	36
2.1.4. Local	37
2.2. Marco conceptual	38
2.2.1. Adobe.....	38
2.2.1.1. Definición.	38
2.2.1.2. Construcción de viviendas de adobe en la actualidad.....	39
2.2.1.3. Tipos de adobe	41
2.2.1.3.1. Adobe compactado.....	41
2.2.1.3.2. Adobe estabilizado.....	41
2.2.1.3.3. Adobe semi estabilizado..	41
2.2.1.3.4. Adobe no estabilizado.....	41
2.2.1.4. Componentes del Adobe.....	42
2.2.1.4.1. Arcilla.	42
2.2.1.4.2. Limo.....	43
2.2.1.4.3. Arena.....	43
2.2.1.4.4. Agua.....	43
2.2.1.5. Ventajas del adobe.....	44
2.2.1.6. Desventajas del adobe.....	45
2.2.1.7. Propiedades de adobe.....	46
2.2.1.7.1. Propiedades mecánicas	46
2.2.1.7.2. Propiedades físicas.....	47

2.2.1.8. Tipos de estabilizaciones.	49
2.2.1.8.1. Estabilización física.	49
2.2.1.8.2. Estabilización mecánica.....	50
2.2.1.8.3. Estabilización química.	50
2.2.1.9. Materiales estabilizadores	51
2.2.1.9.1. Según el origen natural..	51
2.2.1.9.2. De origen mineral.	51
2.2.1.9.3. De origen sintético.	51
2.2.1.10. Normativa del adobe.	52
2.2.1.10.1. Normativa Local..	52
2.2.2. Fibra de bagazo de caña de azúcar.....	54
2.2.2.1. Composición química del BCA.	56
2.2.2.2. Características físicas del BCA.....	57
2.2.2.3. Aplicaciones del BCA.....	59
2.2.2.4. Aplicaciones generales.....	59
2.2.2.5. Aplicaciones constructivas.....	59
2.2.2.6. Ventajas en la utilización de BCA.	61
2.2.2.7. Estabilizador natural para adobe encontrado en el CC.PP. Cascajal Bajo.	62
2.2.3. Ensayos de laboratorio	62
2.2.3.1. Ensayos para determinar la composición del suelo.	62
2.2.3.1.1. Prueba granulométrica.	62

2.2.3.1.2. Prueba de color..	63
2.2.3.1.3. Prueba dental.....	64
2.2.3.1.4. Prueba olfativa.	64
2.2.3.1.5. Prueba del brillo.	64
2.2.3.1.6. Prueba de lavado.....	65
2.2.3.1.7. Prueba de cinta de barro.....	66
2.2.3.1.8. Prueba de plasticidad (prueba del rollo).	66
2.2.3.1.9. Prueba de la resistencia seca.	67
2.2.3.2. Ensayos para determinar la composición del suelo	68
2.2.3.2.1. Contenido de humedad.	68
2.2.3.2.2. Límites de consistencia.	69
2.2.3.2.3. Granulometría.	72
2.2.3.2.4. Clasificación de suelos.....	75
2.2.3.3. Proceso de elaboración de adobe	76
2.2.3.3.1. Dimensionamiento.	76
2.2.3.3.2. Extracción de la tierra.	78
2.2.3.3.3. Hidratación y mezclado de la tierra.	78
2.2.3.3.4. Moldeado.	79
2.2.3.3.5. Secado y almacenamiento.....	80
2.2.3.3.6. Control de calidad.	80
2.2.3.4. Ensayos para determinar las propiedades del adobe.....	81

2.2.3.4.1. resistencia a la compresión.	81
2.2.3.4.2. Ensayo de resistencia a la tracción.....	82
2.2.3.4.3. Ensayo de variación dimensional.....	83
2.2.3.4.4. Ensayo de alabeo.....	84
2.2.3.4.5. Ensayo de absorción.	85
2.2.3.4.6. Ensayo de succión.....	86
3. METODOLOGÍA	88
3.1. Enfoque de la investigación.	88
3.2. Tipo de investigación.....	88
3.3. Nivel de investigación.....	89
3.4. Diseño de la investigación.	89
3.4.1. Población.....	91
3.4.2. Muestra	91
3.5. Unidad de análisis.	92
3.5.1. Ubicación	92
3.5.2. Fibra de bagazo de caña de azúcar (BCA).....	93
3.6. Operacionalización de variables de estudio	93
3.6.1. Variable dependiente.	93
3.6.1.1. Definición conceptual.	93
3.6.1.2. Definición operacional.....	94
3.6.2. Variable independiente.	95

3.6.2.1. Definición conceptual.	95
3.6.2.2. Definición operacional.	95
3.7. Técnica e instrumento de recolección de datos.....	95
3.8. Técnicas de análisis de resultados.....	96
3.9. Pruebas de control y recolección de datos en campo y laboratorio	96
3.9.1. Pruebas de campo para reconocer la calidad del suelo	96
3.9.1.1. Prueba de color..	96
3.9.1.2. Prueba olfativa..	97
3.9.1.3. Prueba dental.....	97
3.9.1.4. Prueba de brillo.	98
3.9.1.5. Prueba granulométrica.	98
3.9.1.6. Prueba cinta de barro..	99
3.4.1.3. Prueba de plasticidad.	100
3.4.1.4. Prueba resistencia seca.....	101
3.9.2. Ensayos del suelo en el laboratorio.....	102
3.9.2.1. Ensayo de granulometría por tamizado.....	102
3.9.2.2. Ensayo de contenido de humedad.....	102
3.9.2.3. Límites de atterberg	103
3.9.2.3.1. Ensayo del límite liquido (LL).	103
3.9.2.3.2. Ensayo de limite plástico (LP).....	103
3.10. Preparación de los bloques de adobe	103

3.10.1. Adobe con 0.00 % de fibra de BCA	103
3.10.1.1. Materiales.....	103
3.10.1.2. Procedimiento	104
3.10.1.2.1. Elección del área donde se extraerá la tierra.....	104
3.10.1.2.2. Dimensionamiento.	105
3.10.1.2.3. Preparación del barro.	105
3.10.1.2.4. Mezclado.....	107
3.10.1.2.5. Dormido.	108
3.10.1.2.6. Moldeo.	108
3.10.1.2.7. Secado.....	109
3.10.1.2.8. Control de calidad.....	109
3.10.2. Adobe estabilizado naturalmente con fibra de BCA.....	110
3.10.2.1. Equipos y materiales.	110
3.10.2.2. Procedimiento.	110
3.10.2.2.1. Dosificación de materiales.....	110
3.10.2.2.2. Mezclado.....	112
3.10.2.2.3. Dormido.	113
3.10.2.2.4. Moldeado y Secado.....	113
3.10.2.2.5. Control de calidad.....	114
3.11. Ensayos de laboratorio.....	115
3.11.1. Resistencia a la compresión.	115

3.11.2. Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral.....	118
3.11.3. Variación dimensional.	120
3.11.4. Alabeo.....	123
3.11.5. Succión.....	125
3.11.6. Absorción.....	128
4.RESUTADOS Y DISCUSIÓN.....	131
4.1. Resultados del suelo.....	131
4.1.1. Sectorización.....	131
4.2. Resultados de prueba de campo.....	132
4.3. Resultados de los ensayos de suelo en el laboratorio.	133
4.4. Resultados de los ensayos de las unidades de adobe en laboratorio.....	134
4.4.1. Resultado de la resistencia a la compresión.....	134
4.4.2. Resultados de la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral	135
4.4.3. Resultados de la variación dimensional.....	136
4.4.4. Resultados del alabeo.....	138
4.4.5. Resultados del ensayo de succión.....	139
4.4.6. Resultados de la prueba de absorción	139
4.5. Prueba de hipótesis	141
4.5.1. Primera prueba de hipótesis específica.....	141
4.5.2. Segunda prueba de hipótesis específica.....	144
4.5.3. Tercera Prueba de hipótesis específica.....	146

4.5.3.1. Variación dimensional	146
4.5.3.2. Alabeo	150
4.5.3.3. Succión.....	154
4.5.3.4. Absorción.....	157
4.5.4. Evaluación de hipótesis general.....	159
4.6. Discusiones	161
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	165
5.1. CONCLUSIONES	165
5.2. RECOMENDACIONES.....	167
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
Referencias Bibliográficas	169
7. ANEXOS	176

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Composición química del BCA</i>	56
Tabla 2	<i>Propiedades fisicoquímicas medidas del BCI y del BCA</i>	58
Tabla 3	<i>Juego de tamices</i>	73
Tabla 4	<i>Dimensiones de adobes estabilizados</i>	77
Tabla 5	<i>Cantidad total de muestras para los ensayos de laboratorio</i>	92
Tabla 6	<i>Ubicación de las calicatas CC.PP Cascajal Bajo anexo la cuadra</i>	92
Tabla 7	<i>Recolección de datos de la prueba de color</i>	97
Tabla 8	<i>Recolección de datos de prueba olfativa</i>	97
Tabla 9	<i>Recolección de datos de la prueba dental</i>	98
Tabla 10	<i>Recolección de datos prueba de brillo</i>	98
Tabla 11	<i>Recolección de datos de la prueba granulométrica</i>	99
Tabla 12	<i>Recolección de datos de la prueba cinta de barro</i>	100
Tabla 13	<i>Recolección de datos de la prueba de plasticidad</i>	101
Tabla 14	<i>Recolección de datos de la prueba resistencia seca</i>	101
Tabla 15	<i>Peso de las muestras para prueba</i>	106
Tabla 16	<i>Dosificación de los materiales para las muestras sin fibra de BCA</i>	106
Tabla 17	<i>Dosificación de materiales para muestras con adición de 0.25% de fibra de BCA</i>	110
Tabla 18	<i>Dosificación de materiales con incorporación del 0.50% de fibra de BCA</i>	110

Tabla 19	<i>Dosificación de materiales con incorporación del 0.75% de fibra de BCA</i>	111
Tabla 20	<i>Cantidad de fibra a incorporar en las muestras de adobe en sus distintos porcentajes</i>	111
Tabla 21	<i>Dosificación de suelo y agua para los porcentajes a incorporarse de fibra de BCA.....</i>	111
Tabla 22	<i>Datos de la resistencia a la compresión de los adobes sin adición de fibra de BCA.....</i>	116
Tabla 23	<i>Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.25% de fibra de BCA.....</i>	116
Tabla 24	<i>Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.50% de fibra de BCA.....</i>	117
Tabla 25	<i>Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.75% de fibra de BCA.....</i>	117
Tabla 26	<i>Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades con 0.00% de fibra de BCA</i>	118
Tabla 27	<i>Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA.....</i>	119
Tabla 28	<i>Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA.....</i>	119
Tabla 29	<i>Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA.....</i>	120

Tabla 30	<i>Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA</i>	121
Tabla 31	<i>Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA</i>	121
Tabla 32	<i>Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA</i>	122
Tabla 33	<i>Datos de la prueba de variación dimensional en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA</i>	122
Tabla 34	<i>Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA</i>	123
Tabla 35	<i>Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA</i>	124
Tabla 36	<i>Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA</i>	124
Tabla 37	<i>Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA</i>	125
Tabla 38	<i>Datos del ensayo de succión de las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA</i>	126
Tabla 39	<i>Datos del ensayo de succión en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA</i>	126
Tabla 40	<i>Datos del ensayo de succión de las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA</i>	127

Tabla 41	<i>Datos del ensayo de succión en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA.....</i>	127
Tabla 42	<i>Datos del ensayo de absorción de las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA.....</i>	128
Tabla 43	<i>Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA.....</i>	129
Tabla 44	<i>Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA.....</i>	129
Tabla 45	<i>Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA.....</i>	129
Tabla 46	<i>Clasificación del suelo de Cascajal bajo y anexos</i>	131
Tabla 47	<i>Resultados de las pruebas de campo</i>	132
Tabla 48	<i>Ensayo de laboratorio del suelo de las calicatas</i>	133
Tabla 49	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión ...</i>	141
Tabla 50	<i>Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la resistencia a la compresión.....</i>	143
Tabla 51	<i>HSD de tukey para comprensión</i>	143
Tabla 52	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la tracción</i>	144
Tabla 53	<i>Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la resistencia a la tracción</i>	145
Tabla 54	<i>HSD de tukey para tracción.....</i>	146
Tabla 55	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (largo) ...</i>	147
Tabla 56	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (ancho) ..</i>	147

Tabla 57	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (alto)</i>	148
Tabla 58	<i>HSD de tukey para variación dimensional (alto)</i>	149
Tabla 59	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para alabeo (concavidad)</i>	150
Tabla 60	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para alabeo (convexidad)</i>	151
Tabla 61	<i>Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con el alabeo (concavidad).....</i>	152
Tabla 62	<i>HSD de tukey para alabeo (concavidad)</i>	152
Tabla 63	<i>Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con el alabeo (convexidad).....</i>	153
Tabla 64	<i>HSD de tukey para alabeo (convexidad)</i>	153
Tabla 65	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para succión</i>	154
Tabla 66	<i>Prueba de Tukey para succión.....</i>	156
Tabla 67	<i>HSD de tukey para succión.....</i>	156
Tabla 68	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para absorción</i>	157
Tabla 69	<i>Prueba de Tukey para la absorción.....</i>	158
Tabla 70	<i>HSD de tukey para absorción</i>	159
Tabla 71	<i>Datos de ensayo de resistencia a la compresión</i>	205
Tabla 72	<i>Resumen del análisis de varianza de un solo factor</i>	205
Tabla 73	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión según datos de SPSS</i>	205
Tabla 74	<i>Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión- usando la distribución F (Fisher-Snedecor)</i>	206

Índice de figuras

Figura 1	<i>Bloques de adobe en el pueblo Cascajal Bajo y anexos.....</i>	38
Figura 2	<i>Material de construcción en las viviendas de Perú.....</i>	39
Figura 3	<i>Departamentos del Perú que cuentan con más vivienda de adobe.</i>	40
Figura 4	<i>Adobe agrietado en el proceso de secado por la arcilla.....</i>	43
Figura 5	<i>Alabeo de superficies cóncavas originadas del proceso de desmoldado</i>	48
Figura 6	<i>Normativa del adobe a nivel mundial.....</i>	53
Figura 7	<i>Producción anual de caña de azúcar en Perú.....</i>	55
Figura 8	<i>BCA industrial y artesanal</i>	57
Figura 9	<i>Procedimiento de la prueba granulométrica.....</i>	63
Figura 10	<i>Tipos de suelo</i>	63
Figura 11	<i>Prueba del brillo.....</i>	65
Figura 12	<i>Reconocimiento del suelo</i>	65
Figura 13	<i>Prueba de cinta de barro.....</i>	66
Figura 14	<i>Prueba de resistencia seca</i>	67
Figura 15	<i>Clasificación SUCS de suelos.....</i>	76
Figura 16	<i>Control de calidad de las unidades de adobe.....</i>	80
Figura 17	<i>Ensayo de tracción indirecta por comprensión diametral</i>	83
Figura 18	<i>Esquema del experimento con las variables involucradas.....</i>	90
Figura 19	<i>Ubicación de los sectores a extraer el suelo en el CC.PP. Cascajal Bajo anexo la Cuadra.....</i>	93

Figura 20	<i>Procedimiento de la prueba de color</i>	96
Figura 21	<i>Procedimiento de la prueba olfativa</i>	97
Figura 22	<i>Procedimiento de la prueba dental</i>	97
Figura 23	<i>Procedimiento de la prueba de brillo</i>	98
Figura 24	<i>Procedimiento de la prueba granulométrica</i>	98
Figura 25	<i>Recolección de datos de la prueba granulométrica</i>	99
Figura 26	<i>Procedimiento de la prueba cinta de barro</i>	99
Figura 27	<i>Recolección de datos de la prueba cinta de barro</i>	100
Figura 28	<i>Procedimiento de la prueba de plasticidad</i>	100
Figura 29	<i>Recolección de datos de la prueba de plasticidad</i>	100
Figura 30	<i>Procedimiento de la prueba resistencia seca</i>	101
Figura 31	<i>Prueba de resistencia seca</i>	101
Figura 32	<i>Cuarteo de la muestra y lavado del suelo con malla N°200</i>	102
Figura 33	<i>Tamizado del suelo</i>	102
Figura 34	<i>Secado de la muestra de suelo en el horno a 110°C.</i>	102
Figura 35	<i>Ensayo de copa Casagrande</i>	103
Figura 36	<i>Procedimiento de ensayo de Límite plástico</i>	103
Figura 37	<i>Ubicación de la extracción del suelo</i>	104
Figura 38	<i>Moldes usados en la preparación de las unidades de adobe</i>	105
Figura 39	<i>Recolección de datos de los pesos de las muestras de adobe</i>	106
Figura 40	<i>Preparación de barro una vez seleccionada la tierra</i>	107

Figura 41	<i>Procedimiento del barro mezclado.....</i>	107
Figura 42	<i>Procedimiento de la maceración del barro por 48 horas</i>	108
Figura 43	<i>Moldeado de los bloques de adobe sin adición de fibra de BCA</i>	108
Figura 44	<i>Secado de muestras de adobe de 0.0% de fibra de BCA</i>	109
Figura 45	<i>Procedimiento del control de calidad de los adobes sin BCA</i>	109
Figura 46	<i>Peso de los materiales a mezclar</i>	112
Figura 47	<i>Procedimiento de mezclado con la incorporación de fibra de BCA ..</i>	112
Figura 48	<i>Dormido del barro mezclado con la incorporación de fibra de BCA .</i>	113
Figura 49	<i>Moldeo de las muestras con diferentes porcentajes de fibra de BCA .</i>	113
Figura 50	<i>Secado de los bloques de adobe con fibra de BCA</i>	114
Figura 51	<i>Procedimiento del control de calidad de bloques de adobe con BCA</i>	114
Figura 52	<i>Marcación de las unidades de adobe con fibra de BCA</i>	115
Figura 53	<i>Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión.....</i>	115
Figura 54	<i>Comparación de muestras después del ensayo a la compresión.....</i>	115
Figura 55	<i>Procedimiento de la prueba tracción indirecta.....</i>	118
Figura 56	<i>Comparación de las muestras de adobe en la tracción indirecta</i>	118
Figura 57	<i>Procedimiento de la prueba variación dimensional.....</i>	120
Figura 58	<i>Procedimiento de la prueba de alabeo.....</i>	123
Figura 59	<i>Procedimiento del ensayo de succión.....</i>	125
Figura 60	<i>Procedimiento del ensayo de absorción</i>	128
Figura 61	<i>Comparación de la resistencia a la compresión de los adobes estabilizado con fibras de BCA</i>	134

Figura 62	<i>Comparación del ensayo de resistencia a la Tracción indirecta del adobe estabilizado con fibras de BCA</i>	135
Figura 63	<i>Comparación de la variación dimensional (largo) de los adobes estabilizados con BCA</i>	136
Figura 64	<i>Comparación de la variación dimensional (ancho) de los adobes estabilizados con BCA</i>	136
Figura 65	<i>Comparación de la variación dimensional (altura) de los adobes estabilizados con BCA</i>	137
Figura 66	<i>Comparación del alabeo del adobe estabilizado con fibras de BCA ..</i>	138
Figura 67	<i>Porcentaje de succión del adobe estabilizado con BCA</i>	139
Figura 68	<i>Datos de la prueba de absorción en el adobe estabilizado con BCA..</i>	140
Figura 69	<i>Distribuidor F de Snedecor para la resistencia a la compresión</i>	142
Figura 70	<i>Distribuidor F de Snedecor para la resistencia a la tracción.....</i>	145
Figura 71	<i>Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (largo)</i>	147
Figura 72	<i>Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (ancho)</i>	148
Figura 73	<i>Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (alto)</i>	148
Figura 74	<i>Distribuidor F de Snedecor para alabeo (concavidad).....</i>	150
Figura 75	<i>Distribuidor F de Snedecor para alabeo (convexidad)</i>	151
Figura 76	<i>Distribuidor F de Snedecor para succión</i>	155
Figura 77	<i>Distribuidor F de Snedecor para absorción.....</i>	158
Figura 78	<i>Ejemplo distribuidor F para la resistencia a la compresión.....</i>	206

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. <i>Contenido de humedad</i>	68
Ecuación 2. <i>Índice de plasticidad</i>	72
Ecuación 3. <i>Porcentaje de tamiz retenido</i>	74
Ecuación 4. <i>Porcentaje acumulado en el tamiz</i>	74
Ecuación 5. <i>Resistencia a la compresión</i>	81
Ecuación 6. <i>Resistencia a la tracción</i>	82
Ecuación 7. <i>Variación dimensional</i>	83
Ecuación 8. <i>Alabeo</i>	84
Ecuación 9. <i>Absorción</i>	85
Ecuación 10. <i>Succión</i>	86

Índice de anexos

Anexo A. Ensayos de suelos	178
Anexo B: Propiedades mecánicas de las unidades de adobe	193
Anexo B.1: Ensayo de resistencia a la compresión	193
Anexo B.2: Ensayo de resistencia a la tracción diametral	197
Anexo C: Propiedades físicas de las unidades de adobe.....	201
Anexo C.1 Ensayo de Variación dimensional	201
Anexo C.2 Ensayo de alabeo	202
Anexo C.3 Ensayo de succión.....	203
Anexo C.4 Ensayo de absorción	204
Anexo D: Procedimiento de cálculo para hipótesis	205
Anexo E: Cuantiles de la distribución de Tukey.....	207
Anexo F: Panel fotográfico	209
Anexo F.1: Pruebas de campo.....	209
Anexo F.2: Ensayos de laboratorio del suelo.....	210
Anexo F.3: Ubicación del lugar de extracción del suelo	211
Anexo F.4: Preparación de las muestras de adobe.....	211
Anexo F.5: Ensayos de las muestras de adobe en laboratorio	213
Anexo G: Operacionalización de variables.....	214
Anexo H: Matriz de consistencia	22815

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue analizar el impacto de la incorporación de fibra de BCA en las propiedades del material. Este estudio es descriptivo y correlacional, con un diseño experimental cuasi-experimental. Se experimentaron cuatro dosis con diferentes porcentajes de fibra de BCA: 0.00%, 0.25%, 0.50% y 0.75%. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión promedio para estas dosis fue de 12.21, 12.99, 15.39 y 14.30 kg/cm² respectivamente. Las dosis mostraron diferencias significativas, (sig.=0.001) ya que las pruebas post hoc de Tukey, mostraron que las dosis evaluadas pertenecieron a diferentes subconjuntos. Para la resistencia a la flexión, las medias fueron de 1.71 kg/cm², 1.98 kg/cm², 2.23 kg/cm² y 2.19 kg/cm², respectivamente. Además, las pruebas ANOVA y Post Hoc de Tukey confirmaron que las diferencias entre las dosis fueron significativas (sig.=0.001). Concluyendo que la dosis más apta para su resistencia a compresión y tracción fue de 0.50% de fibra de BCA. En cuanto a los ensayos físicos, en la variación dimensional la dosis con 0.75% mostró el mejor rendimiento, pero las diferencias entre las dosis no fueron significativas (sig. > 0.05) tanto en su longitud como en su ancho, mientras que en su altura sí tuvo diferencias significativas (sig. =0.015), por lo que las pruebas post hoc de Tukey indicaron que el diseño de 0.75% pertenecía a un diferente subconjunto. Por otro lado, las pruebas de alabeo, también mostraron que la dosis 0.75% fue el mejor rendimiento, las diferencias entre los diseños fueron significativas (sig. =0.001) tanto en su concavidad como en su convexidad. Mientras que para el ensayo de succión y absorción se presentaron diferencias significativas, mostrando la dosis más óptima del 0.75% de fibra de BCA. El estudio concluye que el uso de fibras de BCA optimiza las propiedades de las unidades de adobe, por lo que se recomienda la introducción de este nuevo estabilizante natural para la producción de adobes estabilizados, permitiendo construir más viviendas duraderas y mucho más seguras.

Palabras clave: fibra de BCA, propiedades, adobe.

ABSTRACT

The main objective of the research was to analyze the impact of the incorporation of BCA fiber on the properties of the material. This study is descriptive and correlational, with a quasi-experimental experimental design. Four doses were experimented with different percentages of BCA fiber: 0.00%, 0.25%, 0.50% and 0.75%. The results showed that the average compressive strength for these doses was 12.21, 12.99, 15.39 and 14.30 kg/cm² respectively. The doses showed significant differences (sig.=0.001) since Tukey's post hoc tests showed that the doses evaluated belonged to different subsets. For flexural strength, the means were 1.71 kg/cm², 1.98 kg/cm², 2.23 kg/cm² and 2.19 kg/cm², respectively. Furthermore, ANOVA and Tukey's Post Hoc tests confirmed that the differences between doses were significant (sig.=0.001). Concluding that the most suitable dose for its resistance to compression and traction was 0.50% of BCA fiber. Regarding the physical tests, in the dimensional variation the dose with 0.75% showed the best performance, but the differences between the doses were not significant (sig. > 0.05) in both its length and width, while in its height did have significant differences (sig. =0.015), so Tukey's post hoc tests indicated that the 0.75% design belonged to a different subset. On the other hand, the warping tests also showed that the 0.75% dose was the best performance, the differences between the designs were significant (sig. =0.001) in both their concavity and convexity. While for the suction and absorption test, significant differences were presented, showing the most optimal dose of 0.75% of BCA fiber. The study concludes that the use of BCA fibers optimizes the properties of adobe units, which is why the introduction of this new natural stabilizer is recommended for the production of stabilized adobes, allowing the construction of more durable and much safer homes.

Keywords: sugarcane bagasse fiber, properties, adobe.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción

El adobe es uno de los materiales más antiguos y ha sido utilizado extensamente, estando presente en casi todas las regiones del planeta. Ejemplos de edificaciones elaboradas con este material se remontan hasta el año 8000 a.C. (Chávez y Quispe, 2019).

La utilización de tierra cruda en la construcción es una técnica arraigada en las tradiciones locales de todo el mundo. Su difusión global tuvo sus comienzos en el antiguo Egipto, donde se empleaba un proceso rudimentario de secado al sol, reforzado con paja (Villacaqui, 2022).

En la actualidad, la mayor parte de las personas que utilizan este tipo de construcciones son residentes de áreas rurales. Se estima que aproximadamente el 30% de la población mundial vive en viviendas construidas con adobe. (Villacaqui, 2022).

En el Perú, de acuerdo con el Censo Nacional de 2017, se registraron 10,102,849 viviendas particulares. De estas 2,148,494 son construidas con adobe o tapia como material predominante, representando el 27.9% aproximadamente del total (INEI, 2018).

Asimismo, en este mismo censo nacional se determinó que el material que prevalecía en las construcciones de las viviendas del departamento de Áncash es el adobe o tapia (47.9 % del total de viviendas) (INEI, 2018).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se deduce que Ancash posee un porcentaje considerable de viviendas construidas de adobe. Y sobre la base de los sismos ocurridos en esta región se han producido daños considerables en las edificaciones generando la caída ya sea parcial o total de la vivienda trayendo consigo un sinnúmero de pérdidas económicas y de vidas. En el terremoto de 1970 se tuvo como consecuencia la pérdida de 70 000 personas, afectando en mayor grado las localidades de Chimbote, Casma, Huaraz y

Yungay, con una totalidad de 186 000 personas damnificadas, quedando dañado el sistema de irrigación de 11000 hectáreas, y la interrupción del 77% de los caminos (INDECI, 2008).

Asimismo, la provincia del Santa se encuentra ubicada en la zona 4, donde hay mucha actividad sísmica. El pueblo de Cascajal Bajo y anexos tiene aproximadamente un 60% de viviendas construidas con material de adobe lo cual ha motivado a investigar este material y aportar a las diferentes comunidades, una optimización del adobe estabilizando con un material natural propio de la zona para su elaboración y contribuir en una mejora de sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

1.2. Formulación del problema

Actualmente, el centro poblado de Cascajal Bajo y anexos 2022, Distrito de Chimbote, por cada cierto tiempo presenta lluvias que provocan daños en las viviendas, así como los dos huaicos ocurridos en el año 1998 y 2017 que fueron de similar intensidad y causaron pérdidas en los sembríos, viviendas, animales y en las personas. A raíz de estos eventos, la población se retiró del cauce y comenzaron a habilitar un lugar para la construcción de viviendas mejoradas con material noble y adobe reforzado por el tipo de suelo existente en la zona.

En la actualidad, el Centro Poblado Cascajal Bajo cuenta con 23 anexos, entre los cuales se destacará el anexo conocido como "La Cuadra" para el estudio. Este anexo tiene alrededor del 60% de sus viviendas edificadas con bloques de adobe, las cuales muestran signos de deterioro debido a la alta humedad y fisuras en los muros causadas por su propio peso. Esto ha llevado al colapso de algunas viviendas, representando un riesgo significativo para sus habitantes. Además, la ubicación cercana al cauce del río Lacramarca aumenta la erosión del suelo circundante durante eventos climáticos, exacerbando la situación para las viviendas en esa área.

Al día, los habitantes de este anexo, Eligen construir sus viviendas de adobe de manera artesanal debido a sus recursos económicos limitados y a la falta de asesoramiento técnico y profesional. Utilizan suelo local sin tener en cuenta las especificaciones técnicas necesarias para asegurar la seguridad y la resistencia sísmica de las estructuras. Además, desconocen las regulaciones establecidas en la norma E.080 RNE, lo que incrementa el riesgo en caso de eventos climáticos o sísmicos.

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera al optimizar el adobe utilizando fibra bagazo de caña de azúcar (BCA) mejorará sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el porcentaje óptimo de las unidades de adobe estabilizado con fibra de BCA en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%?
- ¿Cuál será la resistencia a la compresión y tracción de las unidades de adobe tradicional y estabilizado con fibra de BCA en las dosis 0.25%, 0.50% y 0.75%?
- ¿Cuál será la variación dimensional, alabeo, succión y absorción de las unidades de adobe tradicional y estabilizado con fibra de BCA en las dosis 0.25%, 0.50% y 0.75%?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo principal

- Determinar la optimización del adobe utilizando bagazo de caña de azúcar para mejorar sus propiedades en Cascajal Bajo y Anexos 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje óptimo de las unidades de adobe estabilizado con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.5% y 0.75%.
- Evaluar la resistencia a la compresión y tracción de las unidades de adobe tradicional y estabilizado con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.5% y 0.75%.
- Evaluar la variación dimensional, alabeo, succión y absorción de las unidades de adobe tradicional y estabilizado con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.5% y 0.75%.

1.4. Formulación de la hipótesis

La incorporación de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA en la fabricación de unidades de adobe mejorará las propiedades mecánicas y físicas de las mismas en Cascajal Bajo y Anexos.

1.5. Justificación e importancia

La provincia del Santa se encuentra ubicada en la zona 4, donde hay mucha actividad sísmica. El Pueblo de Cascajal Bajo y anexos, sus viviendas están construidas con material de adobe en un porcentaje aproximadamente del 60%, lo cual ha motivado a investigar este material y aportar a las diferentes comunidades, optimizando las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe estabilizándolo de manera natural con material de la zona, como el bagazo de caña de azúcar.

Por otra parte, la investigación será de naturaleza aplicada, ya que se basará en estudios previos de otros autores mencionados y en los conocimientos adquiridos durante la formación

académica. Asimismo, los resultados obtenidos servirán como referencia y punto de partida para futuros estudios sobre la optimización de unidades de adobe.

1.6. Limitaciones del trabajo

- Se limitan las siguientes pruebas para las unidades de adobe: ensayo de resistencia a la compresión, tracción indirecta, variación dimensional, alabeo, succión y absorción.
- Se limita a utilizar como estabilizante natural a la fibra de BCA con las dimensiones de 1 a 1.5 pulgadas de longitud, utilizadas en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75% con respecto al peso del suelo seco de cada muestra, estas dosis están basadas en la revisión de trabajos previos a esta investigación.
- Los moldes del adobe se limitan a ser de 40 x 20 x 10 cm, determinadas tras una exhaustiva revisión bibliográfica del tema y con la visita técnica a la zona de estudio, además cumplen satisfactoriamente con el reglamento (E.080, 2017).
- Según la norma (E.080, 2017), las unidades de adobe elaboradas deben dejarse secar por un máximo de 28 días para obtener mejores resultados en los ensayos a realizarse.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Narváez (2017), mediante su tesis “Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana” de la universidad técnica de Ambato – Ecuador, cuyo objetivo general es comprobar si el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) influye en la resistencia a la compresión como estabilizante natural para elaborar bloques en mampostería liviana, expone el uso de las fibras de bagazo de caña de azúcar como componente extra en la elaboración de bloques de material liviano, que busca la optimización de las propiedades físicas y mecánicas de los adobes tradicionales. El autor realiza un estudio tipo experimental, sin embargo, pretende que los resultados logrados en su investigación sean utilizados para la implementación como una opción en la construcción de viviendas en la provincia de Pastaza de ese país. Se inicia con la preparación de una mezcla de CBCA con una dosificación de la materia prima usada para bloques comunes, obteniendo bloques de diferentes dimensiones y longitudes de fibra, distribuidas en una mezcla homogénea en porcentajes 0.5% y 2.0% con respecto al peso del cemento. Se determinó que las fibras de bagazo de 1” en concentraciones del 0.5% al 0.75% son las más óptimas para el uso en obras edilicias debido a que incrementa a la resistencia a la compresión.

Robles (2022), de la universidad de Madrid con tesis titulada: “elaboración de bloques de adobe con fibras de bagazo de caña y agregado de nopal para mejorar la resistencia a compresión y durabilidad.” Al añadir fibra de bagazo de caña en los adobes mejora tanto la resistencia mecánica como la elasticidad de los bloques.

Se observó que al añadir entre un 5% y un 10% de BCA en peso, se incrementó la resistencia y la capacidad de deformación antes de la fractura en comparación con los bloques de adobe tradicionales. Esto resultó en un aumento de hasta el 121% en las fuerzas de aplastamiento, alcanzando 14.95 kg/cm^2 y una deformación de 13.53 mm en comparación con los bloques de control. La fibra de BCA también ayuda a estabilizar los bloques de adobe cuando entran en contacto con el agua, logrando un 67% de durabilidad en la prueba de absorción de agua tras 24 horas de inmersión. Aunque todos los bloques tienden a degradarse, los que contienen fibra de bagazo muestran una mejor resistencia. Además, la adición de fibra de BCA tiene un efecto positivo en la conductividad térmica, reduciéndola en un 38% a un valor de 0.397 (W/mK) cuando se usa un 10% de fibra. Las mezclas con un 7% de fibra también muestran mejoras en la conductividad, sugiriendo que estos materiales podrían ser útiles para reducir las sensaciones térmicas altas.

2.1.2. Nacional

Rocca (2020), a través de su trabajo investigativo para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, de la universidad Cesar Vallejo, Lima. Que lleva como título “Evaluación de las propiedades del adobe adicionando ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar como estabilizantes, Ferreñafe 2020”, presenta la ventaja de la aplicación de aditivos naturales como el bagazo de la caña de azúcar y la cáscara de arroz como mezcla, con el objetivo general de evaluar en qué medida la implementación de elementos orgánicos influye en las propiedades mecánicas del adobe, con la finalidad de dar a conocer cómo esta mezcla mejora dichas propiedades de las unidad de adobe.

El investigador utiliza un estudio de tipo experimental en la ciudad de Ferreñafe; desarrolla una serie de ensayos con respecto a la resistencia a la compresión, a la tracción y absorción del adobe con agregados orgánicos. Se identifica dosificaciones de 2.5%, 7.5%, 12.5% y 0.10%, 0.25%, 0.35% comparativamente; concluye que, al emplear una mezcla del

7.5% de cascara de arroz, la resistencia a la compresión aumento 3.79% mientras que al emplearse 0.35% de BCA, dicha resistencia aumento 18.47%, con los resultados obtenidos se comprueba que el uso de estos aditivos naturales mejora considerablemente la resistencia del adobe.

En su tesis titulada “Análisis comparativo de adobe reforzado con BCA, según el tipo de suelo, en Pascona - La Libertad”, Kamiyama y Zavaleta (2021) identificaron tres dosificaciones para mejorar las propiedades del adobe. Los resultados revelaron que la mayor porosidad se observó en las muestras estándar de suelo tipo I, con un 12.67%, mientras que la menor porosidad fue de 10.33% en los adobes con un 10% de BCA. Para los adobes elaborados con suelo tipo 2 (suelo SC), la porosidad de las muestras estándar fue de 10.33%, reduciéndose hasta 7.08% en los adobes con un 10% de fibra.

En términos de resistencia a la compresión, se concluyó que solo las muestras de suelo tipo 1 cumplieron con el valor mínimo requerido por la norma E 0.80, que es de 10 kg/cm². La adición de fibra incrementó la resistencia, siendo los valores más altos obtenidos en las muestras de suelo con un 10% de fibra.

2.1.3. Regional

En la investigación titulada “Estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del adobe elaborado con paja frente a otro con bagazo de caña de azúcar – Huánuco - 2020”, Valdivia y Chávez (2021) confirmaron que los adobes fabricados con paja tienen una resistencia promedio a la compresión de 11.32 kgf/cm², mientras que los elaborados con BCA alcanzan una resistencia promedio de 14.57 kgf/cm². En cuanto a la resistencia promedio a la compresión de las pilas, los adobes de paja presentan un promedio de 9.09 kgf/cm², frente a los 11.06 kgf/cm² de los adobes con BCA. Además, en la resistencia a la tracción indirecta de los muretes, los adobes de paja muestran una resistencia promedio de 0.38 kgf/cm², mientras que

los de BCA alcanzan 0.51 kgf/cm^2 . Estos resultados indican que los adobes de BCA son más resistentes que los de paja. También se observó que el adobe hecho con BCA presenta menor variación dimensional y alabeo en comparación con el de paja, aunque la diferencia en alabeo es mínima, ya que ambos tipos de adobe pasan por el mismo proceso de desmoldado, resultando en promedios de alabeo bastante similares.

2.1.4. Local

Aburto y Bravo (2018), en su trabajo titulado "Evaluación y comparación técnica de las características del adobe tradicional y el fortalecido con cenizas del bagazo de caña para la construcción de viviendas en el Centro Poblado de Tambar - Moro", realizado en la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, investigaron las propiedades de los bloques de adobe reforzados con cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA). Se encontró que al añadir CBCA al adobe en proporciones del 5%, 10% y 15% respectivamente, la proporción óptima fue del 10%, ya que demostró una mayor resistencia a la compresión y a la tracción. Los adobes con un 15% de CBCA mostraron una mejor resistencia al agua, aunque esta ventaja se ve compensada por una disminución en las resistencias a medida que aumenta la proporción de CBCA. Además, se estimó que adicionando el 10% de CBCA hay una probabilidad del 97.72% que las unidades de adobe alcancen resistencia a la compresión mayor a 13.44 kg.f/cm^2 .

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Adobe

2.2.1.1. Definición. Según la NTP (E.080, 2017) define al adobe como, una unidad de tierra cruda, posiblemente combinada con paja o arena gruesa, con el fin de aumentar su resistencia y durabilidad. Mientras tanto Aguilar y Quezada (2017), Es un material de construcción hecho a mano, consiste en una mezcla de barro y paja, la cual se vierte en moldes rectangulares y se deja secar al aire libre, se considera un material de fácil acceso para todos debido a que el material principal es la tierra obteniéndose de un mismo lugar.

El adobe es un elemento muy utilizado en las construcciones de viviendas en zonas rurales, debido a su facilidad de elaboración con material propio del lugar, ya que principalmente este compuesto por arcilla y limo, y adicionalmente combinado con paja o arena para aumentar su resistencia.

Figura 1

Bloques de adobe en el pueblo Cascajal Bajo y anexos

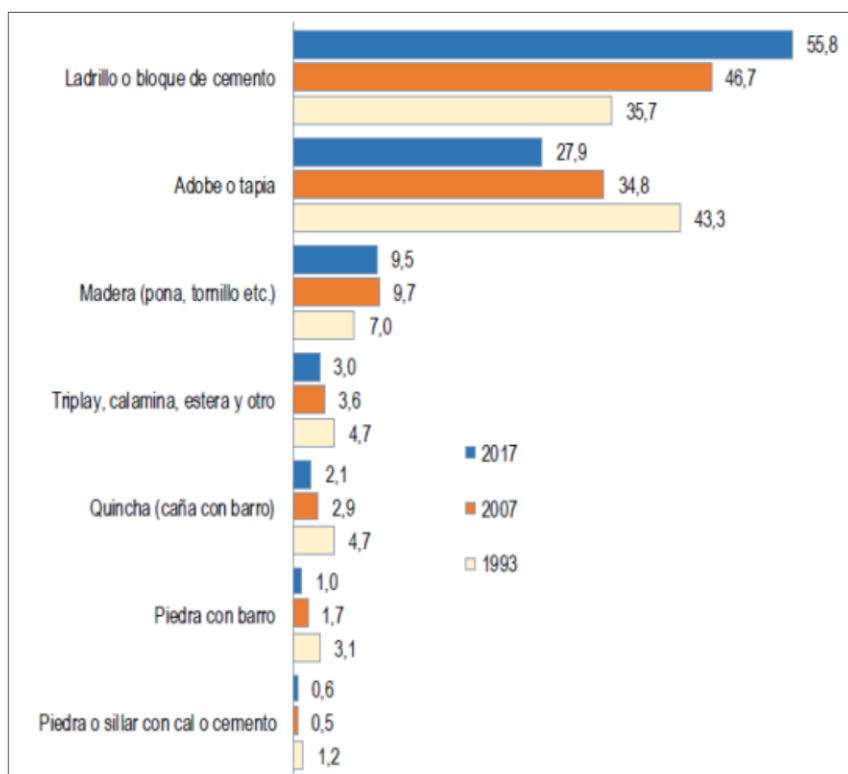


2.2.1.2. Construcción de viviendas de adobe en la actualidad. Las viviendas con este tipo de material en el país peruano son más posible debido a su fácil obtención, rentabilidad y bajo valor en cuanto al precio, esto hace que los ciudadanos opten por esta materia prima.

Según el informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), referente a los Censos Nacionales 2017, se evidencia que en el Perú hay aproximadamente 2,148, 494 viviendas individuales con muros exteriores principales de adobe o tierra compactada, lo que equivale al 27.9% del total de viviendas en el país. Este dato ultimo nos informa que el segundo material más utilizado en las edificaciones del Perú es el adobe (Alfaro, 2019).

Figura 2

Material de construcción en las viviendas de Perú

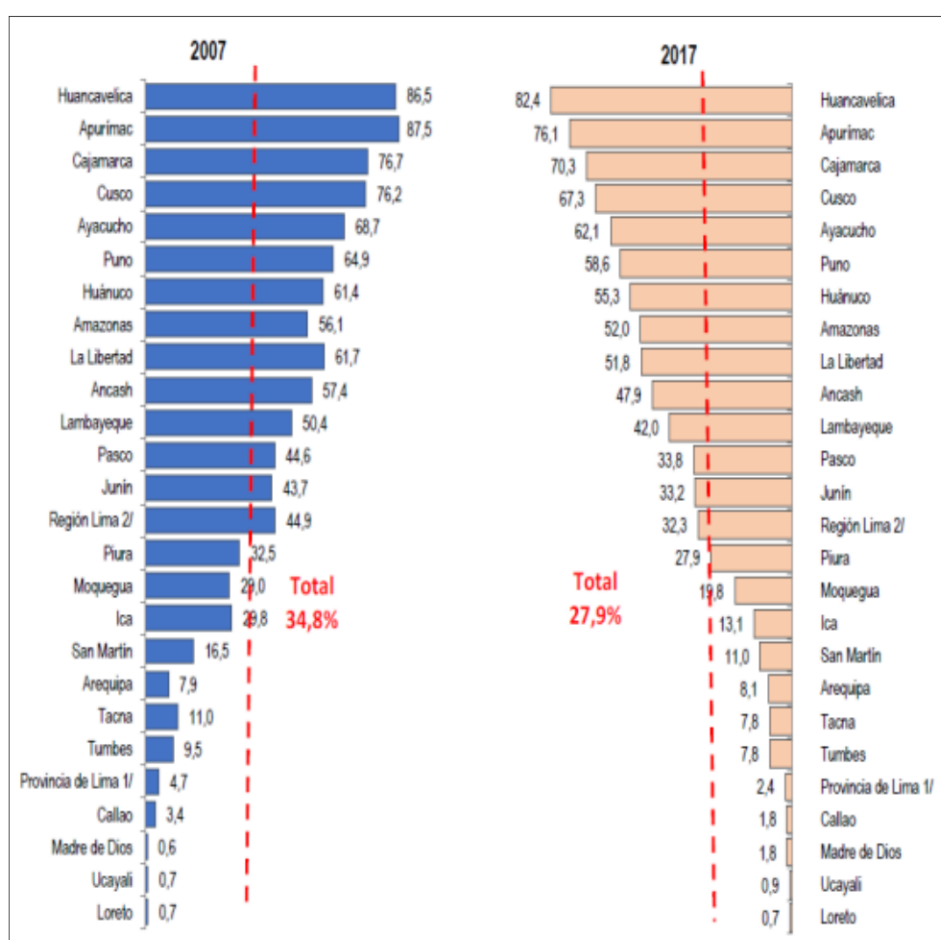


Nota. Tomado de INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda (p.300) 1993, 2007 y 2017

Se observa que la mayor prevalencia en el uso de este tipo de material de construcción se encuentra en la región de Huancavelica teniendo el 82.4% de sus viviendas construidas con adobe o tierra compactada, en segundo lugar, se encuentra Apurímac con un 76.1% y en tercer lugar Cajamarca con un 70.3%. En el caso de la región Ancash, se muestra que el 47.9% del total de viviendas están edificadas con adobe (Alfaro, 2019).

Figura 3

Departamentos del Perú que cuentan con más vivienda de adobe.



Nota. Tomado de INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

2.2.1.3. Tipos de adobe

2.2.1.3.1. Adobe compactado. Está fabricado con materiales locales, aprovechando todas las ventajas del adobe tradicional y se aplica mediante prensado manual o electromecánico, lo cual no requiere un alto consumo de energía. La porosidad del bloque de adobe mejora su densidad, incrementa su resistencia mecánica y resulta en un material más homogéneo. **(Romero, 2020).**

2.2.1.3.2. Adobe estabilizado. Incorpora materiales adicionales para aumentar la durabilidad de la unidad. El barro, compuesto por arcilla, limo, arena, grava y agua, es el material principal para la fabricación de adobes. Aunque se utilizan frecuentemente cal, cemento y asfalto, también hay diversos estabilizadores minerales, orgánicos y sintéticos disponibles. El estabilizador debe ser añadido a la mezcla de adobe antes de verterla en el molde. **(Romero, 2020).**

2.2.1.3.3. Adobe semi estabilizado. Es un ladrillo resistente a la humedad porque se le ha añadido un 3 a 5 % en peso a su composición normal como estabilizador o impermeabilizante, siendo muy importante para proteger la unidad de adobe durante el proceso de curado. Debido al bajo costo y a la facilidad de uso la emulsión asfáltica es el estabilizador preferido, pero al agregar 5 a 10 % de cemento portland se obtiene el mismo resultado. Antes de colocarse el adobe en el molde debe agregarse el estabilizador. **(Romero, 2020).**

2.2.1.3.4. Adobe no estabilizado. La parte integral de las unidades de adobe es el uso de la paja debido a que da dureza al adobe y evita su agrietamiento durante el secado. Por lo que, si la proporción de arcilla a arena es la adecuada, no es necesario dicha incorporación.

Si el adobe contiene mucha arcilla, este presentara agrietamiento en su proceso de secado. Ya en la etapa de construcción, los adobes se pegan con mortero de barro (**Romero, 2020**).

2.2.1.4. Componentes del Adobe. El adobe está compuesto comúnmente por arcilla, limo, arena y agua. La norma (**E.080, 2017**) menciona que el suelo debe contener una conveniente presencia de arcilla en porcentaje de 10-20%, limo de 15 – 25% y arena de 55-70%, y libre de materia orgánica.

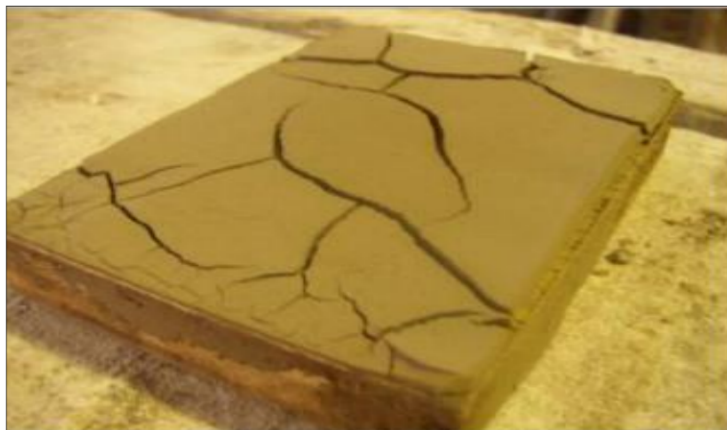
El suelo debe tener una proporción de arcilla y arena adecuadas para lograr su coherencia necesaria de todas las partículas y poder resistir estos efectos en consecuencia se desmoronará. En cambio, si no hay la cantidad de arena necesaria, la arcilla de adobe se agrietará debido a la contracción durante el curado. Pero igualmente, la proporción de arcilla, arena, fibras y agua depende en gran medida de las características del suelo, del objeto a construir y de su tamaño (Arteaga y Loja, 2018).

2.2.1.4.1. Arcilla. El único material presente en el suelo activo y esencial es capaz de ser moldeado al mezclarse con el agua, mostrando propiedades plásticas al ser trabajado y permitiendo la unión de las partículas inertes del suelo para formar barro, el cual adquiere resistencia al secarse, convirtiéndose así en un material apto para la construcción. Este material contiene partículas de menos de dos micras (0,002 mm) (**E.080, 2017**)

El volumen de este material aumenta al absorber humedad y se reduce durante el proceso de secado, lo que se conoce como expansión y contracción. Es crucial controlar estos cambios, ya que son la causa principal de la formación de grietas durante el secado, lo que eventualmente puede provocar erosión y resultar en la pérdida de durabilidad y estabilidad de la estructura de albañilería (Alfaro, 2019).

Figura 4

Adobe agrietado en el proceso de secado debido a la contracción de la arcilla



Nota. Tomado de Construcción con Tierra Revisión y Sustento de los Ensayos de Campo: Presencia de Arcilla o Resistencia Seca (p.17) por J. Montoya, 2017.

2.2.1.4.2. Limo. Las partículas de este suelo oscilan entre los 0.002 mm y 0.008 mm (E.080, 2017). Carecen de cohesión porque están secos y tienen una menor resistencia por fricción que de la arena, empero en presencia de agua aumenta su cohesión y su volumen cambia a medida que se contraen y expanden (Romero, 2020).

2.2.1.4.3. Arena: Según la norma (E.080, 2017) trata de un elemento inactivo que permanece estable al entrar en contacto con el agua y carece de propiedades aglutinantes. Está compuesto por partículas de piedra con un tamaño que oscila entre 0.08 y 0.50 mm. La inclusión de arena gruesa en suelos arcillosos tiene el efecto de disminuir tanto el número como el tamaño de las grietas que se desarrollan durante el proceso de secado, lo que se traduce en una mejora en la durabilidad del barro al secarse.

2.2.1.4.4. Agua. Este es un factor importante en la elaboración del adobe, porque afecta directamente a la mejora de sus propiedades. En el artículo 5 la norma (E.080, 2017) nos da una general de las condiciones del uso del agua.

- Debe ser potable y libre de sales en suspensión ni materia orgánica.

- Debe estar limpia de cantidades dañinas como aceites, ácidos, álcalis, sales, sustancias orgánicas y otras sustancias nocivas.
- Solo si se tiene el permiso del ingeniero del proyecto o el responsable de la supervisión se puede utilizar agua de mar.

El agua requerida para mezclarlo con el suelo seleccionado no debe exceder del 20% del peso del suelo seco, ya que el agua tiene como función ser agente humectante y también lubricante de los componentes de la composición, lo que asegura una mejor trabajabilidad de la mezcla.

2.2.1.5. Ventajas del adobe. El adobe es el material de construcción más antiguo y más respetuoso con el medio ambiente, tiene grandes ventajas, que se describen a continuación. Según Aburto y Bravo (2018) y Arteaga y Loja (2018) las desventajas de utilizar adobe son las siguientes:

- a) Materia prima abundante. La materia prima se obtiene directamente de la excavación de los cimientos o de los desbanques que se hace para la edificación.
- b) Recurso energético. Debido a que no requiere un proceso industrial, se le considera uno de los materiales de construcción más ecológicos, es decir, consume casi cero energías, lo que disminuye la huella de carbono en comparación con la fabricación actual con otros materiales.

Por otro lado, el adobe al elaborarse a mano solo necesita del calor del sol para secarse, requiriendo una baja cantidad de energía (2 000 BTU) para elaborarse, mientras que el ladrillo necesita 15 veces más energía (30 000 BTU).

- c) Propiedad de aislante térmico. Los componentes de adobe lo convierten en un excelente aislante térmico. Las casas construidas con este material suelen ser

relativamente frescas en verano y cálidas en invierno, por lo que el aire interior es agradable.

Se determinó que el adobe tiene un coeficiente de conductividad térmica de $0.25 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, mientras que el ladrillo tiene un coeficiente de conductividad térmica de $0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$; demostrando así que el adobe provocado por la inercia térmica reduce las fluctuaciones de la temperatura exterior alcanzando así un clima fresco en verano y cálido en invierno.

- d) Aislante acústico. El interior de las edificaciones construidas con unidades de adobe es más tranquilas y agradables en comparación con otros materiales de construcción tradicionales, ya que el adobe es regularmente rugoso y tiende a reprimir el ruido reduciendo significativamente la vibración del sonido.
- e) Alta resistencia al fuego. El suelo tiene una gran estabilidad y resistencia al fuego debido a la naturaleza química y física, mucho mejor que otros materiales como el ladrillo o el acero.
- f) Bajo costo. Al utilizarse como material predominante para la elaboración de adobes al suelo, este mayormente es de la misma zona donde se ejecuta las construcciones debido a esto presenta costos reducidos de adquisición, transporte y construcción.

2.2.1.6. Desventajas del adobe. Asimismo, según Aburto y Bravo (2018) las desventajas de utilizar adobe son las siguientes:

- a) Debilidad a la humedad. Debido a que tiene una alta capacidad para absorber el agua del suelo a través de la acción capilar, lo cual afecta directamente a su estructura.

- b) Debilidad a la sismicidad. Las viviendas de adobe se consideran sensibles a cualquier movimiento sísmico debido a la altura y peso de la estructura, por lo que se recomiendan métodos de mejoramiento para construir una vivienda sismorresistente.
- c) Limitación en su altura. Dado que los bloques de adobe son casi pesados y tienen poca resistencia, no se recomienda construir edificios de varios niveles, se recomienda no superar un máximo de dos niveles.

2.2.1.7. Propiedades de adobe

2.2.1.7.1. Propiedades mecánicas

a) Resistencia a la compresión

Sirve como indicador de su calidad. Ya que a valores altos denotan una buena calidad del material, especialmente en términos de resistencia estructural y durabilidad ante la exposición al exterior. En cambio, valores bajos sugieren que los bloques de adobes son débiles y poco resistentes (Alfaro, 2019).

El adobe funciona mejor a la compresión, por tanto, es importante conocer cuanto puede soportar una unidad de adobe, esto se calcula mediante un ensayo que mide dicho parámetro que consta de la fabricación de adobes en forma de cubos con aristas de 10 cm, estos cubos se secan durante 28 días y luego se prueban en el laboratorio aplicando una carga de compresión axial a velocidad constante a la superficie superior del cubo. (E.080, 2017)

b) Resistencia a la tracción

(Vargas-Neumann, 2018) Señala que el suelo es un material frágil y como tal las fuerzas de tracción en este material causarán todo tipo de fallas porque son mucho menores que los esfuerzos de compresión últimos. En estos materiales

la estructural se agrieta cuando se alcanza el esfuerzo de tracción último, por lo que se puede argumentar que todas las grietas estructurales son causadas por algún tipo de tracción.

Por lo tanto, los estudios de laboratorio deben realizarse de tal manera que la tensión y las distribuciones uniformes de tensión en su fase lineal puedan relacionarse fácilmente con la carga aplicada, y las pruebas mencionadas deben ser simples para que la fuerza de tracción resistida por el material del suelo se puede determinar fácilmente. (Vargas-Neumann, 2018)

2.2.1.7.2. Propiedades físicas

a) Variación dimensional

La variabilidad dimensional de las unidades de Adobe se manifiesta en la variación de las dimensiones de largo, ancho y alto de sus lados opuestos. Estas imperfecciones geométricas hacen que se deba aumentar el espesor del mortero, dando como resultado que la albañilería se construya con juntas más grandes de lo apropiado, lo que a su vez conduce a una disminución de la durabilidad de la mampostería. Entonces la calidad del adobe depende del espesor de la junta y de la resistencia de la albañilería a la compresión y al corte. (Alfaro, 2019)

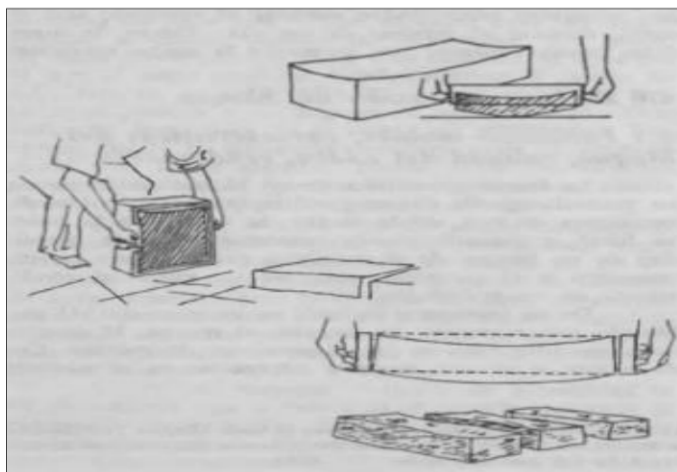
b) Alabeo

El alabeo y las variaciones en las dimensiones del adobe aumentan o disminuyen el espesor del mortero, lo que afecta en gran medida la reducción de la resistencia a la compresión y al corte de la mampostería. Un aumento en el alabeo, tanto en forma de concavidad como de convexidad, conlleva a un mayor grosor del mortero y puede disminuir la adhesión entre éste y el adobe. Esto se debe a que en las zonas más alabeadas se forman espacios vacíos, lo que

suele provocar fallos de tracción por flexión en los bloques de adobe. (Alfaro, 2019)

Figura 5

Alabeo de superficies cóncavas originadas durante el proceso de desmoldado



Notas. Tomado de Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno. (p.74) tesis de Pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú por C. Alfaro, 2019.

a) Succión

La norma técnica peruana NTP 399.613 sugiere que para las unidades de albañilería en el laboratorio los lineamientos. Esta prueba determina la rapidez inicial con la que el ladrillo absorbe agua mediante acción capilar, expresada en gramos de agua absorbida por cm² de superficie en contacto con el agua por minuto.

En decir, se mide la velocidad del agua adherida a la unidad de una de las caras del adobe, es una propiedad esencial para determinar la proporción de mortero de la unidad en la interfaz de contacto y, por lo tanto, la resistencia a la tracción de la albañilería. (Quintana y Vera, 2017)

b) Absorción

Tiene como objetivo determinar la capacidad de absorción de las muestras bajo estudio una vez que han alcanzado su punto de saturación. Esto implica obtener un parámetro que represente la capacidad de absorción de agua de las muestras después de haber estado inmersas en agua durante un período de 24 horas. (Quintana y Vera, 2017)

2.2.1.8. Tipos de estabilizaciones. Los estabilizadores son aditivos de origen mineral, sintético u orgánico que se mezclan con la tierra para fabricar adobe, mejorando así su desempeño y propiedades físicas, como la resistencia a la compresión, densidad, porosidad, absorción de agua, resistencia a la abrasión y dureza. La cantidad de aditivo utilizada varía en función del tipo de suelo y sus características, así como de la experiencia. La estabilización del adobe puede realizarse de varias maneras: físicamente, mediante la incorporación de diferentes materiales; químicamente, añadiendo diversos aditivos; y mecánicamente, a través de la compresión.

2.2.1.9. Estabilización física. Se utiliza para mejorar la composición del suelo provocando cambios físicos para lograr una granulometría suficiente mediante la adición de materiales granulares y cohesivos a la muestra de suelo original. (Arteaga y Loja, 2018)

Las cuales son mediante la estabilización de fibras o la estabilización granulométrica. Cuando se añaden fibras, se crea una especie de red que ayuda a unir las partículas del suelo, controlando su movimiento, expansión y contracción durante el secado. Se pueden emplear materiales de fibra vegetal como paja de pastos, virutas de madera, agujas de pino, fibras de coco, tallos de maíz y fibras de pita o sisal. También es posible utilizar materiales de origen animal, como lana de oveja o cabra, pelo de cabra, pelo de llama o incluso cabello humano. (Benites, 2017)

2.2.1.9.1. Estabilización mecánica. Este tipo de estabilización cambia los procesos de construcción tradicional ya que introduce componentes constructivos ajenos al diseño tradicional cuyo resultado es la pérdida de procesos de elaboración ancestral del adobe a causa de las fuerzas mecánicas de compresión que en gran parte responden a la utilización de maquinaria industrializada (Guerrero, 2020).

Todo esto incrementa la resistencia mecánica y la densidad del suelo, reduce la porosidad y la permeabilidad, y se lleva a cabo mediante compactación estática o dinámica, es decir, estabilización mecánica, con el objetivo de aumentar la capacidad portante, minimizar el asentamiento de las estructuras, controlar las variaciones volumétricas no deseadas y reducir la permeabilidad al agua. La efectividad de la compactación depende de la gradación del suelo, el tipo y la energía aplicada, mientras que el grado de compactación está relacionado con el contenido de humedad y el peso unitario seco. (Rivera et al., 2021).

2.2.1.9.2. Estabilización química. Es en la cual se incorporan productos químicos que modifican las propiedades a través de una reacción físico-química o formación de matriz. Une cada una de las partículas del suelo para aumentar la resistencia y la durabilidad (Rivera et al., 2021).

El estabilizante que se adicione cambia la estructura granular, disminuyendo la plasticidad y aumentando cohesión, entre los cuales tenemos a los aceites naturales, cementos, yesos, cal viva, resinas, polímeros, etc. Para aminorar el contenido de agua de manera concreta se puede hacer uso de plastificantes utilizados en la elaboración del hormigón, como ligninas o sulfonatos de naftaleno (Benites, 2017).

2.2.1.10. Materiales estabilizadores

2.2.1.10.1. Según el origen natural. Cuando se utilizan materiales de origen natural para estabilizar los proyectos de construcción, los ladrillos de tierra son en realidad fibras vegetales que actúan como un impermeabilizante orgánico sin componentes tóxicos. En este contexto, se destacan los beneficios de la cascarilla de arroz. El sector agrícola no biodegradable, por lo que se está consolidando como una alternativa por sus características como durabilidad, flexibilidad, asequibilidad y calidad; a todos es un producto ecológico y viable (Fresneda y Mendez, 2019).

2.2.1.10.2. De origen mineral. El cemento es un material con propiedades adhesivas y aglutinantes que permite unir fragmentos minerales en una masa sólida. Como conglomerante hidráulico, el cemento se usa en la fabricación de concreto debido a su durabilidad, capacidad de unión y baja permeabilidad. Además, el cemento mejora la permeabilidad y las propiedades de compresión de los ladrillos de adobe, lo que lo convierte en un material muy eficaz. (Arteaga y Loja, 2018)

2.2.1.10.3. De origen sintético. Arteaga y Loja (2018) afirman que, para abordar la disminución en el comportamiento mecánico del adobe, se recurre a la aplicación de productos asfálticos como estabilizadores. Los resultados muestran que los componentes asfálticos mejoran las propiedades de compresión, flexión y absorción, proporcionando una mayor resistencia en comparación con los adobes tradicionales que no utilizan estabilizadores.

2.2.1.11. Normativa del adobe. La tierra está siendo evaluada nuevamente como material de construcción, debido a los sencillos procesos de producción y adquisición este creciente interés por el material y la falta de un marco legal promueve que muchos países estén tratando de estandarizar su uso para solucionar los problemas actuales provocados por la falta de regulaciones que permitan su construcción.

Debido a la cantidad de documentos encontrados, se optó por una tabla consolidada con un análisis y descripción de cada norma por país. Referencia de origen, norma o reglamento, autoridad emisora (ORG)

Todas las normas seleccionadas en la tabla resumen cumplen con los requisitos necesarios para realizar este estudio, que tiene en cuenta la técnica y campo de aplicación de cada norma (Arteaga y Loja, 2018).

2.2.1.11.1. Normativa Local. En los últimos años, varios países han estado involucrados en el proceso de normar las construcciones con tierra reforzada. En las que se mencionan mayormente a los países de Colombia (2005) y España (2008), que han publicado nuevas normativas al respecto. Además, Chile, Ecuador, México y Nicaragua están trabajando en el desarrollo de futuras regulaciones, mientras que Perú se encuentra en el proceso de actualizar y mejorar sus regulaciones existentes en este campo.

En Perú, la norma (E.080, 2017) fue actualizada el 7 de abril del 2017 mediante Resolución Ministerial N° 121-2017, desde su versión anterior del año 2007. En agosto de ese año, luego del terremoto el comité especial de adobe emitió un comunicado donde detallaron que se verificó que todas las edificaciones que cumplían con los requisitos técnicos de la norma antes mencionada resistieron condiciones sísmicas.

Figura 6

Normativa del adobe a nivel mundial

Año	País	Norma / reglamento	Estabilización	Técnica	Campos de aplicación	Selección de suelos	Requisitos producción	ensayos	fabricación	construcción	Diseño
2000	Perú	NTE E 0.80	x	Adobes	Requisitos para la construcción de adobe simple y estabilizado	x	x	x	x	x	x
1979		NTP 331.201		Adobes estabilizados con asfalto	Definiciones, condiciones generales y requisitos		x	x	x		
1980		NTP 331.202			Procedimiento de ensayo	x					
1981		NTP 331.203			Muestra y recepción		x				
1980	India	IS 2110	x	Pared in-situ de suelo – cemento	Especificaciones técnicas para paredes no mayores de 3,2 m de altura y anchura mayor a 300 mm, muros de carga mayor a 200 mm	x	x				
1982		IS 1725		Bloques de tierra comprimidos estabilizados	Requisitos y pruebas para bloques de tierra de uso en construcción en general	x	x	x			
1993		IS 13827		Adobe y tapial	Directrices para la mejora de la resistencia sísmica de edificios de tierra		x			x	
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297		Adobes, bloques comprimidos, tierra vertida, tapial	Diseño estructural y de durabilidad de las edificaciones de tierra					x	x
1998		NZS 4298			Caracterización de materiales y especificaciones de construcción para el uso de tierra cruda	x	x	x	x	x	
1999		NZS 4299		Adobe, bloque comprimido, tapial	Requisitos para la construcción para adobes, bloques comprimidos o tapial que no necesitan diseño específico					x	x
1999	Kenia	KS 02 - 1070	x	Bloques de suelo estabilizado con cemento o cal	Requisitos para la construcción	x	x	x			
2001	Francia	XP P13-901		Bloques de tierra comprimida	Terminología, dimensiones y métodos de ensayo	x	x	x			
2004	Colombia	NTC 5324	x	Bloques macizos de suelo-cementos para muros y divisiones	Caracterización y métodos de ensayo de los bloques macizos suelo-cemento	x	x	x			
2008	España	UNE 41410		Bloques de tierra comprimida	Definiciones, especificaciones y métodos de ensayos	x	x	x			
2010	EE. UU	ASTM E2392 M-10		Adobe, tapial	Guía para construcción de sistemas con tierra	x		x	x	x	

Nota. Extraída de Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia.

Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya por J. Peñafiel, 2013.

2.2.2. Fibra de bagazo de caña de azúcar

El bagazo es el residuo sólido resultante de la compresión de las fibras de la caña de azúcar mediante grandes cilindros conocidos como molinos, un proceso crucial en la molienda para separar el líquido del tallo. Aunque inicialmente este residuo puede no tener una utilidad evidente, se ha demostrado que, mediante un tratamiento anti-biodegradación, puede ser empleado como refuerzo de fibras en el hormigón. Este material contiene aproximadamente 50 fibras que contribuyen a aumentar la resistencia a la tracción y flexión (Narváez, 2017).

Brasil e India lideran la producción mundial de caña de azúcar, con aproximadamente 628,41 y 386,98 millones de toneladas anuales, respectivamente (Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) y Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021). Aunque Perú no está entre los principales productores globales, su rendimiento es notable, alcanzando las 121,8 toneladas por hectárea, superando a países con mayor producción como Brasil, que produce alrededor de 85,8 toneladas por hectárea. Esto se debe en gran medida a su clima favorable, caracterizado por una alta radiación solar y abundante agua para el riego, lo que permite múltiples cosechas al año.

La caña de azúcar ha demostrado ser un cultivo ventajoso en Perú debido a su clima favorable. Según la Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados (2018), el país dispone de 160,000 hectáreas dedicadas a este cultivo, contribuyendo con un 3,6 % al Producto Interno Bruto (PIB) agrícola. Estas áreas están principalmente ubicadas en los departamentos de La Libertad, Lambayeque, Piura y Lima, como se ilustra en la Figura 7.

Aproximadamente el 65 % de la producción proviene de ingenios azucareros industriales, mientras que el 35 % restante es producido por cultivadores independientes. Como subproducto de este proceso, se genera fibra residual de la caña exprimida, conocida como bagazo.

Figura 7

Producción anual de caña de azúcar en Perú

PERÚ: PRODUCCIÓN ANUAL DE CAÑA DE AZÚCAR, SEGÚN DEPARTAMENTO. 2000 2021 (T)													
Región/subregión	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 (ene-)*	2021 (ene-)*
Producción (t)													
Nacional	9 660 895	9 884 936	10 368 866	10 992 240	11 389 617	10 211 856	9 791 699	9 399 617	10 336 178	10 902 906	10 468 800	839 440	768 275
Lambayeque	2 824 848	2 748 163	2 767 051	3 046 548	2 894 565	2 022 870	2 241 978	2 489 374	2 648 009	2 566 492	2 184 189	178 974	173 010
La Libertad	4 911 755	4 977 202	5 234 476	5 398 658	5 811 760	5 529 691	5 047 662	4 473 133	4 795 513	5 514 278	5 344 455	419 785	342 202
Ancash	578 284	663 722	722 001	871 827	857 500	988 272	1 001 408	904 749	870 729	957 461	975 401	98 878	79 719
Lima	1 293 061	1 445 758	1 582 958	1 578 131	1 728 196	1 614 043	1 459 303	1 480 137	1 528 325	1 525 064	1 378 391	119 731	120 039
Arequipa	52 947	50 091	62 380	97 077	97 595	56 980	41 348	52 224	55 859	64 633	64 801	5 648	5 500
Superficie cosechada (ha)													
Nacional	76 983	80 069	81 126	82 205	90 357	84 574	87 696	77 525	84 838	86 473	84 590	7 522	6 772
Lambayeque	26 773	25 317	25 710	28 753	32 418	23 430	25 874	24 065	27 600	26 362	23 382	2 107	1 968
La Libertad	34 235	37 454	37 043	35 394	38 790	40 928	41 776	34 078	35 055	38 717	38 826	3 337	2 718
Ancash	5 174	5 132	5 684	6 142	5 860	6 594	7 267	7 321	6 874	7 101	7 098	820	688
Lima	10 163	11 627	12 089	11 182	12 396	12 992	12 279	11 492	11 707	11 847	10 899	1 085	972
Arequipa	638	539	599	734	892	630	501	568	545	605	561	59	60
Rendimiento (kg/ha)													
Nacional	125 494	123 455	127 812	133 717	126 051	120 744	111 655	121 246	121 834	126 085	123 760	111 597	113 447
Lambayeque	105 511	108 549	107 625	105 954	89 289	86 337	86 650	103 442	95 941	97 356	93 412	84 937	87 920
La Libertad	143 471	132 888	141 307	152 532	149 824	135 107	120 828	131 260	136 801	142 427	137 652	125 810	125 891
Ancash	111 761	129 341	127 022	141 940	146 332	149 874	137 803	123 577	126 666	134 839	137 424	120 592	115 893
Lima	127 234	124 344	130 939	141 128	139 413	124 236	118 842	128 802	130 552	128 735	126 472	110 326	123 466
Arequipa	83 005	92 896	104 099	132 304	109 378	90 433	82 594	91 864	102 571	106 785	115 459	95 601	91 667

Nota. Tomado del Ministerio de desarrollo agrario y riego (p.10) boletín de publicación

trimestral N°1, 2021.

Dependiendo del método utilizado, ya sea en los ingenios industriales o en los trapiches artesanales, se consiguen dos tipos de bagazo de caña de azúcar: industrial y artesanal. Mientras que los productores artesanales utilizan técnicas tradicionales para obtener una variedad de derivados de la caña, como bocadillos, chancaca y panela, los ingenios industriales se enfocan en la producción de azúcar, etanol y alcohol. Según Guerrero (2020), los principales residuos generados son los rastrojos, que representan alrededor del 14 % en peso de la cosecha, y las cenizas resultantes de la quema del bagazo, que pueden alcanzar entre 208 y 260 toneladas al día. El bagazo en sí, constituye el residuo de mayor volumen en ambos métodos de producción, representando entre el 26 % y el 29 % del peso de la caña molida (Vargas y Pérez, 2018).

El bagazo resultante se emplea principalmente de tres formas: como abono agrícola dejándolo en el campo, en la industria papelera como materia prima o como fuente de energía combustible. Sin embargo, estas aplicaciones presentan limitaciones en cuanto a su valor

agregado. Además, su utilización como combustible, especialmente en las calderas de la industria azucarera, conlleva la emisión de gases contaminantes y cenizas volátiles. Ante esta situación, es crucial explorar alternativas de menor impacto ambiental para aprovechar el bagazo de manera más eficiente.

2.2.2.1. Composición química del BCA. El bagazo es una sustancia lignocelulósica compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina (Resano et al, 2022).

Tabla 1

Composición química del BCA

Muestra	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)
1	35,10	30,30	19,60
2	39,60	24,00	22,40
3	40,70	31,50	14,40
4	42,40	25,20	19,60
5	4,90	27,40	14,60
6	43,10	25,10	20,80
7	47,30	26,40	14,10
8	45,00	25,80	19,10
9	38,50	27,80	17,70
10	54,87	16,52	23,33
11	44,40	22,90	17,50
12	35,20	24,50	22,20

Nota. Tomado de Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción, en línea. 2022.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos de diversas investigaciones sobre la composición química de 12 muestras de bagazo. La celulosa, que consiste en unidades de glucosa, es un componente esencial de la pared celular de todas las plantas, maderas y fibras

naturales. Esta se localiza en combinación con la hemicelulosa y la lignina, donde la hemicelulosa recubre la superficie de las fibras de celulosa y la lignina actúa como agente pegajoso entre ambas (Guillen, 2022).

2.2.2.2. Características físicas del BCA. Resano et al (2022) indica que, desde una perspectiva física, el bagazo se compone de fracciones cuyo tamaño varía en función del proceso utilizado para extraer el jugo de la caña de azúcar. Este proceso puede ser tanto artesanal como industrial. La morfología constituye la característica principal que distingue ambos tipos de bagazo.

El bagazo industrial exhibe una estructura heterogénea compuesta por fibras de longitud máxima de aproximadamente 5,00 cm y finos, mientras que el bagazo artesanal presenta longitudes mucho mayores, que pueden superar el metro. Lo mismo ocurre en cuanto a la sección transversal: el bagazo industrial no supera los 4,00 mm, mientras que el artesanal puede alcanzar más de 25 cm.

Figura 8

BCA industrial y artesanal



Nota. Caracterización fisicoquímica para potenciales usos como material de construcción del bagazo de caña de azúcar industrial del valle del Chira. (p.25) por O. Guillen, 2022.

Del mismo modo, es principal considerar el contenido de humedad como una característica crucial al seleccionar y aplicar el bagazo, y por lo tanto su medición debe ser precisa y fiable (Guillen, 2022). A continuación, se indica el contenido de humedad y otros parámetros del bagazo, tanto industrial como artesanal, tomando en cuenta algunas referencias de investigaciones.

Tabla 2

Propiedades fisicoquímicas medidas del BCI y del BCA

Datos	Unidad	BCI				BCA
		BS1A	BI1A	B2SA	BI2F	BT1
Humedad	%	43,94	37,28	39,09	44,42	57,66
Cenizas	%	15,22	14,22	10,09	12,43	2,14
Materia insoluble en ácido	%			5,63	5,82	1,29
Materia orgánica	%	84,78	85,05	89,91	87,57	97,86
Fibra cruda	%			37,71	37,04	
Sólidos solubles	Bx			2,00	1,20	6,00
Fibra detergente ácida (FDA)	%			52,65		35,50
Fibra detergente neutra (FDN)	%			80,57		56,11
Lignina detergente ácida (LDA)	%			9,74		5,70
Celulosa	%			42,91		29,80
Hemicelulosa	%			27,9		20,61

Nota. Tomado de Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción, en línea. 2022.

2.2.2.3. Aplicaciones del BCA. Durante años, la industria de la caña de azúcar se ha centrado principalmente en el uso del jugo para la fabricación de productos como etanol y azúcar, mientras que gran parte de la planta se reservaba a la producción de etanol de segunda generación y bioelectricidad. No obstante, el exceso de residuos, principalmente bagazo y paja, plantea un desafío para la industria (Guillen, 2022).

En respuesta a esto, los cambios en las normativas ambientales y la conciencia global han impulsado la exploración de nuevas aplicaciones para el bagazo de caña de azúcar, aprovechando su recurso, sostenibilidad y bajo coste. Diversos estudios han evaluado el potencial del bagazo como suplente de materiales costosos y no biodegradables, así como su uso en la creación de nuevos productos, tanto en aplicaciones generales como constructivas.

2.2.2.4. Aplicaciones generales. Se han llevado a cabo investigaciones diversificadas sobre el uso del BCA en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Estos incluyen el desarrollo de envases desechables para alimentos mediante la combinación de BCA, almidón y glicerol para optimizar la resistencia y flexibilidad del material (Ross et al., 2017).

Además, el bagazo es una materia prima para la producción de papel, briquetas de combustible, biogás y compostaje agrícola (Bernal y Falla, 2020; Maradiaga et al. 2017; Capetillo et al., 2021). Asimismo, se ha estudiado su aplicación en la industria cosmética y en la fabricación de plásticos biodegradables como alternativa ecológica al plástico convencional. Los resultados de estas investigaciones resaltan el potencial del BCA como una fuente versátil y sostenible en diversas industrias.

2.2.2.5. Aplicaciones constructivas

- a) **Uso de ceniza derivada del BCA en sustitución del cemento para elaborar morteros y concreto:** Diversas investigaciones se centran en reemplazar parcialmente el cemento por ceniza de BCA en la elaboración de morteros y

concreto, con el propósito de mejorar la solidez y prolongar la durabilidad. La inclusión de ceniza en hasta un 20% en morteros parece beneficiar la resistencia a la compresión, por otro lado, en el caso de los concretos, hasta un 10% de reemplazo resulta positivo para la resistencia a la compresión, con algunos casos excepcionales que alcanzan hasta un 30%. Sin embargo, varios estudios sugieren que la incorporación de ceniza puede afectar negativamente la trabajabilidad del concreto, abogando por un proceso de quema y molienda controlada previa para mejorar su idoneidad (Guerrero, 2020).

- b) **Utilización de ceniza de BCA en lugar de arena para producir morteros y concreto:** Estudios han investigado la sustitución de arena por ceniza de BCA en la fabricación de morteros y concreto. Los resultados sugieren que, en los morteros, la resistencia a la compresión aumenta hasta un 30% de reemplazo, mientras que, en los concretos, un reemplazo del 10% se asocia con un incremento en la resistencia. Este comportamiento parece relacionarse con la finura y contenido de sílice presente en la ceniza (Guillen, 2022).
- c) **Integración de fibras derivadas del BCA en el concreto:** Las fibras obtenidas del BCA se pueden usar como refuerzo en la mezcla de concreto. Se ha observado que estas fibras, con longitudes entre 15,00 y 25,00 mm y una proporción entre 0,5% y 2,5% del peso total, resultan en una reducción de la densidad del material sin afectar el tiempo de curado, al tiempo que presentan valores satisfactorios en resistencia, impacto y tracción (Guillen, 2022).
- d) **Creación de paneles con los residuos de BCA:** Varias investigaciones se han enfocado en producir paneles utilizando el bagazo de caña de azúcar, resaltando su capacidad para aislar tanto térmica como acústicamente. Algunos de estos paneles han sido fabricados mediante la combinación del bagazo con polímeros

termoestables, mientras que otros han empleado aserrín de pigüe y resina de fenol formaldehído, logrando características favorables en términos de resistencia a la flexión y al hinchamiento del espesor por absorción de agua (Gonzáles et al., 2018).

- e) **Elaboración de bloques ecológicos a partir de residuos de bagazo de caña de azúcar para construcción de mampostería:** Distintos estudios han considerado la viabilidad de emplear el bagazo de caña de azúcar como un material adecuado para la fabricación de bloques destinados a la construcción de mampostería no portante. La adición de bagazo ha demostrado mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques convencionales, siendo crucial un tratamiento previo del bagazo para garantizar un fraguado adecuado. Además, se han explorado mezclas que incorporan ceniza de BCA, encontrando una sustitución del 20% de cemento por cenizas resulta en la máxima resistencia a la compresión (Bravo y Espinoza, 2019).

2.2.2.6. Ventajas en la utilización de BCA. Es ideal porque es fácil y disponible a partir de abundantes cultivos de caña de azúcar. El uso directo del bagazo reduce los costos de producción, conversión y pre procesamiento correspondiente al aprovechamiento de sus derivados. Con las modificaciones y los procesos de producción adecuados, se mejoran las propiedades mecánicas de la caña de azúcar las cuales son resistencia a la tracción, flexión, dureza y durabilidad.

Su calidad es baja debido a la alta porosidad, sin embargo, este factor puede ser reducido aumentando la presión de molde o la temperatura durante el mezclado (Guerrero, 2020).

2.2.2.7. Estabilizador natural para adobe encontrado en el CC.PP. Cascajal Bajo.

La principal fuente de empleo en el Centro Poblado Cascajal Bajo es el sector agrícola, con una gran parte de la población dedicada a labores de siembra y cosecha de diversos cultivos. Entre los cultivos más destacados se encuentran el espárrago, el ají Capri, el maíz y la caña de azúcar, siendo este último el cultivo con mayor producción anual en la zona.

Además, la caña de azúcar también se cultiva en áreas cercanas al CC.PP. Cascajal, como Nepeña, Moro y San Jacinto, que son reconocidas como sectores con una importante siembra de caña de azúcar en la región de Ancash.

La caña de azúcar se utiliza para producir varios productos industriales que se comercializan en el mercado. Sin embargo, también genera desechos industriales, como la ceniza de bagazo de caña de azúcar, que a menudo no se aprovechan y se vierten en el medio ambiente. Este residuo se destaca por ser utilizado como abono para mejorar la calidad del suelo en los cultivos. En la zona, la caña de azúcar se transporta a la Agroindustria San Jacinto para su procesamiento.

2.2.3. Ensayos de laboratorio

2.2.3.1. Ensayos para determinar la composición del suelo. La desventaja de las siguientes pruebas de campo es que no son muy precisas, pero su gran ventaja es que se pueden realizar in situ y en muy poco tiempo, además los resultados obtenidos suelen ser suficientes para comprobar la composición del suelo y ver si la mezcla es aceptable o no (Aburto y Bravo, 2018).

2.2.3.1.1. Prueba granulométrica. Se puede comprobar la gradación del suelo como la arcilla, limo y arena. Su procedimiento es sencillo porque consiste únicamente en llenar hasta la mitad en una botella transparente partículas de tierra que pasen por el tamiz N° 4, y luego llenar la otra mitad con agua. A continuación, se remueve la botella hasta que todas las partículas estén en suspensión y se deja reposar. (Alfaro, 2019)

Figura 9

Procedimiento de la prueba granulométrica



Nota. Tomado de *Manual para la construcción de viviendas de adobe.* (p.42-43) por R. Morales, 1993.

2.2.3.1.2. Prueba de color. La superficie observada se puede evaluar en función al color de la muestra. Se toma un poco de material relativamente seco, porque los colores pueden variar cuando el suelo contiene humedad, por lo general se trata de un suelo inorgánico cuando estos poseen colores claros y brillantes, mientras que los suelos orgánicos son de color marrón oscuro, verde oliva o negro.

Figura 10

Tipos de suelo



Nota. Tomado de Guía técnica de campo para la evaluación visual de los suelos revista digital, 2016.

Mientras que, si los suelos son:

- De color blanco o gris posiblemente contienen coral, calizas o yeso, siendo altamente susceptibles a la erosión.
- De color gris claro, contienen limos y/o carbonatos de calcio, por lo tanto, tienen una cohesión débil y son propensos a la corrosión.
- De color amarillo y ocre, suelen contener hidratos de carbono.
- Mientras que los colores rojos o castaño oscuro, contienen óxido de hierro (Quintana y Vera, 2017).

2.2.3.1.3. Prueba dental. El contenido de arena suelta y limo se puede detectar triturando el material entre los dientes. Se coloca un poco de la muestra entre los dientes para machacar, si no se muele, es arcilla; si cruje levemente, es limosa; si chirría desagradablemente, es arenoso (Quintana y Vera, 2017).

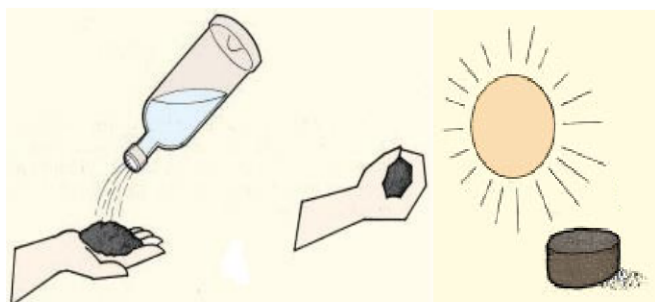
2.2.3.1.4. Prueba olfativa. Con esta prueba se puede detectar la presencia de materia orgánica. Se debe realizar la prueba con el material húmedo, esto con la finalidad de identificar partículas orgánicas que generalmente emiten un olor a humedad (Quintana y Vera, 2017).

2.2.3.1.5. Prueba del brillo. Se ensaya para averiguar si el suelo tiene arcilla a través del brillo de sus partículas. Se escoge el suelo seleccionado, luego amásala con agua hasta formar una bolita apretada del tamaño de la mano, se corta por la mitad y se procede a observar su superficie.

Cuando la superficie es brillante entonces es un suelo arcilloso, por el contrario, si no presenta mucho brillo entonces se trata de un suelo limoso, pero si no presenta brillo y son opacos entonces se trata de un suelo arenoso. (Quintana y Vera, 2017).

Figura 11

Prueba del brillo



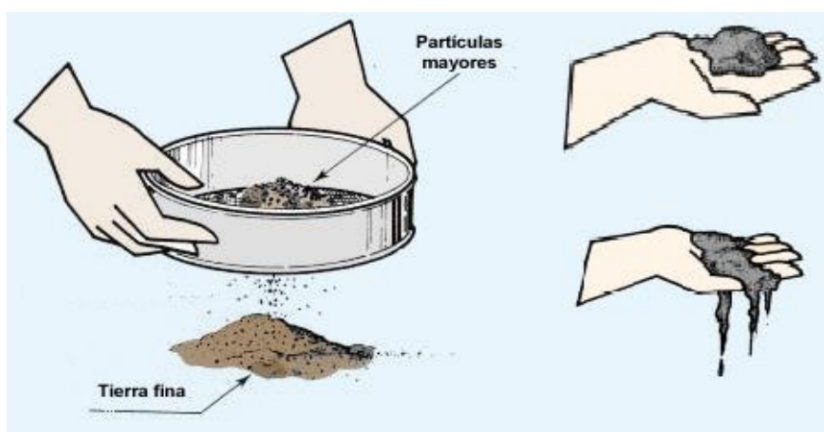
Nota. Consultada en la web de la revista FAO, consistencia del suelo (20 de octubre del 2023).

2.2.3.1.6. Prueba de lavado. Para efectuar esta prueba, se recomienda pasar el suelo a través de un tamiz N° 4 y luego refregar la muestra de suelo en la mano.

- El suelo será arenoso si al frotar el suelo se sienten sus partículas.
- El suelo será limo si la muestra es pegajosa, pero se quita fácilmente.
- El suelo será arcilla si la muestra es pegajosa y no se quita fácilmente, sino que se necesita de agua para limpiarnos. (Aburto y Bravo, 2018).

Figura 12

Reconocimiento del suelo



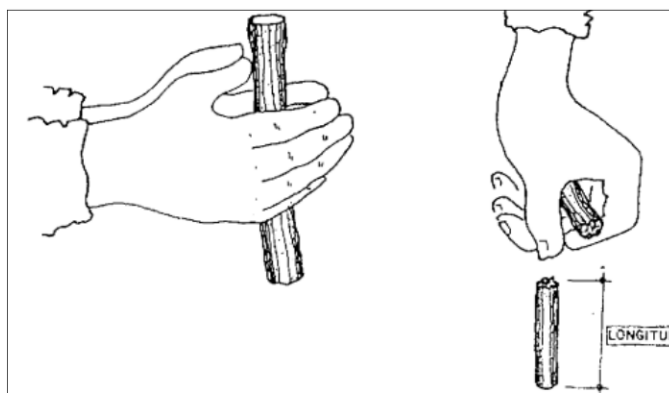
Nota. Consultada en la web de la revista FAO, consistencia del suelo (20 de octubre del 2023).

2.2.3.1.7. Prueba de cinta de barro. Este ensayo permite verificar la cantidad de arcilla en el suelo que se usará para fabricar las unidades de adobe. Su duración es de 10 minutos y se utiliza una muestra de arcilla suficientemente húmeda para formar una cinta de 12 mm de diámetro. Esta cinta se coloca en una mano y se aplana entre el pulgar y el índice para obtener una tira de 4 mm de grosor, que se deja colgar lo más posible. Si la longitud de la muestra que se rompe oscila entre 20 y 25 cm, el suelo es muy arcilloso. En cambio, si la longitud no supera los 10 cm, el suelo tiene poca arcilla. (E.080, 2017)

2.2.3.1.8. Prueba de plasticidad (prueba del rollo). De acuerdo con (Alfaro, 2019), esta prueba evalúa la calidad del suelo y determina si es arcilloso, arenoso o arcillo-arenoso. Se debe tomar una porción de tierra húmeda y formar un cilindro de 1.5 cm de diámetro, que se deja colgar en el aire hasta que se rompa. Luego, se mide la parte que cae tras la ruptura. Si el cilindro se rompe antes de alcanzar los 5 cm, el suelo se considera arenoso; si la longitud está entre 5 y 15 cm, se clasifica como arcilloso; y si supera los 15 cm, se considera muy arcilloso.

Figura 13

Prueba de cinta de barro



Nota. Extraído del Manual de construcción de viviendas de adobe. (p.43) por R. Morales, 1993.

2.2.3.1.9. Prueba de la resistencia seca. Se deberá crear cuatro bolas en las palmas de las manos con una porción de muestra, adicionando una cantidad de agua apropiada para que las bolas no se deformen significativamente mientras se secan. Luego se dejará secar las cuatro bolas durante 48 horas, teniendo cuidado de que no se humedezcan. Después de que haya pasado el tiempo de secado, presione las bolas firmemente con el pulgar y el índice.

Si durante la prueba ninguna de las bolas se despedaza o agrieta, el suelo puede considerarse adecuado para la elaboración de adobe. Sin embargo, si una de las bolas se despedaza o agrieta, se debe repetir la prueba formando cuatro bolas más con las mismas características. Si nuevamente una de estas bolas presenta grietas, roturas o quiebres, el suelo no será apto para la elaboración de adobe. (E.080, 2017)

Figura 14

Prueba de resistencia seca



Nota. Tomado del Manual para la construcción de la vivienda de adobe sismo-resistente (p.20), E-080.

2.2.3.2. Ensayos para determinar la composición del suelo

2.2.3.2.1. Contenido de humedad. El contenido de humedad (W) se define como la cantidad de agua presente en una muestra de suelo, calculada como la proporción en porcentaje entre el peso del agua contenido en la muestra (W_w) y el peso de la muestra seca (W_s), según la Norma Técnica Peruana NTP (339.128, 1999)

Ecuación 1. *Contenido de humedad*

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots(1)$$

Donde:

$w(\%)$: Humedad en porcentaje

W_w : Peso del agua en la muestra

W_s : Peso del suelo seco

a) Material y equipos:

- Suelo seleccionado
- Balanza
- Horno
- Taras

b) Procedimiento:

- Primeramente, se pesa cada tara a utilizar W_t , seguidamente se coloca un poco de muestra de suelo en las taras y se pesa nuevamente $W(t+h)$.
- Se coloca en el horno por un plazo de 24 horas a 105 °C, después del tiempo transcurrido se retira del horno y nuevamente se pesa la muestra $W(t+s)$
- A continuación, se calcula el peso del agua restando $W(t+h) - W(t+s)$, y el peso del suelo seco $W_s = W(t+s) - W_t$, finalmente se calcula el contenido de humedad de la ecuación 1.

2.2.3.2.2. Límites de consistencia. Según la NTP (339.129,1999), Albert

Atterberg originalmente definió seis "límites de consistencia" para suelos de grano fino: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite adhesivo, el límite cohesivo, el límite plástico y el límite de contracción.

A) Limite líquido (LL). La NTP 339.129 del año 1999 indica que, define al límite líquido como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el cual el suelo se encuentra en un estado intermedio entre líquido y plástico. Para determinar este límite, se observa el surco formado por una pasta de suelo que se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm, a una velocidad de dos caídas por segundo.

a) Materiales y equipos:

- Suelo seleccionado
- Tamiz N° 40
- Copa de Casagrande
- Ranurador o acanalador
- Balanza
- Horno
- Espátula
- Probeta de 100 ml.
- Cápsula de porcelana
- Taras

b) Procedimiento:

- En una cápsula de porcelana, añadir una pequeña cantidad de suelo previamente tamizado a través de un tamiz N°40 y mezclar con agua hasta obtener una mezcla uniforme.
- Transferir una porción del suelo a la copa de Casagrande y nivelar con una espátula hasta conseguir un espesor de 1 cm.
- Dividir la muestra en dos mitades en el centro usando el acanalador.
- Girar la manivela de la copa a una velocidad de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo comiencen a unirse desde la parte inferior de la ranura a lo largo de 1.27 cm, registrando el número de golpes realizados.
- Retirar la porción de suelo que ha entrado en contacto con la parte inferior de la ranura y colocarla en una tara para medir su contenido de humedad. El suelo restante debe volver a la cápsula de porcelana.
- Si el número de golpes es alto, añadir agua; si es bajo, añadir más suelo. La cantidad de golpes debe estar entre 6 y 35. Lavar y secar la copa y el acanalador.
- Repetir el ensayo dos veces más.
- Graficar la curva de fluidez en escala semilogarítmica, registrando la cantidad de golpes en el eje horizontal y los contenidos de humedad en el eje vertical.
- Repetir el ensayo por dos veces más.

- Dibujar la curva de fluidez en escala semilogarítmica, registrando la cantidad de golpes en el eje de abscisas y los contenidos de humedad en el eje de ordenadas.
- Finalmente determinar el límite líquido el cual será la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez.

B) Límite Plástico (LP). Según la norma técnica peruana (NTP 339.129, 1999), el límite plástico es el contenido de humedad expresado en porcentaje, en el cual el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólido. Dicho contenido de humedad se registra bajo las condiciones en que el suelo puede ser rodado en hilos de 3,2mm. (1/8 pulgada) entre la palma de mano y la superficie lisa (vidrio esmerilado) sin que se rompan en pedazos.

a) Materiales y equipos:

- Una porción del suelo utilizado en el ensayo del límite líquido
- Balanza
- Horno
- Espátula
- Cápsula de porcelana
- Placa de vidrio
- Taras

b) Procedimiento:

- La muestra sobrante en el ensayo anterior es utilizada para esta prueba.
- Primeramente, se forma un rollo presionándolo en la placa del vidrio repetidamente hasta que tenga un diámetro de 3.2 mm (1/4 pulgada), y su

contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que dicho rollo en forma de cinta se quiebre y no pueda ser más presionado.

- El contenido de humedad promedio de tres muestras de la cantidad de suelo en este punto es el límite plástico.

C) Índice de plasticidad (IP). Se denomina índice de plasticidad o rango de humedad cuando el suelo permanece plástico. Se halla con la formula siguiente:

Ecuación 2. *Índice de plasticidad*

$$LL - LP = IP \dots\dots (2)$$

Donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Limite líquido

LP: Límite plástico

2.2.3.2.3. Granulometría. Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.128, 1999), la granulometría implica la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas en el suelo. Las partículas mayores de 75 µm (retenidas en el tamiz No. 200) se clasifican mediante tamizado, mientras que las partículas más pequeñas de 75 µm se determinan mediante sedimentación utilizando un hidrómetro conforme a la ley de Stokes.

La prueba de granulometría es fundamental para comprender las características del suelo empleado en la fabricación de adobe. Este ensayo revela la distribución de diferentes tamaños de partículas en el suelo, expresada como porcentaje del peso (o masa) en estado seco. Se lleva a cabo mediante dos métodos: tamizado y/o sedimentación. (Aburto y Bravo, 2018).

a) Materiales y equipos:

- Suelo seleccionado seco aproximadamente 200 gr si es material arcillo limoso y 500 gr si es material granular que contiene finos
- Juego de tamices
- Balanza
- Horno
- Taras

Tabla 3

Juego de tamices

Tamiz	Abertura(mm)
Nº 4	4.750
Nº8	2.36
Nº 10	2.000
Nº 16	1.190
Nº30	0.600
Nº 40	0.425
Nº 50	0.300
Nº 100	0.150
Nº 200	0.075

Nota. Consultada de “Fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja Das M. (2001).

(Aburto & Bravo, 2018)

b) Procedimiento:

- Secar la muestra y pesarla.
- Colocar la muestra en un recipiente y cubrirla con agua.
- Tamizar la muestra utilizando una malla N° 200 con chorros de agua.
- Recolectar la muestra retenida en la malla N° 200 en otro recipiente, dejar secar y volver a pesar.
- Pasar la muestra seca a través de los tamices, agitando manualmente o con un tamizador.
- Determinar el porcentaje de peso retenido en cada tamiz (%RP).

Ecuación 3. *Porcentaje de tamiz retenido*

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} * 100 \dots (3)$$

- Calcular los porcentajes acumulados retenidos en cada tamiz (%RA) sumando progresivamente los porcentajes retenidos (%RP). Por ejemplo:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ y así sucesivamente.}$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan a través de cada tamiz.

Ecuación 4. *Porcentaje acumulado en el tamiz*

$$\%que\ pasa = 100\% - \%RA \dots (4)$$

- Finalmente, trace la curva granulométrica en una escala semilogarítmica. En el eje horizontal (abscisas), registre las aberturas de las mallas en milímetros, y en

el eje vertical (ordenadas), anote los porcentajes acumulados que pasan a través de las mallas utilizadas. Esto ofrecerá una representación visual de la distribución de tamaños de partículas en el suelo.

2.2.3.2.4. Clasificación de suelos. Según la ASTM D2487, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) fue desarrollado por Casagrande. Este sistema inicia con la separación del suelo en grueso y fino utilizando el tamiz N° 200 (0,075 mm). Los suelos gruesos son aquellos en donde más del 50% es retenida por este tamiz, mientras que los suelos finos son aquellos en los que más de la mitad de sus partículas pasan a través de dicho tamiz.

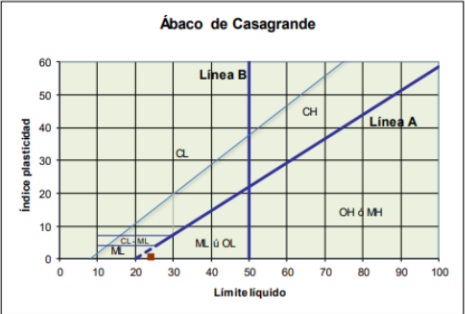
Los suelos gruesos se dividen en grava (G) y arena (S), separados por el tamiz No. 4 (4.760 mm). Si más del 50% es retenida en este tamiz, el suelo se clasifica como grava (G); de lo contrario, se clasifica como arena (S). Tanto la grava como la arena se subdividen en cuatro grupos: grava bien seleccionada (GW), grava mal seleccionada (GP), grava limosa (GM), grava arcillosa (GC), arena bien seleccionada (SW), arena mal seleccionada (SP), arena limosa (SM) y arena arcillosa (SC).

Por otro lado, los suelos finos también se identifican con letras mayúsculas. Esto incluye limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicos (O). Estos tipos de suelos se subdividen de acuerdo a sus límites líquidos, agregando la letra "L" (baja plasticidad) si el límite líquido es inferior al 50%, dando lugar a los grupos ML, CL y OL. Sin embargo, si el suelo tiene un límite líquido superior al 50%, se utiliza la letra "H" (alta plasticidad), seguida de un símbolo derivado de los grupos MH, CH y OH.

Finalmente, los suelos orgánicos, como los pantanosos o las turbas conforman un grupo independiente con el símbolo PT.

Figura 15

Clasificación SUCS de suelos

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO. Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% ->GW,GP,SW,SP. >12% ->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.			
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
SUELOS DE GRANO FINO. Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
			Suelos muy orgánicos				PT

Nota. Tomado de resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. (P.36) por J. Bolaños, 2016.

2.2.3.3. Proceso de elaboración de adobe

2.2.3.3.1. Dimensionamiento. Según la norma (E.080, 2017) "Diseño y construcción con tierra reforzada", se ofrecen algunas recomendaciones generales sobre el tamaño del adobe tradicional en diferentes regiones del país.

Los bloques de adobe pueden tener una forma rectangular o cuadrada, y para los amarres se pueden emplear formas especiales, siempre y cuando no excedan los 40 cm de lado debido a consideraciones de peso. En el caso de la unidad de adobe rectangular, se recomienda que su longitud sea aproximadamente el doble de su ancho, y su altura debe variar entre 8 y 12 cm.

Los adobes estabilizados generalmente presentan dimensiones más pequeñas en comparación con los adobes tradicionales, debido a que se han mejorado varias de sus propiedades físicas y mecánicas. Sin embargo, algunos aún cumplen con ciertos criterios recomendados por la Norma (E.080, 2017). A continuación, se muestra una tabla con las dimensiones de los moldes utilizados en otras investigaciones.

Tabla 4

Dimensiones de adobes estabilizados

Autores	Estabilizante	Dimensiones (Cm)
Mantilla (2018) Universidad Nacional de Cajamarca	Viruta y Caucho	30 x 15 x 8
(Alfaro, 2019) Universidad Nacional del Centro del Perú	Fibras sintéticas de polipropileno	30 x 15 x 10
(Aburto & Bravo, 2018) Universidad Nacional del Santa	Cenizas de BCA	40 x 20 x 10
(Villacaqui, 2022) Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	Viruta y aserrín de eucalipto	29 x 29 x 10
(Arteaga & Loja, 2018) Universidad de Cuenca	Emulsión Asfáltica	41 x 21 x 11

2.2.3.3.2. Extracción de la tierra. Primero, se debe extraer el suelo y realizar un análisis de color; en este caso, el suelo es de un color claro, lo que lo hace adecuado para la producción. El tipo de suelo también es crucial, ya que el color del suelo refleja su composición, especialmente el porcentaje de limo y arcilla. Esta relación depende en gran medida de las características del suelo en cada área de cultivo.

La validez de esta relación se puede confirmar mediante pruebas de campo con muestras de suelo, como se detalla en el estudio de Arteaga y Loja (2018).

La norma (E.080, 2017) recomienda utilizar una pequeña cantidad de suelo orgánico o agrícola y suelo con una cantidad suficiente de arcilla. Mientras que Doat (1990) recomienda que la cantidad de materia orgánica en el suelo no supere el 3%. Hartkopf, V. (1991) recomienda que la profundidad de remoción del suelo debe ser de 60 a 90 cm para la elaboración de adobe.

2.2.3.3.3. Hidratación y mezclado de la tierra. Según la norma (E.080, 2017), prescribe que el agua apropiada para la elaboración de unidades de adobe es del 20% de la masa de suelo seco. El objetivo en este proceso es saturar la arcilla en su totalidad y retirar cualquier terrón de tierra que puedan formarse cuando se amasa la arcilla.

Después de amasar la mezcla, se deja reposar la arcilla durante 24-48 horas. Este proceso se llama "dejar que la tierra se duerma o fermenta", dejar reposar la mezcla mejora la trabajabilidad de la tierra, reduce durante el proceso de secado el agrietamiento y mejora las propiedades del adobe.

Durante la hidratación de la mezcla, para comprobar si presenta agua suficiente o no, se hace una pequeña bola de arcilla y se suelta desde una altura de aproximadamente 1.50 metros; Si la bola se rompe en pocos pedazos al tocar el suelo

significa que hay suficiente agua, si está aplastada tiene excesiva cantidad de agua y si se rompe en varios pedazos significa que posee poca agua (Aburto y Bravo, 2018).

2.2.3.3.4. Moldeado. Existen dos modelos tradicionales para la fabricación de adobe: con fondo y sin fondo. La principal diferencia entre ambos radica en el proceso de compactación. En el molde con fondo, la compactación es mejor y se obtienen unidades de adobe ligeramente más densos. Por otro lado, en los moldes sin fondo, en el proceso de elaboración de bloques de adobe es más rápido y el desmolde es más fácil. (Aburto y Bravo, 2018).

La norma (E.080, 2017) prescribe lo siguiente para los adobes rectangulares:

- El largo será dos veces el ancho.
- El largo y la altura tendrán una proporción de 4 a 1.
- La altura debe medir entre 8 y 12 cm.

Cuando el molde y la mezcla estén listas, se debe ubicar el molde encima de una superficie limpia y plana, preferiblemente lisa teniendo en cuenta que haya suficiente espacio para hacer los adobes y que no haya fricción durante el agrupamiento.

Luego se vierte la mezcla echando con fuerza un puñado al molde, teniendo en cuenta que la arcilla encaje por las esquinas y bordes hasta llegar a la altura del molde, se nivela la superficie con una plancha y retiramos el adobe del molde con una espátula o regla y retiramos el molde evitando inclinarlo.

El molde debe limpiarse por dentro y por fuera después de cada uso, y si el proceso de desmontaje resulta complicado se puede utilizar una fina capa de arena fina para evitar que el barro se adhiera al molde (Aburto y Bravo, 2018).

2.2.3.3.5. Secado y almacenamiento. Finalmente, después de retirar los adobes del molde, se deben dejar descansar a la sombra los primeros 2 a 3 días, y al cabo de 3 a 5 días se deben colocar de canto. Hasta 2 días después de desmoldar, se debe evitar manipular el adobe o colocarlo de canto, ya que es muy posible que se produzca adherencia entre el adobe y su superficie, lo que puede provocar grietas o rajaduras (Aburto y Bravo, 2018).

El adobe está listo para usar después de 28 días de secado (Morales et al., 1993).

2.2.3.3.6. Control de calidad. Se encarga de verificar que los adobes estén en óptimas condiciones de funcionamiento, sin fisuras ni deformaciones. En la construcción de la torre, se utilizan tres adobes, dos en la base y uno en la parte superior en forma de puente. Finalmente, se realiza una prueba donde el adobe debe soportar el peso de una persona mayor por 60 segundos. Estas verificaciones aseguran que los bloques de adobe presenten una resistencia y durabilidad adecuadas. (Ministerio de Vivienda, 2010)

Figura 16

Control de calidad de las unidades de adobe



Nota. Extraído del manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe (p.15) por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2010.

2.2.3.4. Ensayos para determinar las propiedades del adobe

2.2.3.4.1. resistencia a la compresión. Según la Norma (E.080, 2017) , se lleva a cabo un ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del adobe a la compresión. Este procedimiento implica la elaboración de seis cubos con una arista de 10 cm utilizando el material destinado para la construcción del adobe. Estos cubos de adobe deben ser secados durante 28 días antes de someterlos a ensayo en el laboratorio. Se establece que la resistencia mínima requerida es de $f_o = 10.2 \text{ kg/cm}^2$ (equivalente a 1.0MPa). Al concluir el ensayo, se verifica que el promedio de resistencia de las cuatro mejores muestras sea igual o superior al valor exigido.

a) Procedimiento:

- Etiquetar y medir los cubos de adobe.
- Colocar el cubo de adobe sobre el centro de la plataforma de la máquina y que la separación entre la prensa y la plataforma sea la adecuada.
- Seguidamente, ubicar la plancha superior sobre el cubo de adobe impidiendo causar alguna fisura.
- Aplicar la carga a velocidad constante hasta que presente alguna falla.
- Finalmente, registrar la carga máxima que soportó el cubo de adobe.
- El valor de la resistencia a la compresión se halla con la formula siguiente:

Ecuación 5. *Resistencia a la compresión*

$$f_o = \frac{P}{A} \dots\dots (5)$$

Donde:

f_o : Esfuerzo máximo de compresión del cubo de adobe (kg/cm^2).

P: Carga de rotura (kg).

A: Área de la superficie del cubo de adobe en contacto con la carga (cm^2).

2.2.3.4.2. Ensayo de resistencia a la tracción. Según el artículo 8 de la norma (E.080, 2017) los criterios previos al procedimiento para llevar a cabo el ensayo son los siguientes:

- La resistencia se debe evaluar utilizando el método brasileño de tracción, que implica la formación de cilindros de tierra con dimensiones de 6 pulgadas de diámetro por 12 pulgadas de largo (equivalentes a 15.24 cm x 30.48 cm).
- Una vez formados los cilindros de adobe, deben ser protegidos inmediatamente del sol y del viento durante un periodo de 28 días mientras se secan.
- Los cilindros de adobe deben cumplir con la condición de que el promedio de las cuatro muestras en mejor estado de las seis disponibles sea igual o mayor a la resistencia última indicada $f_u = 0.08 MPa = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$

a) Procedimiento:

Según la norma ASTM C 49, esta prueba implica aplicar una carga de compresión a lo largo del eje diametral de un cilindro, lo que resulta en la distribución de esfuerzos internos horizontales a lo largo de dicho eje. Esta distribución de esfuerzos provoca una concentración de fuerzas de compresión en las áreas cercanas a los puntos de aplicación de la carga. Pero, alrededor del 80% del centro de la muestra experimenta esfuerzos de tracción muy uniformes.

El esfuerzo máximo de tracción en el plano central de la probeta de sección circular se calcula con la formula siguiente:

Ecuación 6. *Resistencia a la tracción*

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi A} \dots (6)$$

Donde:

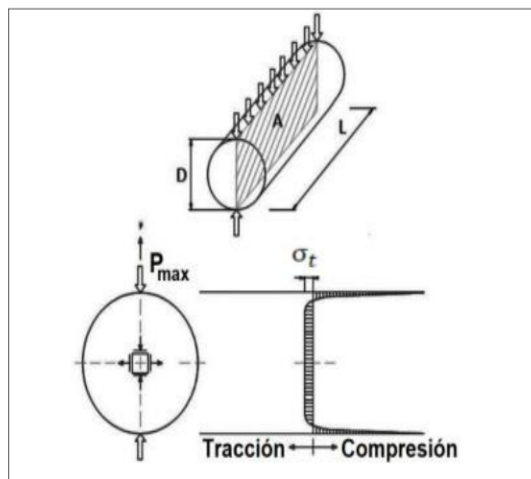
σ_t : Esfuerzo máximo de tracción indirecta en el plano central de la probeta (kg/cm^2).

P: Carga de rotura indicada por la máquina de ensayo (kg)

A: $L \times D$ (cm^2)

Figura 17

Ensayo de tracción indirecta por compresión diametral



Nota. Extraído de Normas de Tierra: Ensayos de Tracción Indirecta (p.48) por J. Vargas, 2016.

2.2.3.4.3. Ensayo de variación dimensional. Esta prueba está basada en la NTP 399.613, la cual originalmente se realizó sobre unidades de albañilería cocida conforme a E-070. Pero, lo usaremos como referencia para implementarlo en bloques de adobe.

a) Procedimiento:

- Se tomó 4 medidas de las unidades de adobe (largo, ancho y alto).
- Se calcula el promedio de dichas medidas, denominada dimensión promedio (D_p).
- Finalmente, el valor de la variable de medida se consigue mediante la fórmula siguiente:

Ecuación 7. *Variación dimensional*

$$V(\%) = \frac{(D_e - D_p) \cdot 100}{D_e} \dots (7)$$

Donde:

V (%): Variación Dimensional

D_p : Dimensión Promedio Total (mm)

D_e : Dimensión Nominal (mm).

2.2.3.4.4. Ensayo de alabeo. Las pruebas de alabeo se realizarán según la norma NTP 399.613. Esta prueba consiste en distinguir entre dos tipos de superficies, cóncavas y convexas, realizándose las mediciones de la manera siguiente:

- Cóncavas.

En los bloques de adobe, una imperfección geométrica se identifica como una superficie cóncava. Para medir esta imperfección, se coloca una varilla de metal a lo largo o en diagonal de la superficie en cuestión, determinando así el punto donde la desviación de la superficie con respecto a una línea recta es máxima. Luego, se utiliza una regla o cuña para medir la distancia desde este punto hasta la superficie, registrando este valor como la concavidad de la superficie.

- Convexas.

Si la imperfección geométrica a evaluar resulta ser una superficie curva, se procede de la siguiente manera: utilizando una línea o cuña de metal, se mide la distancia desde cada esquina de la muestra hasta una superficie plana, registrando el promedio de las mediciones. Finalmente, una vez determinado el tipo de superficie y utilizando un vernier o pie de rey como calibre, se calcula la deflexión mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 8. *Alabeo.*

$$\text{Alabeo} = \text{Pie de rey} - \text{Ancho de la regla} \dots(8)$$

Donde:

Alab: Alabeo (mm)

Pie de rey: Ancho de la regla + Alabeo (mm)

Ancho de la regla: En milímetros (mm).

2.2.3.4.5. Ensayo de absorción. El propósito de esta prueba es determinar el porcentaje de absorción de las muestras de adobe cuando alcanzan la saturación. el proceso radica en sumergir en agua cada muestra de adobe por 24 horas.

Según la NTP 399.613, y la ITINTEC 331.018

a) Materiales y equipos:

- Balanza
- Horno
- Recipiente
- Bloques de adobe por cada dosificación.

b) Procedimiento:

- Primeramente, se identifica cada bloque de adobe.
- A continuación, se sumergen en agua por 24 horas.
- Pasado el tiempo, se vuelven a pesar y se registran los datos en las fichas correspondientes.

Ecuación 9. Absorción.

$$\text{Absorción \%} = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \dots\dots (9)$$

Donde:

Ws: Peso seco de la unidad de adobe

Wd: Peso de la unidad de adobe saturado

2.2.3.4.6. Ensayo de succión. Según la NTP 399.613, ITINTEC 331.018. Esta

prueba consiste en calcular la cantidad de agua que puede subir en la muestra debido a la tensión capilar en un tiempo de $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$, con el objetivo de lograr una absorción temprana del elemento bajo prueba.

a) Materiales y equipos:

- Bandejas para agua
- Calibrador en milímetros
- Balanza
- Horno
- Cronómetro.
- Bloques de adobe por cada dosificación.

b) Procedimiento:

- Se procede a realizar la identificación de los bloques y se registra el peso de cada una de las unidades de adobe y la medida de cada una de sus dimensiones.
- Colocar el adobe encima de la película de agua y dejar reposar por 1 minuto.
- Se deja secar por unos minutos y se procede a pesar los bloques, para obtener el peso de succión.

Ecuación 10. Succión.

$$\text{Succión} = \frac{(P_{su} - P_{se}) \times 200}{A} \dots\dots (10)$$

Donde:

P_{su} : Peso de unidad en succión

P_{se} : Peso de unidad en seco

A : área de contacto de la unidad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación.

El enfoque de investigación es un ENFOQUE CUANTITATIVO, debido a que se concentra en la compilación y análisis de datos numéricos y estadísticos para describir, analizar y comprender fenómenos, patrones y relaciones en el objeto de estudio.

3.2. Tipo de investigación.

La tesis actual presenta una INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA APLICADA, este tipo de investigación abarca un conjunto de procesos que se encuentran orientados al estudio de fenómenos y, busca aplicar los resultados y conocimientos obtenidos en situaciones reales con el fin de ofrecer soluciones a problemas prácticos (Lozada, 2014); asimismo, se aplica distintos tipos de estudios tales como cualitativos, cuantitativos e incluso mixtos, haciendo que la investigación se torne dinámica, evolutiva y versátil.

Además, es empírica porque se basa en la recopilación y análisis de datos observables y medibles, además, se apoya en la evidencia concreta y en la experiencia práctica para comprender y abordar fenómenos específicos; es sistemática debido a que sigue un proceso organizado y estructurado, es decir, existe un enfoque específico para llevar a cabo la investigación, lo que implica un orden y una planificación cuidadosa en la recopilación, análisis e interpretación de datos y por ende se evita la atribución de resultados a la casualidad. Por último, es crítica porque implica una evaluación constante y reflexiva de los procesos y resultados de la investigación.

3.3. Nivel de investigación.

El nivel de la investigación es DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL, es la que tiene como objetivo describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. (Hernández Sampieri, 1993, p.193)

Asimismo, según Mejía (2014), “la investigación correlacional es un tipo de investigación no experimental en lo que los investigadores miden dos variables y establecen una relación estadística entre las mismas (correlación), sin necesidad de incluir variables externas para llegar a conclusiones relevantes.”

Se evaluaron las propiedades tanto físicas como mecánicas del adobe estabilizado con fibras naturales de BCA en distintas proporciones, asimismo, se describieron los cambios o variaciones que dichas propiedades presentaron al aplicar ciertos cambios en la composición del adobe con el bagazo.

Por otra parte, a través de los ensayos de laboratorio efectuados se evaluaron las variaciones de las propiedades del adobe para conocer si era eficiente y productivo el proceso de estabilización del adobe.

3.4. Diseño de la investigación.

El diseño metodológico es cuasi experimental, es cuando se manipulan deliberadamente, al menos una variable independiente, pero en estos los grupos ya están conformados, es decir no se asignan al azar. (Hernández Sampieri, 2014)

El experimento se llevó a cabo con distintos niveles de manipulación de la variable independiente, que en este caso es la aplicación de fibra de BCA en diversas dosis (0.00%, 0.25%, 0.50% y 0.75%). Manipulando esta variable en diferentes niveles, no solo se podrá establecer si la presencia del tratamiento experimental tiene un impacto en la variable

dependiente, sino que también se podrá determinar si los distintos niveles de la variable independiente generan efectos variados.

Finalmente, el diseño experimental se realizará con pos prueba únicamente y un grupo de control, de acuerdo al diagrama siguiente:

Figura 18

Esquema del experimento con las variables involucradas.

GE_1	X_1	O_1
GE_2	X_2	O_2
GE_3	X_3	O_3
GC	----	O_4

Donde:

GE: Grupos experimentales.

GC: Grupo de control.

X_1 , X_2 y X_3 : Tratamientos experimentales de la variable independiente.

----: Ausencia de estímulo o nivel cero de la variable independiente.

O_1 , O_2 , O_3 y O_4 : Pos pruebas.

El diagrama de esta investigación se representará de la siguiente forma:

- El Grupo de Control (G.C): estuvo formado por los especímenes que no contienen fibra de BCA.
- El Grupo Experimental (G.E) incluyo todos los especímenes a los que se les añadieron fibra BCA en tres dosis diferentes.
- El tratamiento experimental consistió en la incorporación de fibra BCA en la fabricación del adobe en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%.
- La pos prueba se llevó a cabo en ambos grupos, control y experimentales, y se enfocó en evaluar las propiedades mecánicas y físicas de todos los especímenes.

- Finalmente, la comparación de los resultados de las pos pruebas entre el grupo de control y los grupos experimentales permitirá determinar si la manipulación de la variable independiente tuvo un efecto sobre la variable dependiente.

3.4.1. Población

La población o universo se refiere al conjunto total de casos que cumplen con las especificaciones y características definidas para un estudio, de acuerdo con el planteamiento del problema. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). En este estudio, la población está formada por todos los adobes adicionados con fibra de BCA.

3.4.2. Muestra

La muestra utilizada en este estudio es de tipo MUESTREO PROBABILISTICO ALEATORIO SIMPLE, ya que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser elegidos para la muestra por medio de una selección aleatoria.

El tamaño de la muestra muchas veces se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación. Se utilizó el caso de población infinita para esta investigación.

$$n = \frac{z^2 * s^2}{e^2}$$

Donde:

s: Desviación estándar de 0.5

e: Error estimado de 0.0745

z: 92.55%

n: Tamaño de la muestra de 144 especímenes.

Tabla 5

Cantidad total de muestras para los ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO		TIPO	CANTIDAD
		PATRON	6
Resistencia a la compresión		0.25%	6
(Cubos:10 x 10 x 10 cm)		0.50%	6
		0.75%	6
		PATRON	6
Resistencia a la tracción		0.25%	6
(Probetas:30 x 15cm)		0.5%	6
		0.75%	6
Variación		PATRON	24
Ensayos físicos	dimensional, Alabeo,	0.25%	24
(Bloques: 20 x 40 x	succión y absorción	0.5%	24
10 cm)		0.75%	24
TOTAL DE MUESTRAS			144

3.5. Unidad de análisis

3.5.1. Ubicación

En el centro Poblado Cascajal Bajo en el anexo llamado la cuadra, se realizó cinco calicatas para determinar las propiedades del suelo y si estas son adecuadas para la elaboración de adobes, haciendo una identificación previa con los ensayos de campo y también los respectivos ensayos de suelos en el laboratorio. Por este motivo se utilizó dicho suelo con la finalidad de realizar los ensayos a las unidades de adobe patron y estabilizado con BCA.

Tabla 6

Ubicación de las calicatas en el Centro Poblado Cascajal Bajo anexo la cuadra

SECTOR	UBICACIÓN GEOGRAFICA	
Nº1	227758.18E	986026.39N
Nº2	227832.60E	985910.32N

Figura 19

Ubicación de los sectores a extraer el suelo en el CC.PP. Cascajal Bajo anexo la Cuadra



Nota. Extraído de Google Earth

3.5.2. Fibra de bagazo de caña de azúcar (BCA)

La fibra de BCA se extrajo manualmente de la misma zona de estudio, cascajal bajo anexo la cuadra, ya que se encuentra en grandes cantidades en dicho centro poblado, lo cual se utilizó como estabilizante natural en la incorporarlo de la elaboración de unidades de adobe.

3.6. Operacionalización de variables de estudio

3.6.1. Variable dependiente. Propiedades del adobe

3.6.1.1. Definición conceptual. Se refiere a las características físicas y funcionales que definen cómo se comporta el material y cómo afecta su uso en la construcción. Estas propiedades incluyen tanto las propiedades físicas como mecánicas.

3.6.1.2. Definición operacional.

- Resistencia a la compresión: De acuerdo con el RNE - E 0.80, se evalúa la resistencia de los cubos de adobe mediante la carga de ruptura mínima, la cual debe ser al menos de $f_u=1.0 \text{ MPa}$ (10.2 kgf/cm^2) sin que el adobe se rompa.
- Resistencia a la tracción indirecta: De acuerdo con la RNE- E.080, se evalúa la resistencia de los cilindros de adobe mediante la carga de ruptura mínima, la cual debe ser al menos de 0.08 MPa (0.81 kgf/cm^2)
- Variación Dimensional: El proceso implica medir cada espécimen (largo, ancho y alto) con una precisión de 1 mm. La variación se calcula en porcentaje utilizando una fórmula establecida en la NTP 399.613.
- Alabeo: El proceso implica medir cada espécimen, colocándose diagonalmente una varilla recta y medir la distancia desde el centro de la unidad de adobe al borde de la varilla, con aproximación de 1mm. El alabeo se calcula en mm utilizando una fórmula establecida en NTP 399.613.
- Absorción: Se refiere al incremento en la masa de un material seco cuando se sumerge en agua durante un tiempo determinado. Este ensayo se realiza siguiendo los procedimientos y requisitos especificados en la Norma Técnica Peruana 399.613.
- Succión: Es la diferencia en gramos entre el peso final y el peso inicial, es decir, el peso de agua absorbida por el adobe durante un minuto de contacto con el agua, conforme a la Norma Técnica Peruana 399.613.

3.6.2. Variable independiente. Fibra de bagazo de caña de azúcar (BCA)

3.6.2.1. Definición conceptual. De acuerdo con Rocca (2020), el bagazo de caña de azúcar es el residuo obtenido de la caña tras su compresión. Técnicamente, se define como el subproducto de este proceso. Este residuo puede ser utilizado como fibra de refuerzo en el concreto u otros materiales, proporcionando así una alta resistencia a la tracción.

3.6.2.2. Definición operacional. Utilizar fibra de BCA, añadiéndola en concentraciones del 0.25%, 0.50% y 0.75%, con el objetivo de estabilizar el adobe y mejorar su resistencia en comparación con el adobe tradicional.

Dimensiones: Proporción de Fibra de BCA

Indicador: Porcentajes de adición en 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA

Unidad de Medida: Nominal

3.7. Técnica e instrumento de recolección de datos

Este estudio se desarrolló mediante pruebas de laboratorio y de campo, teniendo en cuenta los procedimientos descritos en las normativas vigentes tales como la norma técnica peruana (NTP) y el reglamento nacional de edificaciones (E0.80) con el objetivo de lograr resultados óptimos y confiables. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- a) Ensayos en campo para la selección del suelo.
- b) Ensayos en laboratorio para el suelo. (ver anexo A)
 - Contenido de humedad.
 - Límites de Atterberg.
 - Granulometría.
- c) Ensayos en el laboratorio para determinar las propiedades físicas
 - Variación Dimensional
 - Alabeo

- Succión
 - Absorción
- d) Ensayos en el laboratorio para determinar las propiedades mecánicas
- Ensayo de resistencia a la compresión
 - Ensayo de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

3.8. Técnicas de análisis de resultados

Toda la información recolectada y analizada fueron trabajados mediante los softwares Microsoft Excel y el programa estadístico para las ciencias sociales (SPSS), los cuales hicieron posible trabajar para analizar y validar la hipótesis mediante el método análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de medias.

3.9. Pruebas de control y recolección de datos en campo y laboratorio

3.9.1. Pruebas de campo para reconocer la calidad del suelo

3.9.1.1. Prueba de color. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.2.

Figura 20

Procedimiento de la prueba de color



Tabla 7

Recolección de datos de la prueba de color

PRUEBA	DATOS
color	El suelo presento un color claro y brillante

3.9.1.2. Prueba olfativa. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.4.

Figura 21

Procedimiento de la prueba olfativa



Tabla 8

Recolección de datos de prueba olfativa

PRUEBA	DATOS
olfativa	El suelo presento un olor rancio

3.9.1.3. Prueba dental. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.2.

Figura 22

Procedimiento de la prueba dental



Tabla 9

Recolección de datos de la prueba dental

PRUEBA	DATOS
dental	El suelo rechino entre los dientes, lo que generó una sensación desagradable.

3.9.1.4. Prueba de brillo. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.5.

Figura 23

Procedimiento de la prueba de brillo



Tabla 10

Recolección de datos prueba de brillo

PRUEBA	INDICADORES
brillo	El suelo presento demasiado brillo

3.9.1.5. Prueba granulométrica. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.1.

Figura 24

Procedimiento de la prueba granulométrica



Figura 25

Recolección de datos de la prueba granulométrica



Tabla 11

Recolección de datos de la prueba granulométrica

PRUEBA	DATOS
granulométrica	Arena (2.1 cm), Limo y Arcilla (6.1 cm)

3.9.1.6. Prueba cinta de barro. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.7.

Figura 26

Procedimiento de la prueba cinta de barro



Figura 27

Recolección de datos de la prueba cinta de barro



Tabla 12

Recolección de datos de la prueba cinta de barro

PRUEBA	MUESTRA
Cinta de barro	La longitud de la cinta fue de 19 cm

3.4.1.3. Prueba de plasticidad. Se realizó según el acápite de 2.2.3.1.8.

Figura 28

Procedimiento de la prueba de plasticidad



Figura 29

Recolección de datos de la prueba de plasticidad



Tabla 13

Recolección de datos de la prueba de plasticidad

PRUEBA	DATOS
plasticidad	La longitud fue de 10 cm

3.4.1.4. Prueba resistencia seca. Se realizó según el acápite 2.2.3.1.9.

Figura 30

Procedimiento de la prueba resistencia seca



Figura 31

Prueba de resistencia seca



Tabla 14

Recolección de datos de la prueba resistencia seca

PRUEBA	MUESTRA
Resistencia seca	las cuatro bolitas no se agrietaron ni se quebraron

3.9.2. Ensayos del suelo en el laboratorio

3.9.2.1. Ensayo de granulometría por tamizado. Se realizó según el acápite

2.2.3.2.3.

Figura 32

Cuarteo de la muestra y lavado del suelo con malla N°200



Figura 33

Tamizado del suelo



3.9.2.2. Ensayo de contenido de humedad. Se realizó según el acápite 2.2.3.2.1.

Figura 34

Secado de la muestra de suelo en el horno a 110°C.



3.9.2.3. Límites de atterberg

3.9.2.3.1. *Ensayo del límite líquido (LL).* Se realizó según el acápite 2.2.3.2.2.

Figura 35

Ensayo de copa Casagrande



3.9.2.3.2. *Ensayo de límite plástico (LP).* se realizó según el acápite 2.2.3.2.2.

Figura 36

Procedimiento de ensayo de Límite plástico



3.10. Preparación de los bloques de adobe

3.10.1. Adobe con 0.00 % de fibra de BCA

3.10.1.1. Materiales

- Tierra con las condiciones de preparar adobes
- Agua
- Lampa
- Balanza

- Recipientes para el majeo de muestras, regla
- Zaranda de 5mm
- Adobera rectangular de 40 x 20 x 10 x cm
- Molde cuadrado de 10 cm de arista
- Moldes cilíndricos de 30 cm de alto y 15 cm de diámetro

3.10.1.2. Procedimiento

3.10.1.2.1. Elección del área donde se extraerá la tierra. El presente estudio se ejecutó en el distrito de Cascajal de la provincia del Santa, se trabajó con el mismo suelo del centro poblado Cascajal Bajo, debido a que las pruebas de campo encontraron que tiene todas las propiedades necesarias para la producción de adobe.

Figura 37

Ubicación de la extracción del suelo



3.10.1.2.2. Dimensionamiento. Los moldes de los adobes fueron de 40 x 20 x 10 cm, las cuales se establecieron conforme a las dimensiones de adobe utilizados en la construcción de las viviendas del lugar de estudio y también cumplen estrictamente los requerimientos de la norma (E.080, 2017) . Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron moldes en forma de cubo con arista de 10 cm tal como precisa la norma, y para realizar los ensayos de resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral se elaboraron moldes cilíndricos de 30 cm de altura por 15 cm de diámetro según reglamento.

Figura 38

Moldes usados en la preparación de las unidades de adobe



3.10.1.2.3. Preparación del barro. Se siguió el siguiente procedimiento para determinar la dosis de materiales en relación con el peso de suelo seco utilizado en cada muestra: Primero se hicieron muestras de prueba para comprobar su peso después de 28 días de secado, para poder conocer la densidad de cada muestra, luego se tomaron los porcentajes de masa correspondientes de cada una de las muestras para obtener la masa del resto de los materiales.

Figura 39

Recolección de datos de los pesos de las muestras de adobe



Tabla 15

Peso de las muestras para prueba

MUESTRA	MEDIDAS (cm)	VOLUMEN (cm ³)	PESO (gr)
Rectangulares	40 x 20 x 10	8000	12 000
Cúbicos	10 x 10 x 10	1000	1500
cilíndricos	H=30.48 & D = 15.24	5560	8340

Tabla 16

Dosificación de los materiales para las muestras sin fibra de BCA

DOSIFICACION DE MATERIALES PARA MUESTRAS SIN FIBRA					
MUESTRA	Peso del suelo por unidad (gr)	Peso del agua por unidad 20% (gr)	total de muestras	Peso total de suelo (gr)	peso total de agua (gr)
rectangulares	12 000	2400	18	216000	43200
Cúbicos	1500	300	6	9000	1800
Cilíndricos	8340	1668	6	50040	10008
Peso total en gramos				275040	55008
Peso total en kilogramo				275.04	55.01

Para reparar el barro, primero se pasó el suelo por una malla de manera que las piedras mayores a 5mm queden descartadas para compactar mejor la mezcla y evitar que se formen burbujas en el interior de los bloques de adobe. Después se formó una pila con la tierra dejando un hueco en el medio, donde se le adicionó un porcentaje adecuado de agua para que la mezcla quede lo suficientemente humedecida (20% de la masa de suelo seco según norma (E.080, 2017)

Figura 40

Preparación de barro una vez seleccionada la tierra



3.10.1.2.4. Mezclado. Después de agregar la cantidad requerida de agua, comienza el paso de mezclado donde se agita la mezcla varias veces con badilejo, se completa aún más el procedimiento pisando firmemente la arcilla hasta preparar una pasta de barro más homogénea.

Figura 41

Procedimiento del barro mezclado



3.10.1.2.5. Dormido. Maceración o descanso de la muestra, es la etapa en la que se humedece la tierra mezclada con agua durante al menos 48 horas antes de ser utilizada para elaborar el adobe, con el objetivo de que la mayor cantidad de partículas de arcilla desarrolle sus propiedades de cohesión. En esta etapa del proceso se mejora las propiedades de la mezcla en términos de plasticidad ya que la hace más trabajable.

Figura 42

Procedimiento de la maceración del barro por 48 horas



3.10.1.2.6. Moldeo. Se utilizó un molde rectangular de madera con las dimensiones interiores de 40 x 20 x 10 cm, un molde cubico con arista igual a 10 cm, y un molde cilíndrico de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Figura 43

Moldeado de los bloques de adobe sin adición de fibra de BCA



3.10.1.2.7. Secado. Se realizó dentro del laboratorio de mecánica de suelos en una superficie nivelada y perfectamente lisa, sin presencia de humedad, en un ambiente cerrado para impedir un secado violento, el cual es generador de grietas y fisuras en las unidades de adobe. luego de 28 días de secado las muestras de adobe estuvieron preparados para ser utilizados en los ensayos físicos y mecánicos.

Figura 44

Secado de muestras de adobe de 0.0% de fibra de BCA



3.10.1.2.8. Control de calidad. Se realizó con controles para garantizar que no estén agrietados ni deformados. Además, la torre estaba formada por tres adobes, dos de los cuales están en la parte inferior y uno sobre ellos en forma de puente. En conclusión, el adobe sin fibra pudo soportar el peso de una persona adulta en 60 segundos; estas comprobaciones avalan que el adobe tradicional tenga buena durabilidad y resistencia.

Figura 45

Procedimiento del control de calidad de los adobes sin fibra de BCA



3.10.2. Adobe estabilizado naturalmente con fibra de BCA

3.10.2.1. Equipos y materiales. Se utilizará los mismos materiales que el utilizado en la elaboración de adobe sin fibra de BCA (acápito 3.6.1.1), lo único adicional es la incorporación de las fibras de BCA.

3.10.2.2. Procedimiento. Para la elaboración de las unidades de adobe estabilizados con fibra de BCA se realizó el mismo procedimiento que las unidades de adobe tradicionales, desde la extracción hasta la preparación del barro, en lo único que difieren es en el proceso de dosificación de los materiales y mezclado por lo que se detallan los pasos siguientes.

3.10.2.2.1. Dosificación de materiales

Tabla 17

Dosificación de materiales para muestras con adición de 0.25% de fibra de BCA

DOSIFICACION DE MATERIALES - 0.25% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRA	Peso del suelo por unidad (gr)	Peso de fibras al 0.25% (gr)	total de muestras	peso total de fibra (gr)
rectangulares	12 000	30	18	540
Cubos	1500	3.75	6	22.5
cilíndricos	8340	20.85	6	125.1
Total en gramos				687.6
Total en kilogramo				0.68

Tabla 18

Dosificación de materiales con incorporación del 0.50% de fibra de BCA

DOSIFICACION DE MATERIALES PARA MUESTRAS DE 0.50% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRA	Peso del suelo por unidad (gr)	Peso de fibras al 0.5% (gr)	total de muestras	peso total de fibra (gr)
Rectangulares	12 000	60	18	1080
Cubos	1500	7.5	6	45
Cilíndricas	8340	41.7	6	250.2
Total en gramos				1375
Total en kilogramo				1.37

Tabla 19
Dosificación de materiales con incorporación del 0.75% de fibra de BCA

DOSIFICACION DE MATERIALES PARA MUESTRAS DE 0.75% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRA	Peso del suelo por unidad (gr)	Peso de fibras al 0.75% (gr)	total de muestras	peso total de fibra (gr)
Rectangulares	12000	90	18	1620
Cubos	1500	11.25	6	67.5
Cilíndricas	8340	62.55	6	375.3
Total en gramos				2062.8
Total en kilogramo				2.06

Tabla 20
Cantidad de fibra a incorporar en las muestras de adobe en sus distintos porcentajes

CANTIDAD DE FIBRA TOTAL PARA LOS TRES PORCENTAJES DE FIBRAS				
MUESTRA	Peso de fibra 0.25% (gr)	Peso de fibra 0.5% (gr)	Peso de fibra 0.75% (gr)	peso total de fibra (gr)
Rectangulares	540	1080	1620	3240
Cubos	22.5	45	67.5	135
Cilíndricas	125.1	250.2	2062.8	2438.1
Total en gramos				5813.1
Total en kilogramo				5.81

Tabla 21
Dosificación de suelo y agua para los porcentajes a incorporarse de fibra de BCA

DOSIFICACION DE SUELO Y AGUA PARA LAS MUESTRAS CON DOSIS DE 0.25%, 0.50% Y 0.75% DE FIBRA DE BCA					
MUESTRA	Peso del suelo por unidad (gr)	Peso de agua por unidad (gr)	total de muestras	Peso total del suelo (gr)	peso total del agua (gr)
Rectangulares	12 000	2400	54	648000	129600
Cubos	1500	300	18	27000	5400
Cilíndricas	8340	1668	18	150120	150120
Total en gramos				825120	285120
Total en kilogramo				825.12	285.12

3.10.2.2.2. Mezclado. Se pesaron las fibras de BCA, previamente lavadas con agua corriente, y cortadas en tamaños de 1 a 1.5 pulgadas de longitud para una mejor adherencia con el adobe, se pesaron cada uno de los porcentajes de fibra de BCA para la cantidad de tierra necesaria según la muestra. Por último, se mezcló la pasta de barro con las fibras de bagazo.

Figura 46

Peso de los materiales a mezclar



Figura 47

Procedimiento de mezclado con la incorporación de 0.0, 0.25 y 0.75 % de fibra de BCA



3.10.2.2.3. Dormido. Después de mezclar el barro con las fibras de BCA en las tres dosis diferentes para cada una de las muestras, se dejó en reposo durante 48 horas.

Figura 48

Dormido del barro ya mezclado con la incorporación de fibra de BCA



3.10.2.2.4. Moldeado y Secado. El moldeado de los adobes estabilizados con fibra de BCA al igual que los adobes sin fibra se realizó en un ambiente cerrado para evitar las condiciones del clima, como lluvia y calor extremo, también se usaron los mismos moles en su elaboración ya mencionados. Para el secado se dejó en un lugar nivelado y libre de humedad por 28 días.

Figura 49

Moldeo de las muestras con diferentes porcentajes de fibra de BCA



Figura 50

Secado de los bloques de adobe con fibra de BCA



3.10.2.2.5. Control de calidad. Se basó en los mismos criterios empíricos utilizados para el control de calidad de las unidades de adobe tradicional (sin fibra de BCA), que consiste en la revisión para garantizar que no estuvieran agrietados o deformados. Finalmente, todas las unidades de adobe estabilizadas pudieron soportar el peso de una persona adulta durante 60 segundos. Los cuales muestran que los bloques de adobe estabilizados tienen buena estabilidad y durabilidad.

Figura 51

Procedimiento del control de calidad de los bloques de adobe con fibra de BCA



3.11. Ensayos de laboratorio

3.11.1. Resistencia a la compresión. Se realizó según el acápite 2.2.3.4.1.

Figura 52

Marcación de las unidades de adobe con fibra de BCA



Figura 53

Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión



Figura 54

Comparación de muestras después del ensayo a la compresión



Tabla 22
Datos de la resistencia a la compresión de los adobes sin adición de fibra de BCA

ADOBE CON 0.00% DE FIBRA DE BCA					
ESPECIMEN	DIMENSIONES		AREA	CARGA	fo
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	cm2	Kg	Kg/cm2
1	10.40	10.00	104.00	1260	12.12
2	10.00	10.00	100.00	1240	12.40
3	10.10	9.90	99.99	1220	12.20
4	10.50	10.30	108.15	1370	12.67
5	10.20	10.00	102.00	1200	11.76
6	10.00	10.00	100.00	1210	12.10
PROMEDIO					12.21

Tabla 23
Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.25% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.25 % DE FIBRA DE BCA					
ESPECIMEN	DIMENSIONES		AREA	CARGA	Fo
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	cm2	Kg	Kg/cm2
1	10.70	10.20	109.14	1340	12.28
2	10.00	9.90	99.00	1330	13.43
3	10.10	10.00	101.00	1310	12.97
4	10.20	10.00	102.00	1350	13.24
5	10.10	10.00	101.00	1300	12.87
6	10.20	10.00	102.00	1340	13.14
PROMEDIO					12.99

Tabla 24

Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.50% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.50 % DE FIBRA DE BCA					
ESPECIMEN	DIMENSIONES		AREA	CARGA	fo
Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	cm2	Kg	Kg/cm2
1	10.00	9.80	98.00	1480	15.10
2	10.00	9.90	99.00	1470	14.85
3	9.90	9.90	98.01	1540	15.71
4	10.20	10.00	102.00	1490	14.61
5	10.30	10.00	103.00	1680	16.31
6	10.00	9.40	94.00	1480	15.74
PROMEDIO					15.39

Tabla 25

Datos de la resistencia a la compresión de los adobes con 0.75% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.75 % DE FIBRA DE BCA					
ESPECIMEN	DIMENSIONES		AREA	CARGA	fo
Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	cm2	Kg	Kg/cm2
1	10.10	10.20	103.02	1430	13.88
2	10.20	10.00	102.00	1470	14.41
3	10.30	10.00	103.00	1420	13.79
4	10.10	10.00	101.00	1490	14.75
5	10.00	9.80	98.00	1410	14.39
6	10.20	10.10	103.02	1500	14.56
PROMEDIO					14.30

3.11.2. Resistencia a la tracción indirecta. Se realizó según el acápite 2.2.3.4.2.

Figura 55

Procedimiento de la prueba tracción indirecta por compresión diametral



Figura 56

Comparación de las muestras de adobe después de la prueba a la tracción indirecta



Tabla 26

Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades con 0.00% de fibra de BCA

ADOBE SIN ESTABILIZADOR NATURAL					
MUESTRA	LONGITUD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA	σ_t
Nº	Cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	27.5	15	412.5	1080	1.67
2	27.5	15	412.5	1120	1.73
3	27.5	15	412.5	1050	1.62
4	27.5	15	412.5	1140	1.76
5	27.5	15	412.5	1100	1.70
6	27.5	15	412.5	1160	1.79
PROMEDIO					1.71

Tabla 27

Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.25% DE ESTABILIZADOR NATURAL					
MUESTRA	LONGITUD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA	σ_t
Nº	Cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	27.5	15	412.5	1360	2.10
2	27.5	15	412.5	1130	1.74
3	27.5	15	412.5	1250	1.93
4	27.5	15	412.5	1330	2.05
5	27.5	15	412.5	1290	1.99
6	27.5	15	412.5	1350	2.08
PROMEDIO					1.98

Tabla 28

Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.50% DE ESTABILIZADOR NATURAL					
MUESTRA	LONGITUD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA	σ_t
Nº	Cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	27.5	15	412.5	1410	2.18
2	27.5	15	412.5	1470	2.27
3	27.5	15	412.5	1490	2.30
4	27.5	15	412.5	1450	2.24
5	27.5	15	412.5	1420	2.19
6	27.5	15	412.5	1440	2.22
PROMEDIO					2.23

Tabla 29

Datos de la resistencia a la Tracción indirecta en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.75% DE ESTABILIZADOR NATURAL					
MUESTRA	LONGITUD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA	σ_t
N°	Cm	cm	cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	27.5	15	412.5	1400	2.16
2	27.5	15	412.5	1460	2.25
3	27.5	15	412.5	1450	2.24
4	27.5	15	412.5	1410	2.18
5	27.5	15	412.5	1380	2.13
6	27.5	15	412.5	1400	2.16
PROMEDIO					2.19

3.11.3. Variación dimensional. Se realizó según el acápite 2.2.3.4.3.

Figura 57

Procedimiento de la prueba variación dimensional



Tabla 30

Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.00% DE FIBRA DE BCA												
MUESTRAS	LARGO				ANCHO				ALTURA			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.60	39.60	39.60	39.50	19.40	19.10	19.10	19.40	9.20	9.00	9.30	9.00
2	39.30	39.20	39.10	39.50	20.00	20.00	20.50	20.40	9.50	9.40	9.40	9.50
3	39.40	39.50	39.50	39.40	19.10	19.20	19.00	19.10	9.20	9.00	9.00	8.90
4	40.10	40.00	40.00	40.10	19.40	19.30	18.90	19.00	8.90	9.10	8.80	9.00
5	39.10	39.10	39.10	39.10	19.40	19.10	19.10	19.00	9.00	9.00	9.10	9.20
6	40.20	39.50	39.50	39.40	19.10	19.20	19.00	19.10	9.20	9.00	9.00	8.90
DP (parcial)	39.62	39.48	39.47	39.50	19.40	19.32	19.27	19.33	9.17	9.08	9.10	9.08
Dp (total)	39.52				19.33				9.11			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	1.21				3.35				8.92			

Tabla 31

Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BCA												
MUESTRAS	LARGO				ANCHO				ALTURA			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.00	39.10	39.10	39.00	19.60	19.40	19.50	19.60	9.00	9.40	9.30	9.30
2	39.40	39.50	39.50	39.40	19.10	19.10	19.40	19.30	9.20	9.10	9.10	9.20
3	39.00	38.80	39.90	38.90	19.50	19.30	19.60	19.20	9.60	9.40	9.20	9.30
4	40.10	40.00	40.10	40.00	20.10	20.30	20.10	20.00	9.20	9.40	9.00	9.20
5	39.90	40.10	38.90	39.00	20.50	20.10	19.50	19.50	9.30	9.30	9.20	9.10
6	40.10	40.00	40.10	40.00	19.50	19.30	19.60	19.20	9.60	9.40	9.20	9.30
DP (parcial)	39.58	39.58	39.60	39.38	19.72	19.58	19.62	19.47	9.32	9.33	9.17	9.23
Dp (total)	39.54				19.60				9.26			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	1.16				2.02				7.38			

Tabla 32

Datos de la prueba variación dimensional en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BCA												
MUESTRAS	LARGO				ANCHO				ALTURA			
Nº	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.80	39.00	38.90	38.90	19.90	19.40	19.00	19.30	9.10	9.20	9.50	9.10
2	39.70	39.60	39.80	39.70	19.60	19.50	19.80	20.00	9.20	9.00	9.00	9.10
3	40.10	40.00	40.10	39.90	19.30	19.80	19.50	19.60	9.40	9.80	9.30	9.50
4	40.50	40.80	40.60	40.50	20.70	20.30	20.40	20.60	9.20	9.20	9.10	9.20
5	38.90	39.00	39.00	39.90	19.50	19.50	19.50	19.60	9.30	9.40	9.20	9.30
6	38.70	39.80	38.80	39.00	19.30	19.80	19.50	19.60	9.40	9.80	9.30	9.50
DP (parcial)	39.62	39.70	39.53	39.65	19.72	19.72	19.62	19.78	9.27	9.40	9.23	9.28
Dp (total)	39.63				19.71				9.30			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	0.94				1.46				7.04			

Tabla 33

Datos de la prueba de variación dimensional en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BCA												
MUESTRAS	LARGO				ANCHO				ALTURA			
Nº	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.50	39.80	39.70	39.50	19.90	20.10	20.40	20.00	9.80	9.85	9.90	9.90
2	40.10	40.30	40.80	40.50	20.20	20.00	20.10	20.10	9.60	9.60	9.50	9.70
3	40.00	40.30	40.20	40.40	20.40	19.80	19.90	19.80	9.80	9.75	9.80	9.80
4	40.00	39.80	39.80	39.60	19.60	19.60	19.50	19.70	9.75	9.70	9.70	9.80
5	39.70	39.40	39.80	39.40	19.90	19.80	19.60	19.90	8.90	8.90	9.00	9.00
6	39.50	39.80	39.70	39.50	20.40	19.80	19.90	19.80	9.40	9.30	9.40	9.50
DP (parcial)	39.80	39.90	40.00	39.82	20.07	19.85	19.90	19.88	9.54	9.52	9.55	9.62
Dp (total)	39.88				19.93				9.56			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	0.30				0.38				4.44			

3.11.4. Alabeo. Se realizó según el acápite 2.2.3.4.4.

Figura 58

Procedimiento de la prueba de alabeo



Tabla 34

Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.0% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRAS	CARA ‘‘A’’		CARA ‘‘B’’	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
Nº	mm		mm	
1	5.70	-	-	1.70
2	4.50	-	-	1.70
3	4.80	-	-	1.90
4	4.70	-	-	1.80
5	5.80	-	-	1.85
6	5.50	-	-	1.75
PROMEDIO	5.17	-	-	1.78
ALABEO	3.48			

Tabla 35

Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRAS	CARA “A”		CARA “B”	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
N°	mm		mm	
1.00	3.60	-	-	1.65
2.00	3.50	-	-	1.70
3.00	2.60	-	-	1.55
4.00	2.40	-	-	1.50
5.00	3.90	-	-	1.65
6.00	2.50	-	-	1.60
PROMEDIO	3.08	-	-	1.61
ALABEO	2.35			

Tabla 36

Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRAS	CARA “A”		CARA “B”	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
N°	mm		mm	
1	2.50	-	-	1.45
2	2.30	-	-	1.50
3	1.50	-	-	1.35
4	2.60	-	-	1.30
5	2.50	-	-	1.40
6	1.50	-	-	1.45
PROMEDIO	2.15	-	-	1.41
ALABEO	1.78			

Tabla 37

Datos de la prueba de alabeo en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BCA				
MUESTRAS	CARA “A”		CARA “B”	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
N°	mm		mm	
1	1.80	-	-	1.20
2	1.60	-	-	1.10
3	1.75	-	-	1.20
4	1.70	-	-	1.00
5	1.85	-	-	1.00
6	1.65	-	-	1.20
PROMEDIO	1.73	-	-	1.12
ALABEO	1.42			

3.11.5. Succión. Se realizó según el acápite 2.2.3.4.6

Figura 59

Procedimiento del ensayo de succión



Tabla 38

Datos del ensayo de succión de las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.0% DE FIBRA DE BCA							
Muestras	Medidas		Área de	Peso	Peso con	Peso de agua	Succión
N°	Largo	Ancho	contacto	seco	agua (gr)	succionada	(gr/min/ 200
	(cm)	(cm)	(cm2)	(gr)		(gr)	cm2)
1	39.20	20.20	791.84	7760	7610	-150	-37.89
2	40.50	20.00	810.00	8090	8070	-20	-4.94
3	40.10	19.80	793.98	8040	7930	-110	-27.71
4	39.50	19.40	766.30	8340	8330	-10	-2.61
5	39.50	19.90	786.05	7980	7880	-100	-25.44
6	40.10	19.80	793.98	8040	7930	-110	-27.71
PROMEDIO							No se pudo Evaluar

Tabla 39

Datos del ensayo de succión en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BCA							
Muestras	Medidas		Área de	Peso	Peso	Peso de agua	Succión
N°	Largo	Ancho (cm)	contacto	seco	con	succionada	(gr/min/ 200
	(cm)		(cm2)	(gr)	agua	(gr)	cm2)
					(gr)		
1	38.90	19.40	754.66	6900	6970	70	18.55
2	39.00	19.40	756.60	6870	6970	100	26.43
3	38.90	19.40	754.66	7110	7200	90	23.85
4	38.60	19.00	733.40	7000	7080	80	21.82
5	39.00	19.10	744.90	6990	7080	90	24.16
6	38.90	19.40	754.66	7110	7200	90	23.85
PROMEDIO							23.11

Tabla 40

Datos del ensayo de succión de las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BCA							
Muestras	Medidas		Área	Peso	Peso con	Peso de agua	Succión
Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	(cm ²)	seco (gr)	agua (gr)	succionada (gr)	(gr/min/ 200 cm ²)
1	38.90	19.60	762.44	7340	7400	60	15.74
2	39.30	20.40	801.72	7310	7400	90	22.45
3	39.20	19.20	752.64	7050	7130	80	21.26
4	38.90	18.80	731.32	6880	6940	60	16.41
5	39.50	20.00	790.00	7190	7280	90	22.78
6	39.20	19.20	752.64	7050	7130	80	21.26
PROMEDIO							19.98

Tabla 41

Datos del ensayo de succión en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA

ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BCA							
Muestras	Dimensiones		Área de	Peso	Peso con	Peso de agua	Succión
Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	contacto (cm ²)	seco (gr)	agua (gr)	succionada (gr)	(gr/min/ 200 cm ²)
1	39.40	19.40	764.36	8100	8130	30	7.85
2	39.00	19.30	752.70	7710	7750	40	10.63
3	39.50	19.80	782.10	7840	7880	40	10.23
4	39.10	19.40	758.54	7780	7810	30	7.91
5	39.00	19.80	772.20	7920	7980	60	15.54
6	39.50	19.80	782.10	7840	7880	40	10.23
PROMEDIO							10.40

3.11.6. *Absorción.* Se realizó según el acápite 2.2.3.4.5

Figura 60

Procedimiento del ensayo de absorción



Tabla 42

Datos del ensayo de absorción de las unidades de adobe con 0.0% de fibra de BCA

MUESTRAS CON 0.0% DE FIBRA DE BCA						
MUESTRAS	MEDIDAS			Peso seco	Peso	Absorción (%)
Nº	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	(gr)	saturado (gr)	
1	39.50	19.90	9.00	7980	-	-
2	40.10	19.80	9.20	8040	-	-
3	39.20	20.20	9.00	7760	-	-
4	39.70	19.40	9.20	8340	-	-
5	40.50	20.00	8.80	8090	-	-
6	40.10	19.90	9.20	8070	-	-
PROMEDIO					NO PRESENTA	

Tabla 43
Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.25% de fibra de BCA

MUESTRAS CON 0.25% DE FIBRA DE BCA						
Muestras	MEDIDAS			Peso seco	Peso saturado	Absorción
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	(gr)	(gr)	(%)
1	39.00	19.80	9.80	7920	-	-
2	39.50	19.80	9.80	7850	-	-
3	39.40	19.40	9.80	8100	-	-
4	39.10	19.40	9.20	7780	-	-
5	39.00	19.50	9.30	7710	-	-
6	39.30	19.70	9.40	7740	-	-

Tabla 44
Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.50% de fibra de BCA

MUESTRAS CON 0.50% DE FIBRA DE BCA						
Muestras	DIMENSIONES			Peso seco	Peso saturado	Absorción
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	(gr)	(gr)	(%)
1	38.90	18.80	9.10	6880	7470	8.58
2	38.90	19.60	9.50	7340	8020	9.26
3	39.20	19.20	9.30	7050	7580	7.52
4	39.50	20.00	9.30	7190	7650	6.40
5	39.30	20.40	9.50	7310	7860	7.52
6	39.40	19.30	9.40	7250	7920	9.24
PROMEDIO						8.09

Tabla 45
Datos del ensayo de absorción en las unidades de adobe con 0.75% de fibra de BCA

MUESTRAS CON 0.75% DE FIBRA DE BCA						
Muestras	DIMENSIONES			Peso seco	Peso saturado	Absorción
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	(gr)	(gr)	(%)
1	38.90	19.40	9.00	7110	7510	5.63
2	38.60	19.00	9.30	7000	7410	5.86
3	39.00	19.10	9.80	6990	7380	5.58
4	38.90	19.40	9.80	6900	7250	5.07
5	39.00	19.40	9.10	6870	7270	5.82
6	38.70	19.30	9.70	6980	7350	5.30
PROMEDIO						5.54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

RESUTADOS Y DISCUSIÓN

3.12. Resultados del suelo

3.12.1. Sectorización.

Se dividió en dos sectores la zona a estudiar: S1 Y S2, indicando que en el primer sector se realizaron dos calicatas de las cuales se encontró un suelo adecuado según la norma E.080, mientras que en el segundo sector se realizaron tres calicatas que no presentaron un suelo apto para la elaboración de los adobes.

Tabla 46

Clasificación del suelo de Cascajal bajo y anexos

CLASIFICACION					
			AASHTO	SUCS	
SECTOR	CALICATA	TIPO	DESCRIPCION	TIPO	DESCRIPCION
S1	N°1	A-4	Suelo arcilloso	SC	Arena arcillosa, mezcla arena-arcilla
	N°2	A-4	Suelo arcilloso	SC	Arena arcillosa, mezcla arena-arcilla
S2	N°3	A-4	Suelo limoso	CL-ML	Arcilla y limo inorgánico de baja plasticidad
	N°4	A-6	Suelo arcilloso	SC	Arena arcillosa, mezcla arena-arcilla
	N°5	A-6	Suelo arcilloso	SC	Arena arcillosa, mezcla arena-arcilla

3.13. Resultados de prueba de campo

Tabla 47

Resultados de las pruebas de campo

PRUEBAS	PARÁMETRO	MUESTRA
COLOR	suelos orgánicos de color negro	NO
* Los suelos inorgánicos	Suelos inorgánicos de color claro	SI
son suelos aptos	suelos limosos presenta color gris claro	NO
OLFATIVA	Suelos Orgánicos presentan olor rancio	NO
* Los suelos sin olor		
rancio son suelos aptos		
	Suelos arenosos rechinan entre los	SI
DENTAL	dientes, sensación desagradable.	
* Los suelos arenosos son	Suelos limosos rechinan ligeramente,	NO
suelos aptos	más suaves que los arenosos.	
BRILLO	Suelos arenosos presentan opacidad	SI
* Los suelos opacos y	Suelos limosos presentan poco brillo	NO
brillantes son suelos aptos	Suelos arcillosos son muy brillantes	SI
GRANULOMETRICA	Se determinan sus proporciones según	Arena (2.1 cm) 25.61%,
Prueba de la botella	sus alturas.	Limo y Arcilla (6.1 cm)
		74.39%
CINTA DE BARRO	La longitud de la cinta deberá estar	La longitud que la cinta
	entre 10 - 20 cm	alcanzó es de 19 cm
PLASTICIDAD	La longitud del rollo deberá estar entre	La longitud que el rollo
	5 - 15 cm	alcanzó es de 10 cm
RESISTENCIA SECA	Las bolitas formadas no deben presentar	Al término de las 48
	agrietamientos	horas las cuatro bolitas
		no presentaron
		agrietamientos

Preliminarmente de la preparación de las unidades de adobe, se realizaron las pruebas de campo prescritas en la norma (E.080, 2017) y otras pruebas complementarias que se consideraron las más significativas. Resultando que el suelo utilizado cumplía con cada una de las indicaciones de las pruebas mencionadas, con base en estos resultados se realizaron estudios de laboratorio para obtener mayor información sobre el material utilizado en este presente estudio.

3.14. Resultados de los ensayos de suelo en el laboratorio.

Se encontró que el suelo apto correspondiente a la norma E080, fue del sector 1, ya que la gradación prescrita del suelo para la fabricación de unidades de adobe en la norma (E.080, 2017), nos muestra la siguiente composición: arcilla del 10% - 20%, limo del 15% - 25% y arena de 55% al 70%. De esta manera el rango promedio para finos estaría comprendido entre 25% - 45%.

Tabla 48

Ensayo de laboratorio del suelo de las calicatas

ENSAYO DE LABORATORIO					
	S1			S2	
ENSAYOS	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
Contenido de humedad (%)	10.49%	14.62%	10.73%	4.21%	9.94%
Limite liquido (LL)	24%	20%	20%	29%	26%
Limite plástico (LP)	16%	12%	14%	17%	15%
Índice de plasticidad (IP)	8	8	6	12	11
Tipo de suelo (SUCS)	SC	SC	CL -ML	SC	SC
Tipo de suelo (AASHTO)	A-4	A-4	A-4	A-6	A-6

El suelo utilizado en esta presente investigación fue del sector 1, el cual tuvo dos calicatas que presentaron el siguiente resultado: S1-CT1 presento; 0% de grava, 63.18% de arena y 36.82% de finos, y el S1-CT2 presento; 1.40% de grava, 63.31% de arena y 35.29% de finos, comparándolos con los porcentajes de gradación del suelo que la norma E.080 reglamenta, encontramos que se encuentra dentro del rango permitido. (Ver anexo A)

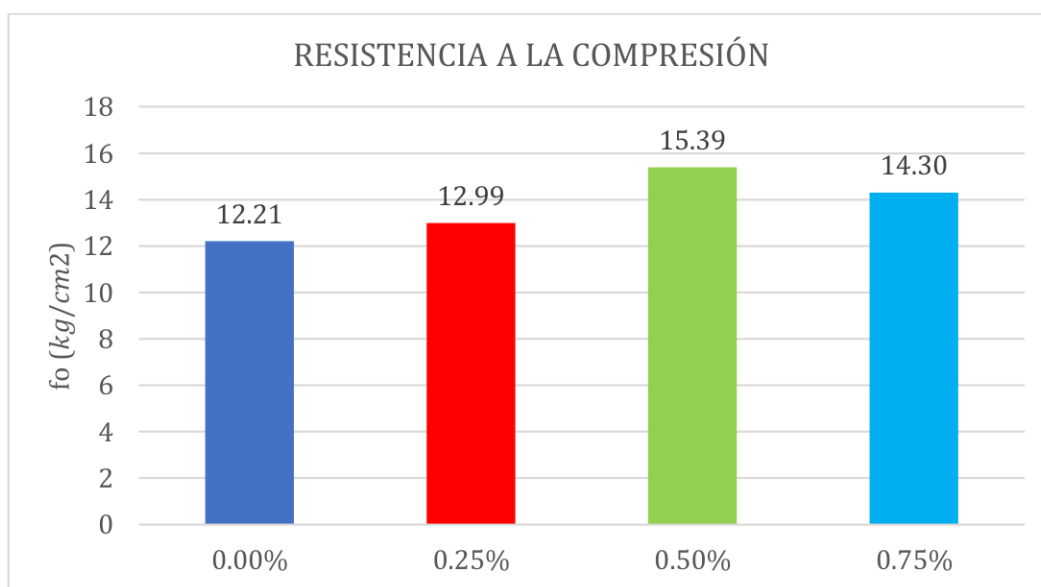
3.15. Resultados de los ensayos de las unidades de adobe en laboratorio

3.15.1. Resultado de la resistencia a la compresión

De acuerdo con la tabla 70, la Norma E 080 establece que la resistencia mínima requerida es de 10.2 kgf/cm². El promedio de resistencia del adobe patrón fue de 12.21 kgf/cm². Por otro lado, los adobes con fibra de BCA mostraron resultados positivos, destacando la adición de 0.50% de fibra de BCA, que presentó un promedio de 15.39 kgf/cm².

Figura 61

Comparación de la resistencia a la compresión de los adobes estabilizado con fibras de BCA



Se puede observar que al incorporar fibras de BCA en un 0.25% se incrementó la resistencia en un 6.39% con respecto al adobe patrón, por otro lado, se evidencio que al 0.50% de fibra aumento el porcentaje de resistencia en un 26.04%, mientras que al seguir

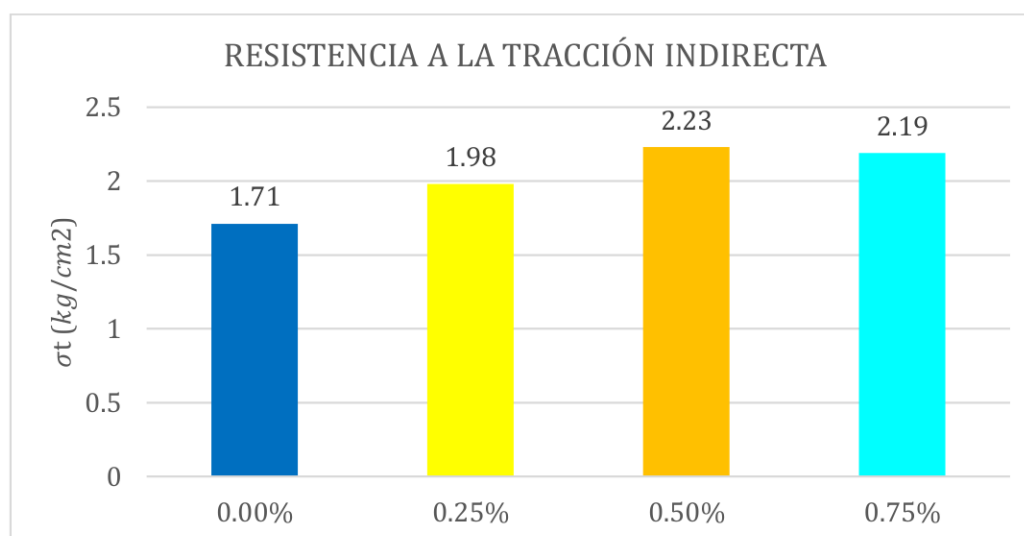
incorporando fibras de BCA en un 0.75% se evidencia una reducción en resistencia del 8.94% con respecto al adobe con 0.50% de fibra de BCA.

3.15.2. Resultados de la resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

De acuerdo con la tabla 71, la Norma E 080 establece que la resistencia mínima es de 0.8 kgf/cm². En este contexto, el promedio de resistencia del adobe patrón fue de 1.71 kgf/cm², superando el mínimo requerido. Además, los adobes que incorporaron fibra de BCA mostraron resultados positivos, destacando la muestra con un 0.50% de fibra de BCA, que logró la mayor resistencia con un promedio de 2.23 kgf/cm².

Figura 62

Comparación del ensayo de resistencia a la Tracción indirecta del adobe estabilizado con fibras de BCA



Se puede observar que al incorporar fibras de BCA en un 0.25% se incrementó la resistencia en un 15.94% con respecto al adobe patrón, por otro lado, se evidenció que al 0.50% de fibra aumentó el porcentaje de resistencia en un 30.53%, mientras que al seguir incorporando fibras de BCA en un 0.75% se evidencia una reducción en resistencia del 2.71% con respecto al adobe con 0.50% de fibra de BCA.

3.15.3. Resultados de la variación dimensional

En la prueba de Variación Dimensional, los bloques de adobe se sometieron a los procedimientos establecidos por la NTP 399.613. El resultado mostró una variación en la longitud y ancho promedio de entre 3% y 5% para todos los bloques, lo cual es aceptable. Esto se debe a que, al desmoldar los bloques, tienden a asentarse debido a la humedad del material.

Figura 63

Comparación de la variación dimensional (largo) de los adobes estabilizados con BCA

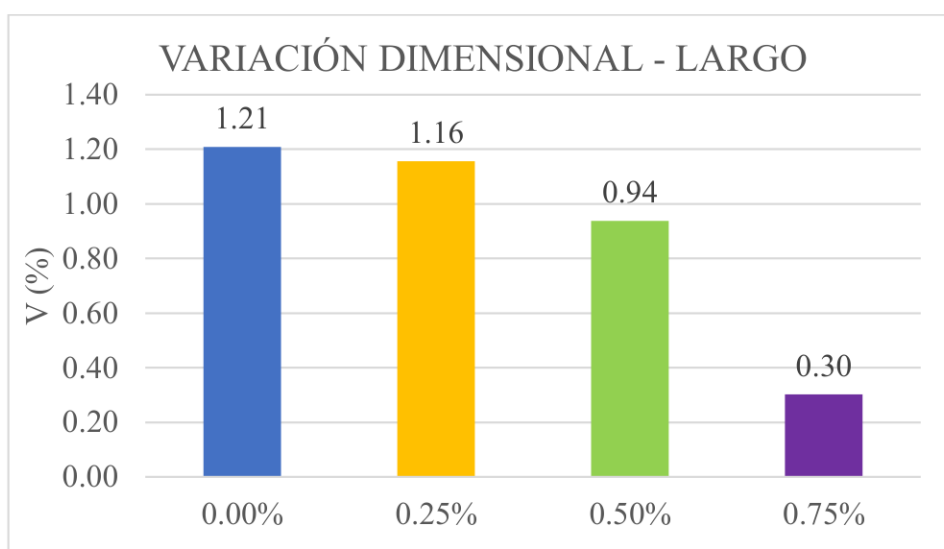


Figura 64

Comparación de la variación dimensional (ancho) de los adobes estabilizados con BCA

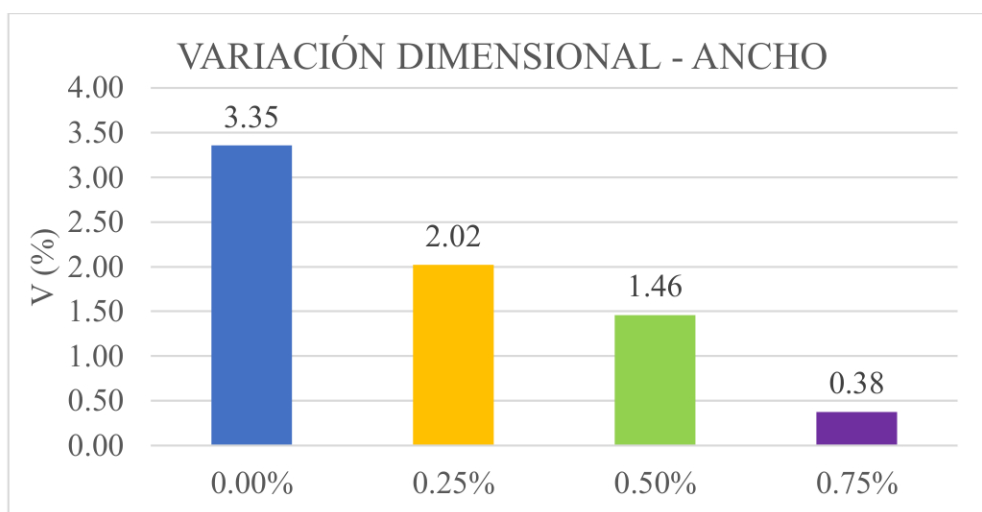
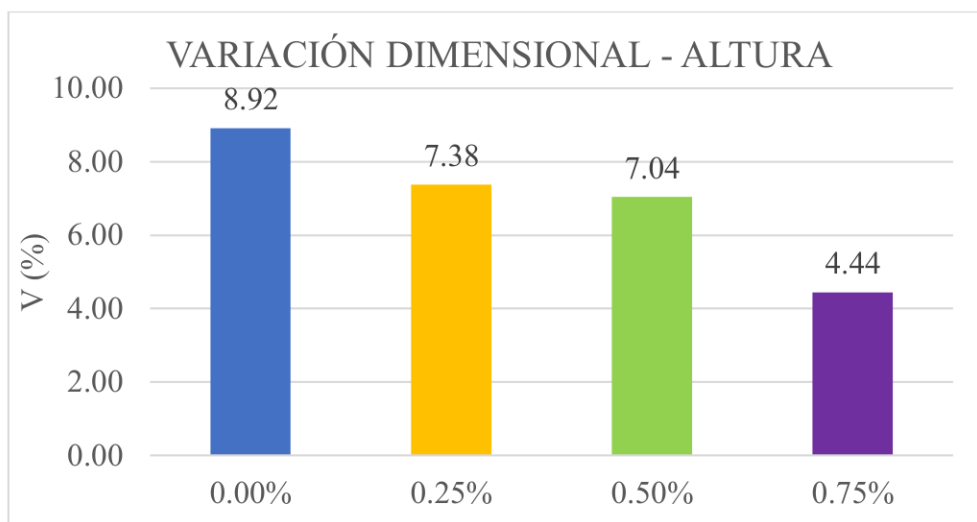


Figura 65

Comparación de la variación dimensional (altura) de los adobes estabilizados con BCA



Los factores que se pueden observar en las unidades de adobe con respecto a su variación dimensional son los siguientes: primeramente, los suelos utilizados para la elaboración de bloques de adobe deben tener poca arcilla ya que las propiedades de la misma hacen que se expanda con el agua al momento del mezclado de la pasta de barro, y se contraiga en su proceso de secado. El segundo factor está relacionado con el encofrado de las unidades de adobe, el cual tiende a expandirse con presencia de agua, dando lugar a una diferencia en sus dimensiones diseñadas, en comparación con las dimensiones después del desencofrado.

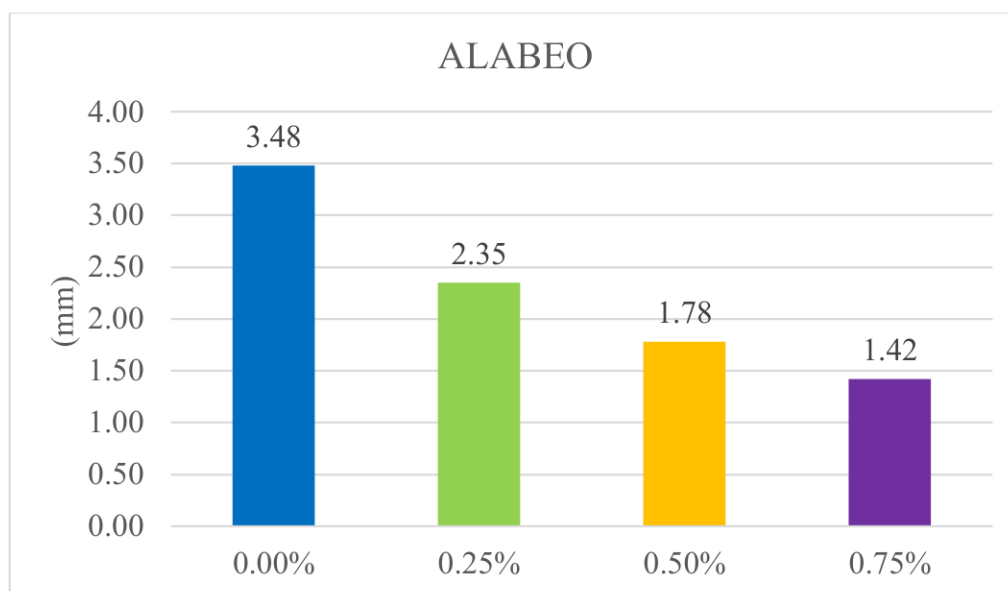
Analizando las medidas, se observa que la mayor variación dimensional se da en su altura, posteriormente en su ancho y finalmente su largo. En conclusión, el uso de fibras de BCA reduce su variación dimensional de las muestras de adobe cuando se aumenta la dosis de fibra, por lo que un resultado favorable se presenta en la dosis de 0.75%, donde la variación dimensional del adobe estabilizado es mucho más pequeña en comparación con el adobe sin fibra, disminuyendo del 1.21 al 0.30 en su longitud, del 3.35 al 0.38 en ancho y altura del 5.17 al 3.62. Por tanto, una dosis del 0.75% se considera óptima para reducir o controlar su variación dimensional.

3.15.4. Resultados del alabeo

En la tabla 75 el resultado del análisis revela que tanto los adobes control como la adición de fibra de BCA al 0.25 %, 0.50 % y 0.75% muestran deformaciones en forma de alabeo, es decir, curvaturas hacia adentro y hacia afuera. Se observa que los adobes con adición de fibras de BCA presentan menores deformaciones de alabeo a medida que aumenta el porcentaje de BCA añadido.

Figura 66

Comparación del alabeo del adobe estabilizado con fibras de BCA



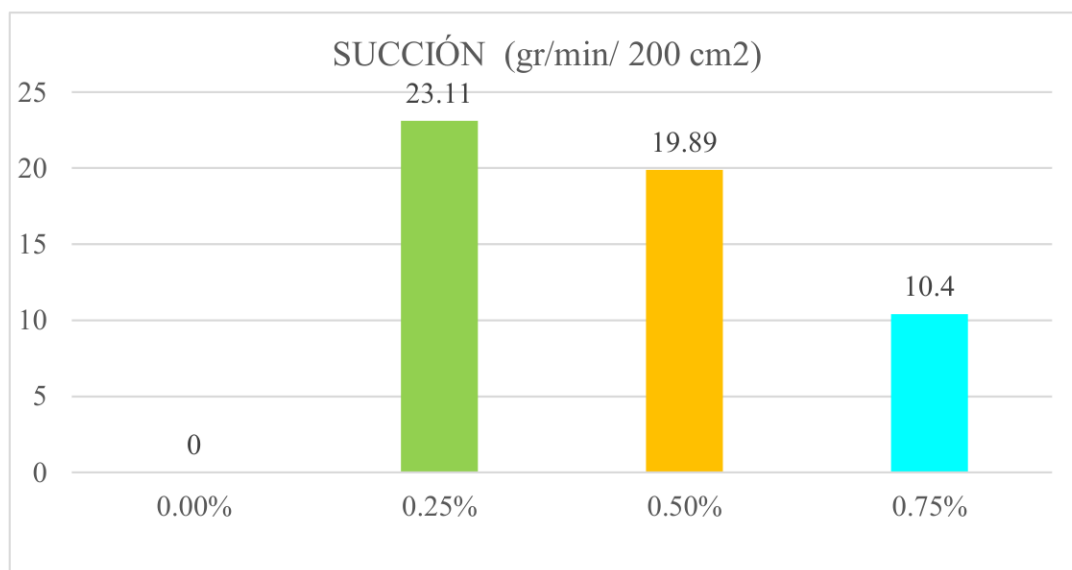
En este presente estudio el tipo de alabeo mostrado es del cóncavo y convexo en sus dos caras debido a que su proceso de desmoldado los bloques de adobe se realiza de abajo hacia arriba. El alabeo promedio del adobe con 0.00% es de 3.48 mm y a medida que aumenta la dosificación de fibra la curvatura disminuye gradualmente hasta disminuir a 2.37 mm, en la dosificación de 0.25%, a la dosis del 0.50% el alabeo disminuye a 1.78 mm. No obstante, en la dosis de 0.75% de fibra el resultado es más favorable ya que la distorsión se reduce a 1.42 mm.

Por lo cual la dosis óptima para reducir o controlar el alabeo es del 0.75% de fibra de BCA respecto del peso seco del suelo.

3.15.5. Resultados del ensayo de succión

Figura 67

Porcentaje de succión del adobe estabilizado con 0.00%, 0.25%, 0.50% y 0.75% de BCA



Se concluye según los resultados, que no se llegó a evaluar las muestras de adobe sin fibra BCA debido a que en la mitad del proceso del ensayo se comenzaba a perder el material del adobe al contacto con el agua, haciendo que el peso de los adobes en saturación sea menor que en seco. Sin embargo, los valores de succión para las adiciones de muestras de adobe con 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra BCA son de 23.11, 19.98 y 10.40 gr/min/200cm² respectivamente. Mostrando una mejora cuando se le adiciona 0.75% de BCA.

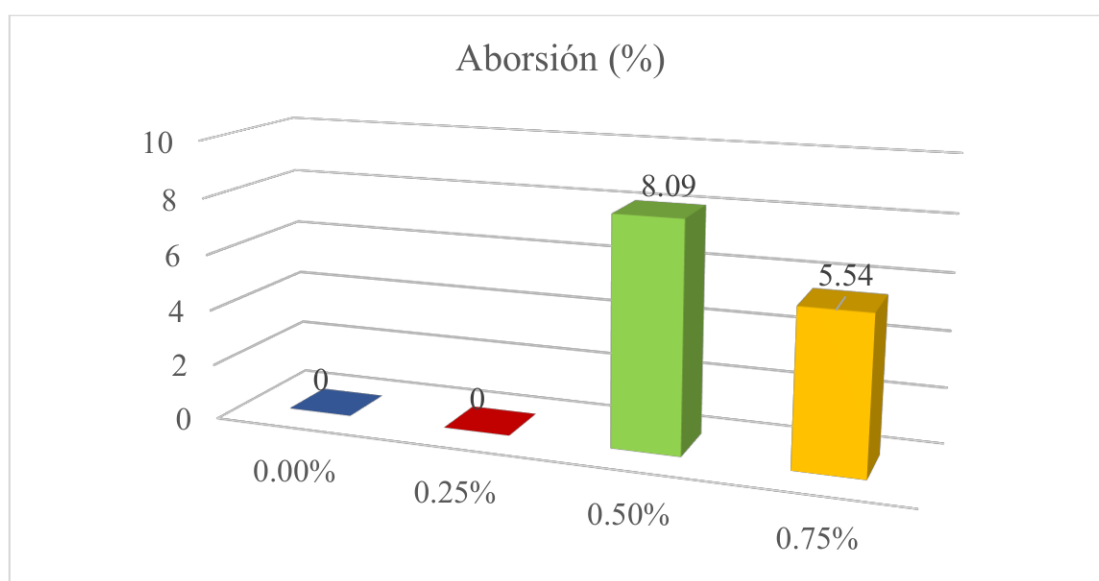
3.15.6. Resultados de la prueba de absorción

Es importante destacar que ni el adobe Patrón ni el adobe con adición de 0.25% de fibra de BCA lograron resistir el período de inmersión requerido de 24 horas, lo que impidió calcular su porcentaje de absorción. No obstante, el tiempo durante el cual los bloques resistieron antes

de colapsar completamente bajo el agua, fueron de un promedio de 3 horas para el adobe patrón, y 13 horas para los bloques con adición de 0.25% de BCA, esta información se tomará como una referencia para evaluar su resistencia al agua.

Figura 68

Datos de absorción en el adobe estabilizado con 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA



Es importante destacar que ni el adobe Patrón ni el adobe con adición de 0.25% de fibra de BCA lograron resistir el período de inmersión requerido de 24 horas, lo que impidió calcular su porcentaje de absorción. No obstante, el tiempo durante el cual los bloques resistieron antes de colapsar completamente bajo el agua, fueron de un promedio de 3 horas para el adobe patrón, y 13 horas para los bloques con adición de 0.25% de BCA, esta información se tomará como una referencia para evaluar su resistencia al agua.

Por otro lado, las muestras de adobes con dosis de 0.50% y 0.75% con fibra BCA si pudo registrar datos de esta prueba. De estos datos se puede observar que al incrementar el porcentaje del estabilizante natural aminora el valor de su absorción.

3.16. Prueba de hipótesis

En esta sección, se realizaron comparaciones de las hipótesis propuestas mediante un análisis de varianza (ANOVA). Este análisis permitió evaluar las diferencias estadísticas entre cuatro tipos de adobe: uno sin BCA (0.00%) y los otros con 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA. Posteriormente, se aplicó la prueba Post Hoc de Tukey para identificar las diferencias específicas entre estos cuatro tipos de adobe. Se consideraron los siguientes aspectos:

- Se utilizó un nivel de confianza del 95%.
- La regla de decisión establece que si el nivel de significancia del ANOVA es inferior a $\alpha = 0.05$, se acepta la hipótesis alterna (H_1)

3.16.1. Primera prueba de hipótesis específica

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa la resistencia a la compresión del adobe.

b. Hipótesis estadísticas:

- H_0 : Las medias de resistencia a la compresión para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.
- H_1 : Al menos una de las medias de resistencia a la compresión entre las cuatro dosis es diferente.

Tabla 49

Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión

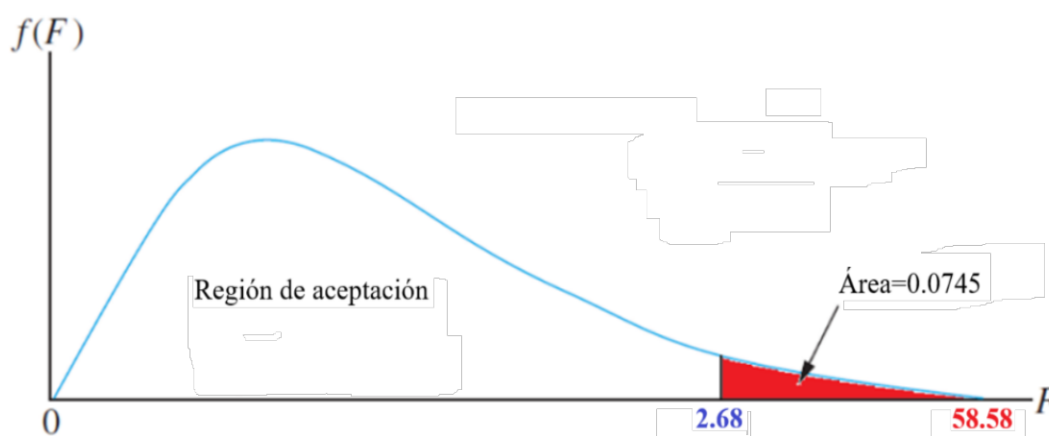
ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	35.585	3	11.862	58.575	<.001
Dentro de grupos	4.050	20	.203		
Total	39.635	23			

El nivel de significancia calculado fue 0.001. De acuerdo con la regla de decisión, dado que este valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis de diferencia de medias entre los grupos evaluados en términos de compresión. En otras palabras, al menos un diseño fue diferente al resto en cuanto a la resistencia a la compresión del adobe.

Para una mejor apreciación se presenta la figura 69 en donde se observa que el valor del f crítico (58.58) se encuentra dentro del rango de rechazo de la hipótesis nula.

Figura 69

Distribuidor F de Snedecor para la resistencia a la compresión



Concluyendo que si hay diferencias entre los cuatro diseños de fibra de BCA, al menos uno de ellos ha mostrado valores distintos en términos de compresión. Para identificar cuál diseño era el diferente, se llevaron a cabo pruebas post-hoc.

Tabla 50
Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la resistencia a la compresión

HSD Tukey						
(I) % DE	(J) % DE	Diferencia	Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
BCA	BCA	de medias (I- J)	estándar		95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	-.78000*	.25981	.033	-1.5072	-.0528
	0.50%	-3.17833*	.25981	<.001	-3.9055	-2.4511
	0.75%	-2.08833*	.25981	<.001	-2.8155	-1.3611
0.25%	0.00%	.78000*	.25981	.033	.0528	1.5072
	0.50%	-2.39833*	.25981	<.001	-3.1255	-1.6711
	0.75%	-1.30833*	.25981	<.001	-2.0355	-.5811
0.50%	0.00%	3.17833*	.25981	<.001	2.4511	3.9055
	0.25%	2.39833*	.25981	<.001	1.6711	3.1255
	0.75%	1.09000*	.25981	.002	.3628	1.8172
0.75%	0.00%	2.08833*	.25981	<.001	1.3611	2.8155
	0.25%	1.30833*	.25981	<.001	.5811	2.0355
	0.50%	-1.09000*	.25981	.002	-1.8172	-.3628

Tabla 51
HSD de tukey para compresión

HSD Tukey ^a					
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
BCA		1	2	3	4
0.00%	6	12.2083			
0.25%	6		12.9883		
0.75%	6			14.2967	
0.50%	6				15.3867
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la Tabla 50, al comparar se observó una diferencia significativa entre las cuatro dosis de fibra de BCA (sig.=0.001). Esto indica que hay diferencias entre todos los porcentajes de fibra de BCA. Este mismo resultado se corrobora en la Tabla 51, en el cual se muestra que todas las dosis pertenecen a diferentes grupos, siendo la dosis de 0.50% de BCA el cual tuvo mejor desempeño en la resistencia a la compresión con 15.38 kg/cm².

3.16.2. Segunda prueba de hipótesis específica

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa la resistencia a la tracción indirecta del adobe.

b. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las medias de resistencia a la tracción indirecta para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.
- H1: Al menos una de las medias de resistencia a la tracción indirecta de las cuatro dosis es diferente.

Tabla 52

Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la tracción

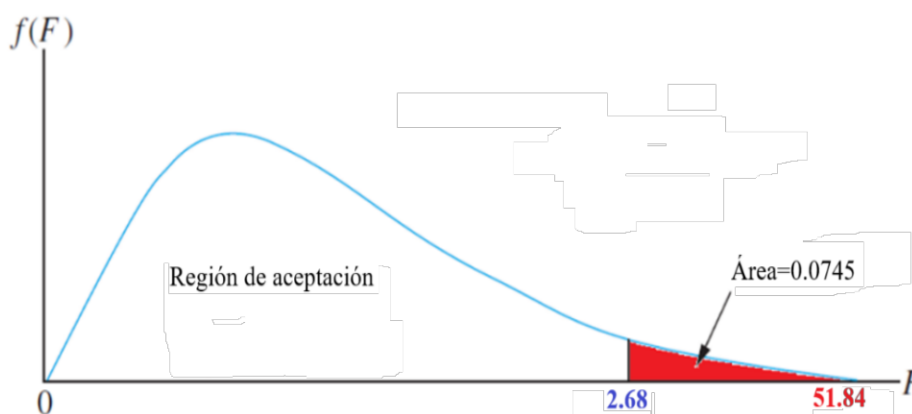
	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.017	3	.339	51.837	<.001
Dentro de grupos	.131	20	.007		
Total	1.148	23			

El nivel de significancia obtenido mostró un valor de ANOVA de 0.001. Según la regla de decisión, dado que este valor es inferior a 0.05, se acepta la hipótesis de que existe una diferencia en las medias de tracción indirecta entre los grupos evaluados. Esto indica que al menos uno de los diseños presentó una variación en la tracción indirecta del adobe en comparación con los otros.

Para una mejor apreciación se presenta la figura 70 en donde se observa que el valor del f crítico (51.84) se encuentra dentro del rango de rechazo de la hipótesis nula.

Figura 70

Distribuidor F de Snedecor para la resistencia a la tracción



Concluyendo que existen diferencias entre las cuatro dosis de adobe; al menos una de ellas muestra valores de tracción indirecta distintos. Para determinar cuál dosis mostró esta diferencia, se realizaron pruebas post-hoc.

Tabla 53

Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la resistencia a la tracción

HSD Tukey						
(I) % DE BCA	(J) % DE BCA	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	-.27000*	.04670	<.001	-.4007	-.1393
	0.50%	-.52167*	.04670	<.001	-.6524	-.3910
	0.75%	-.47500*	.04670	<.001	-.6057	-.3443
0.25%	0.00%	.27000*	.04670	<.001	.1393	.4007
	0.50%	-.25167*	.04670	<.001	-.3824	-.1210
	0.75%	-.20500*	.04670	.001	-.3357	-.0743
0.50%	0.00%	.52167*	.04670	<.001	.3910	.6524
	0.25%	.25167*	.04670	<.001	.1210	.3824
	0.75%	.04667	.04670	.751	-.0840	.1774
0.75%	0.00%	.47500*	.04670	<.001	.3443	.6057
	0.25%	.20500*	.04670	.001	.0743	.3357
	0.50%	-.04667	.04670	.751	-.1774	.0840

Tabla 54
HSD de tukey para tracción

HSD Tukey ^a				
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
BCA		1	2	3
0.00%	6	1.7117		
0.25%	6		1.9817	
0.75%	6			2.1867
0.50%	6			2.2333
Sig.		1.000	1.000	.751

En la Tabla 53 se observa que la comparación entre los diseños fue significativa (sig.=0.001) en la mayoría de los casos, salvo en la comparación entre el 0.50% y el 0.75% (sig.=0.751 > 0.05). Esto indica que hay diferencias entre el diseño con 0% y los otros diseños, así como entre el diseño con 0.25% y los demás. La Tabla 54 confirma estos hallazgos, mostrando que los diseños con 0.50% y 0.75% pertenecen estadísticamente al mismo grupo. Además, la dosis 0.50% demostró el mejor desempeño en la resistencia a la tracción indirecta.

3.16.3. Tercera Prueba de hipótesis específica

3.16.3.1. Variación dimensional

La prueba de hipótesis se llevó a cabo de manera independiente para el largo, ancho y alto de las unidades de adobe, considerando adiciones de fibra de BCA del 0.25%, 0.50% y 0.75%, así como para el diseño del patrón.

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa la variación dimensional.

b. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las medias de variación dimensional para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.

- H1: Al menos una de las medias de variación dimensional entre las cuatro dosis es diferente.

Tabla 55

Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (largo)

	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.507	3	.169	.859	.478
Dentro de grupos	3.934	20	.197		
Total	4.441	23			

Figura 71

Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (largo)

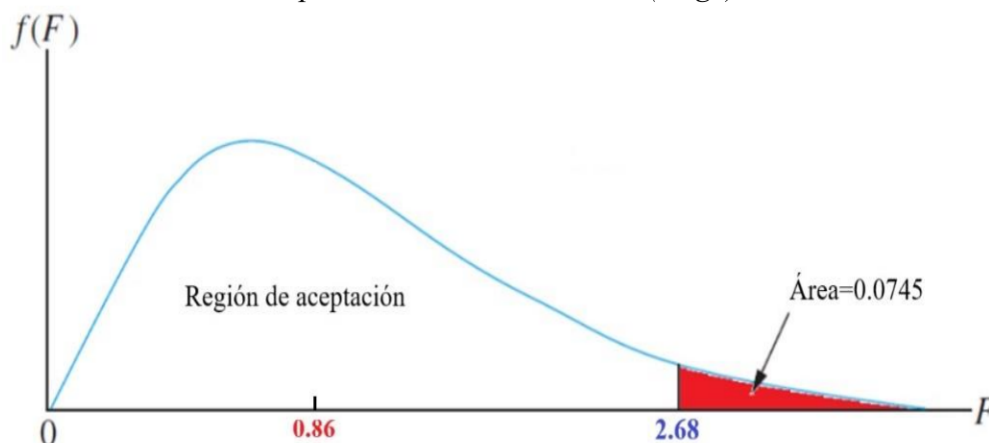


Tabla 56

Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (ancho)

	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.109	3	.370	2.875	.062
Dentro de grupos	2.572	20	.129		
Total	3.682	23			

Figura 72

Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (ancho)

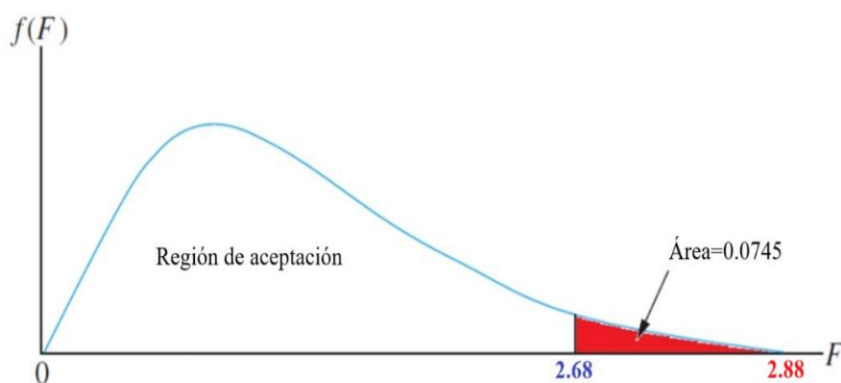


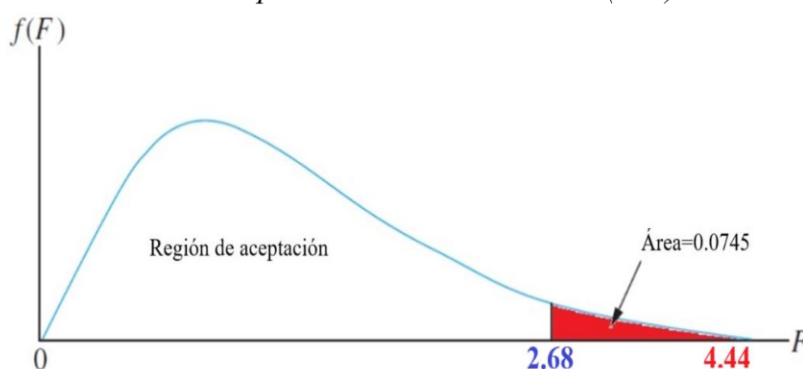
Tabla 57

Análisis de Varianza (ANOVA) para variación dimensional (alto)

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.614	3	.205	4.435	.015
Dentro de grupos	.923	20	.046		
Total	1.537	23			

Figura 73

Distribuidor F de Snedecor par variación dimensional (alto)



Para una mejor apreciación se muestra la figura 71, en donde indica que el f crítico (0.36), se encuentra dentro del rango de aceptación de la hipótesis nula, mientras que en las figuras 72 y 73, se observa que el f crítico (2.88 y 4.44) se encuentran dentro del rango de rechazo de la hipótesis nula.

Según la Tabla 55 y 56 donde se aprecia el análisis dimensional de largo y ancho del adobe, la significancia indica que el valor del ANOVA fue mayor a 0.05, indicando que no hay diferencias significativas entre los diseños presentados, por esa razón no se realizó la prueba tukey. Por otro lado, en la Tabla 57 se observa que la altura del adobe la significancia si fue menor a 0.05 concluyendo de que si se acepta la hipótesis de que existe una diferencia en las medias variación dimensional en todo su alto entre los grupos evaluados. Esto sugiere que al menos uno de los diseños mostró una diferencia en la altura de las unidades de adobe en comparación con los demás.

Concluyendo que hay diferencias entre las cuatro dosis de adobe; al menos una de ellas muestra valores de variación dimensional en toda su altura diferentes. Para identificar cuál dosis fue el que presentó una diferencia, se llevaron a cabo pruebas post-hoc.

Tabla 58

HSD de tukey para variación dimensional (alto)

HSD Tukey ^a			
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
BCA		1	2
0.00%	6	9.1117	
0.25%	6	9.2650	9.2650
0.50%	6	9.2983	9.2983
0.75%	6		9.5567
Sig.		.453	.120

Al comparar las diferentes dosis, solo se observó una diferencia significativa entre las dosis con 0.00% y 0.75% de BCA ($p = 0.018$); no se encontraron diferencias con las otras dosis. Este hallazgo se confirma en la Tabla 58, donde la dosis con 0.75% de fibra de BCA pertenece a un grupo distinto que de las demás dosis.

3.16.3.2. Alabeo

Para el ensayo de alabeo, se llevaron a cabo dos análisis estadísticos: uno para evaluar la concavidad y otro para la convexidad de las unidades de adobe.

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa el alabeo.

b. Hipótesis estadísticas:

- H_0 : Las medias de alabeo para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.
- H_1 : Al menos una de las medias de alabeo entre las cuatro dosis es diferente.

Tabla 59

Análisis de Varianza (ANOVA) para alabeo (concavidad)

	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	42.274	3	14.091	55.255	<.001
Dentro de grupos	5.100	20	.255		
Total	47.374	23			

Figura 74

Distribuidor F de Snedecor para alabeo (concavidad)

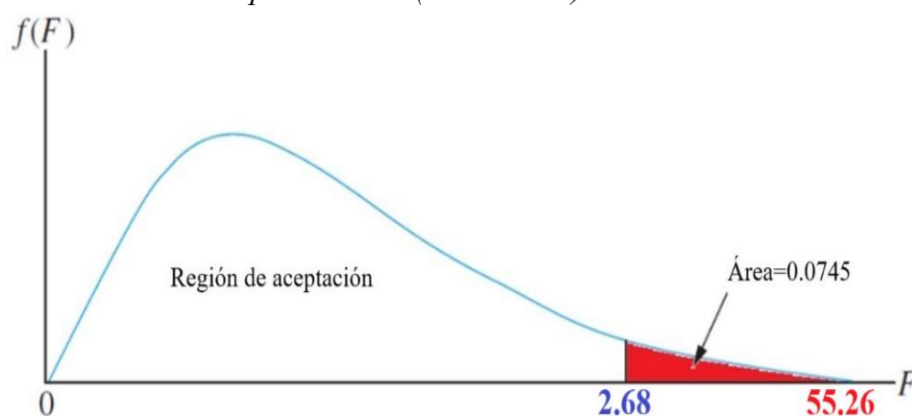


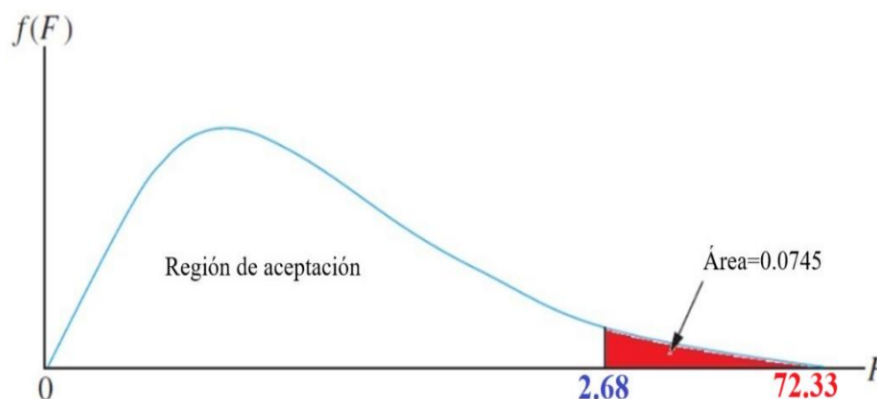
Tabla 60

Análisis de Varianza (ANOVA) para alabeo (convexidad)

	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.474	3	.491	72.331	<.001
Dentro de grupos	.136	20	.007		
Total	1.610	23			

Figura 75

Distribuidor F de Snedecor para alabeo (convexidad)



Para una mejor apreciación se muestran las figuras 74 y 75 en donde indica que el f crítico (55.26 y 72.33) se encuentra en el rango donde se rechaza la hipótesis nula.

En la Tabla 59 y 60 el nivel de significancia obtenido muestra que el valor del ANOVA fue inferior a 0.001 en ambos casos. De acuerdo con la regla de decisión, dado que este valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis de que existe una diferencia en las medias de alabeo entre los grupos evaluados. Esto sugiere que al menos uno de los diseños mostró una diferencia en el alabeo de los bloques de adobe en comparación con los demás.

Concluyendo que existen diferencias entre las cuatro dosis de adobe; al menos una de ellas muestra valores de alabeo distintos. Para determinar cuál dosis presentó esta diferencia, se realizaron pruebas post-hoc.

Tabla 61

Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con el alabeo (concavidad)

HSD Tukey						
(I) % DE	(J) % DE	Diferencia	Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
BCA	BCA	de medias (I-J)	estándar		95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	2.08333*	.29156	<.001	1.2673	2.8994
	0.50%	3.01667*	.29156	<.001	2.2006	3.8327
	0.75%	3.44167*	.29156	<.001	2.6256	4.2577
0.25%	0.00%	-2.08333*	.29156	<.001	-2.8994	-1.2673
	0.50%	.93333*	.29156	.021	.1173	1.7494
	0.75%	1.35833*	.29156	<.001	.5423	2.1744
0.50%	0.00%	-3.01667*	.29156	<.001	-3.8327	-2.2006
	0.25%	-.93333*	.29156	.021	-1.7494	-.1173
	0.75%	.42500	.29156	.480	-.3911	1.2411
0.75%	0.00%	-3.44167*	.29156	<.001	-4.2577	-2.6256
	0.25%	-1.35833*	.29156	<.001	-2.1744	-.5423
	0.50%	-.42500	.29156	.480	-1.2411	.3911

Tabla 62

HSD de tukey para alabeo (concavidad)

HSD Tukey ^a				
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
BCA		1	2	3
0.75%	6	1.7250		
0.50%	6	2.1500		
0.25%	6		3.0833	
0.00%	6			5.1667
Sig.		.480	1.000	1.000

Tabla 63

Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con el alabeo (convexidad)

HSD Tukey						
(I) % DE	(J) % DE	Diferencia	Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
BCA	BCA	de medias (I-J)	estándar		95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	.17500*	.04758	.007	.0418	.3082
	0.50%	.37500*	.04758	<.001	.2418	.5082
	0.75%	.66667*	.04758	<.001	.5335	.7998
0.25%	0.00%	-.17500*	.04758	.007	-.3082	-.0418
	0.50%	.20000*	.04758	.002	.0668	.3332
	0.75%	.49167*	.04758	<.001	.3585	.6248
0.50%	0.00%	-.37500*	.04758	<.001	-.5082	-.2418
	0.25%	-.20000*	.04758	.002	-.3332	-.0668
	0.75%	.29167*	.04758	<.001	.1585	.4248
0.75%	0.00%	-.66667*	.04758	<.001	-.7998	-.5335
	0.25%	-.49167*	.04758	<.001	-.6248	-.3585
	0.50%	-.29167*	.04758	<.001	-.4248	-.1585

Tabla 64

HSD de tukey para alabeo (convexidad)

HSD Tukey ^a					
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
BCA		1	2	3	4
0.75%	6	1.1167			
0.50%	6		1.4083		
0.25%	6			1.6083	
0.00%	6				1.7833
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la Tabla 61 y 63 se observa que en la concavidad la comparación entre los diseños resultó significativa ($\text{sig.}=0.001$) en la mayoría de los casos, a excepción de la comparación entre el 0.75% y 0.50% ($\text{sig.}=0.480 > 0.05$). Esto sugiere que hay diferencias entre el diseño con 0.00% y los demás diseños, así como entre el diseño con 0.25% y los demás. Mientras que en la convexidad se observó que todos los diseños presentaron una diferencia significativa. Estos hallazgos se confirman en la Tabla 62 y 64, que muestra que con respecto a la concavidad los diseños con 0.50% y 0.75% pertenecen estadísticamente al mismo grupo, mientras que los diseños con 0.00% y 0.25% son distintos. Mientras que en la convexidad todos los diseños pertenecen a distintos grupos. Concluyendo que el diseño con 0.75% es el que presentó un mejor desempeño frente al alabeo en el bloque de adobe.

3.16.3.3. Succión

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa la succión.

b. Hipótesis estadísticas:

- H_0 : Las medias de succión para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.
- H_1 : Al menos una de las medias de succión entre las cuatro dosis es diferente.

Tabla 65

Análisis de Varianza (ANOVA) para succión

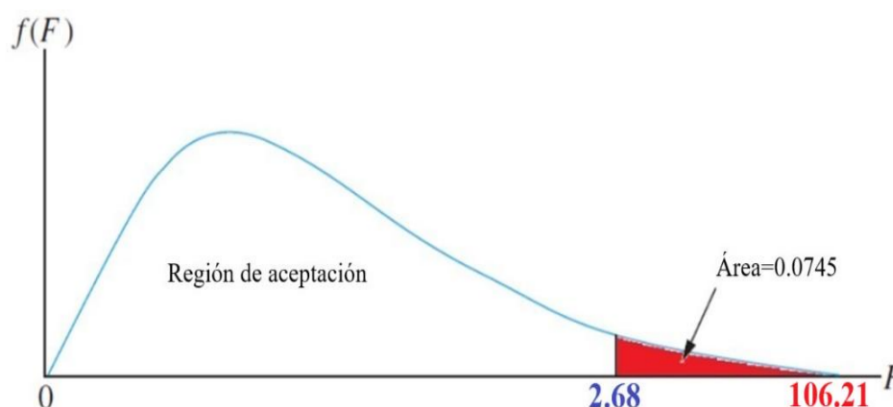
SUCCIÓN (gr/min/200 cm ²)	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1957.149	3	652.383	106.207	<.001
Dentro de grupos	122.851	20	6.143		
Total	2080.000	23			

El nivel de significancia obtenido revela que el valor del ANOVA fue menor a 0.001. Según la regla de decisión, dado que este valor es inferior a 0.05, se acepta la hipótesis de que existe una diferencia en las medias de succión entre los grupos evaluados. Esto sugiere que al menos uno de los diseños exhibió una diferencia en la succión del bloque de adobe en comparación con los demás.

Para una mejor apreciación se muestra la figura 76, en donde indica que el f crítico (106.21) está dentro del rango en donde se rechaza la hipótesis nula.

Figura 76

Distribuidor F de Snedecor para succión



Concluyendo que existen diferencias entre las cuatro dosis de adobe; al menos una de ellas muestra valores de succión distintos. Para determinar cuál dosis presentó esta diferencia, se realizaron pruebas post-hoc.

Tabla 66

Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la succión

HSD Tukey						
(I) % DE	(J) % DE	Diferencia	Error	Sig.	Intervalo de confianza al	
BCA	BCA	de medias (I-J)	estándar		95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	-23.11000*	1.43091	<.001	-27.1150	-19.1050
	0.50%	-19.98333*	1.43091	<.001	-23.9884	-15.9783
	0.75%	-10.39833*	1.43091	<.001	-14.4034	-6.3933
0.25%	0.00%	23.11000*	1.43091	<.001	19.1050	27.1150
	0.50%	3.12667	1.43091	.162	-.8784	7.1317
	0.75%	12.71167*	1.43091	<.001	8.7066	16.7167
0.50%	0.00%	19.98333*	1.43091	<.001	15.9783	23.9884
	0.25%	-3.12667	1.43091	.162	-7.1317	.8784
	0.75%	9.58500*	1.43091	<.001	5.5800	13.5900
0.75%	0.00%	10.39833*	1.43091	<.001	6.3933	14.4034
	0.25%	-12.71167*	1.43091	<.001	-16.7167	-8.7066
	0.50%	-9.58500*	1.43091	<.001	-13.5900	-5.5800

Tabla 67

HSD de tukey para succión

HSD Tukey ^a				
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
BCA		1	2	3
0.00%	6	.0000		
0.75%	6		10.3983	
0.50%	6			19.9833
0.25%	6			23.1100
Sig.		1.000	1.000	.162

En la Tabla 66 se observa que la comparación entre los diseños resultó significativa (sig.=0.001) en la mayoría de los casos, excepto en la comparación entre el 0.50% y el 0.25% (sig.=0.162 > 0.05). Esto sugiere que hay diferencias entre el diseño con 0.00% y los otros

diseños, así como entre el diseño con 0.75% y los demás. Estos resultados se confirman en la Tabla 67, que indica que los diseños con 0.50% y 0.25% estadísticamente pertenecen al mismo grupo, siendo el diseño con 0.75% el que mostró el mejor rendimiento en cuanto a la succión.

3.16.3.4. Absorción

a. Hipótesis a evaluar:

La adición de fibra de BCA como estabilizante natural afecta de manera significativa la absorción.

b. Hipótesis estadísticas:

- H0: Las medias de absorción para las cuatro dosis son iguales, lo que indica que provienen de la misma población.
- H1: Al menos una de las medias de absorción entre las cuatro dosis es diferente.

Tabla 68

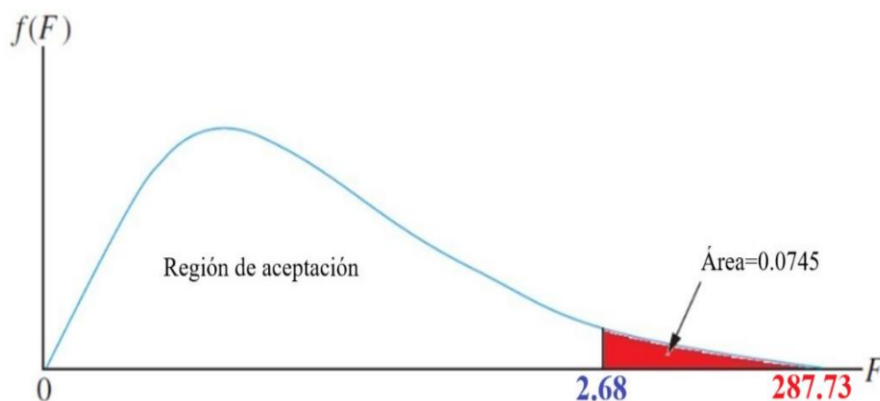
Análisis de Varianza (ANOVA) para absorción

ABSORCION (%)	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	298.071	3	99.357	287.730	<.001
Dentro de grupos	6.906	20	.345		
Total	304.977	23			

El nivel de significancia obtenido muestra que el valor del ANOVA fue inferior a 0.001. Según la regla de decisión, dado que este valor es menor a 0.05, se acepta la hipótesis de que hay una diferencia en las medias de absorción entre los grupos evaluados. Esto indica que al menos uno de los diseños presentó una diferencia en la absorción del bloque de adobe en comparación con los otros.

Figura 77

Distribuidor F de Snedecor para absorción



Para una mejor apreciación se muestra la figura 77 donde indica que el f crítico (287.73) se encuentra dentro del rango donde se rechaza la hipótesis nula.

Concluyendo que existen diferencias entre las cuatro dosis de adobe; al menos una de ellas muestra valores distintos. Para determinar esa diferencia se realizó pruebas post-hoc.

Tabla 69

Prueba de Tukey para comparar entre grupos en relación con la absorción

HSD Tukey						
(I) % DE BCA	(J) % DE BCA	Diferencia de medias (I- J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0.00%	0.25%	.00000	.33927	1.000	-.9496	.9496
	0.50%	-8.08667*	.33927	<.001	-9.0363	-7.1371
	0.75%	-5.54333*	.33927	<.001	-6.4929	-4.5937
0.25%	0.00%	.00000	.33927	1.000	-.9496	.9496
	0.50%	-8.08667*	.33927	<.001	-9.0363	-7.1371
	0.75%	-5.54333*	.33927	<.001	-6.4929	-4.5937
0.50%	0.00%	8.08667*	.33927	<.001	7.1371	9.0363
	0.25%	8.08667*	.33927	<.001	7.1371	9.0363
	0.75%	2.54333*	.33927	<.001	1.5937	3.4929
0.75%	0.00%	5.54333*	.33927	<.001	4.5937	6.4929
	0.25%	5.54333*	.33927	<.001	4.5937	6.4929
	0.50%	-2.54333*	.33927	<.001	-3.4929	-1.5937

Tabla 70
HSD de tukey para absorción

HSD Tukey ^a				
% DE	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
BCA		1	2	3
0.00%	6	.0000		
0.25%	6	.0000		
0.75%	6		5.5433	
0.50%	6			8.0867
Sig.		1.000	1.000	1.000

En la Tabla 69 se observa que la comparación entre los diseños fue significativa (sig.=0.001) en la mayoría de los casos, salvo en la comparación entre el 0.00% y el 0.25% (sig.=1 > 0.05). Esto sugiere que existen diferencias entre el diseño con 0.50% y los otros diseños, así como entre el diseño con 0.75% y los demás. La Tabla 70 confirma estos resultados, mostrando que los diseños con 0.00% y 0.25% estadísticamente pertenecen al mismo grupo, mientras que los diseños con 0.50% y 0.75% son distintos, siendo el diseño con 0.75% el que demostró un mejor rendimiento en cuanto a absorción.

3.16.4. Evaluación de hipótesis general

a. Hipótesis a evaluar:

El empleo de fibra de BCA como estabilizante natural influye de manera significativa en las propiedades del adobe.

b. Pruebas:

En el estudio, se utilizó fibra de BCA como estabilizante. Se diseñaron cuatro mezclas: una sin BCA (diseño convencional) y tres con 0.25%, 0.50% y 0.75% de BCA. Se evaluaron propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y

tracción), y propiedades físicas (variación dimensional, el alabeo, succión y absorción).

De acuerdo con los resultados obtenido, para la resistencia a la compresión, se concluyó que si existe una diferencia significativa entre las cuatro dosis de fibra de BCA (sig.=0.001). Esto indica que todas las dosis pertenecen a diferentes grupos, siendo la dosis de 0.50% de BCA el cual tuvo mejor desempeño.

De la misma manera, para la resistencia a la tracción, se concluyó que la comparación entre los diseños fue significativa (sig.=0.001) en la mayoría de los casos, salvo en la comparación entre el 0.50% y el 0.75% (sig.=0.751 > 0.05). Esto indica que los diseños con 0.50% y 0.75% pertenecen estadísticamente al mismo grupo, mientras que los diseños con 0% y 0.25% son distintos. Además, el diseño con 0.50% demostró el mejor desempeño en la resistencia a la tracción indirecta.

En cuanto a la variación dimensional y alabeo, las diferencias fueron poco notorias, especialmente en la dosis de 0.75% presentando un desempeño comparado con el resto. Por otro lado, la succión y absorción tuvieron diferencias mucho más notorias debido a que mientras más se añadía BCA mucho mejor reaccionaba frente al agua, por lo que la dosis que mejor rindió fue el de 0.75%.

Concluyendo que las propiedades si se optimizan al utilizar una dosis de 0.50% de fibra de BCA en los bloques de adobe.

3.17. Discusiones

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que la inclusión de fibra de BCA en los bloques de adobe. Así, ante los desafíos generados por diversos factores externos que afectan a los bloques de adobe en el centro poblado de Cascajal Bajo y anexos, se confirma que la fibra de BCA resulta extremadamente eficaz debido a sus destacadas propiedades de resistencia y durabilidad, jugando un papel esencial cuando se incorpora al adobe.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Rocca (2020), Kamiyama y Zavaleta (2021) y Robles (2021), donde señalan que es factible añadir como estabilizante natural a la fibra de BCA en los bloques de adobe ya que no solo mejora considerablemente sus propiedades tanto mecánicas como físicas sino que también tiene costos mínimos a comparación de estabilizantes químicos.

En relación con el primer objetivo específico, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión. La adición del 0.50% de fibra de BCA mostró los mejores resultados, alcanzando un promedio de 15.39 kgf/cm², superando el estándar de 10.2 kgf/cm² establecido por la norma E.0.80. En comparación, Rocca (2020) obtuvo el mejor resultado en resistencia a la compresión con una adición del 0.35% de fibra de BCA, logrando 29.31 kgf/cm², también por encima del estándar de la norma. De manera similar, Kamiyama y Zavaleta (2021) alcanzaron resultados positivos con una adición del 10% de fibra de BCA, obteniendo un promedio de 16.68 kgf/cm². Por otro lado, Robles (2021) demostró que el aditivo de BCA incrementa la resistencia a la compresión, con adiciones del 1%, 5% y 10%, encontrando que con un 1% de dosis la resistencia promedio fue de 15.33 kgf/cm², mientras que con las dosis del 5% y 10% se observó una disminución en la resistencia del adobe. Aunque los resultados de esta investigación varían, es relevante considerar que factores como la composición del suelo, la forma de preparación de los adobes, la dosificación de los materiales, y el ambiente en donde reposa la mezcla

pueden influir significativamente en estos resultados, así como el acomodo de las fibras en los adobes.

Para el segundo objetivo específico, se realizaron pruebas de resistencia a la tracción. La adición del 0.50% de fibra de BCA produjo los mejores resultados en resistencia a la tracción indirecta, con un promedio de 2.23 kgf/cm², superando el estándar de 0.8 kgf/cm² establecido por la norma E.0.80. Este aumento en la resistencia se atribuye a que las fibras mejoran la estabilidad mecánica, reducen el encogimiento, disminuyen la porosidad por secado y aumentan la elasticidad para soportar cargas. Sin embargo, una cantidad excesiva de fibra puede ser contraproducente, ya que puede introducir una excesiva ligereza y flexibilidad en el adobe, reduciendo su capacidad para resistir cargas externas. En comparación, Rocca (2020) obtuvo el mejor resultado en resistencia a la tracción con una adición del 0.35% de fibra de BCA, logrando 6.08 kgf/cm², que supera ampliamente el estándar de 0.8 kgf/cm² de la norma E.0.80. De manera similar, Aburto y Bravo (2018) alcanzaron resultados positivos con una adición del 10% de ceniza de BCA, obteniendo una resistencia a la tracción de 1.05 kgf/cm².

Para el tercer objetivo específico, se realizaron pruebas de variación dimensional, alabeo, succión y absorción. En la prueba de absorción, la adición del 0.75% de fibra produjo el mejor resultado, con un tiempo de inmersión de 24 horas. En comparación, Robles (2021) encontró que en su estudio el promedio más alto en la prueba de absorción se logró con una adición del 10% de fibra de BCA, también con un tiempo de inmersión de 24 horas. Es importante señalar que esta prueba tiene limitaciones para los adobes debido a su composición, ya que es difícil que estos superen las 24 horas de inmersión en agua. Además, se observó una relación directamente proporcional entre la cantidad de fibra de BCA en los adobes y la absorción de agua; es decir, a mayor porcentaje de fibra, mayor es la absorción de agua. Sin embargo, todas las mezclas expuestas al agua resultaron deterioradas, con un peso húmedo después de 24 horas inferiores al de un adobe seco de 200 gramos.

La adición de fibra de BCA incrementa el porcentaje de absorción de agua, lo que podría parecer desfavorable, ya que estas fibras pueden absorber hasta un 70% de agua. No obstante, las fibras juegan un papel crucial en la estabilidad del material. En la mayoría de las pruebas de absorción de agua, se observó que el agua se volvía turbia, lo que sugiere un desprendimiento parcial o total del material. A pesar de la pérdida de material durante la prueba, las fibras de BCA contribuyeron a mantener la estabilidad de los adobes, permitiendo que se conservaran en su forma de bloque.

Por otro lado, en las pruebas de alabeo y variación dimensional, los resultados fueron positivos, siguiendo la secuencia de los porcentajes de adición, de igual manera, Anaya y Avalos (2020), se contrasta el mismo resultado teniendo una variación dimensional de un incremento de 5 mm en la altura, mientras que en su longitud y ancho no hay variación. Cabe mencionar que esta variación se debe al proceso de desmoldado, que se realiza de abajo hacia arriba, lo que provoca que la altura de las unidades cambie.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El estudio reveló que la incorporación de fibra de BCA tiene un impacto significativo en las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y tracción indirecta de las unidades de adobe, cuando se utiliza este estabilizante natural. No obstante, no se detectaron diferencias notables en los ensayos físicos como variación dimensional y alabeo. La mezcla con un 0.50% de fibra de BCA demostró el mejor desempeño en resistencia a la compresión y tracción, mientras que la dosis del 0.75% mejoró el rendimiento en las pruebas de succión y absorción. Los resultados de los diferentes ensayos mostraron que las adiciones de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA ofrecieron mejoras respecto al adobe tradicional, destacando la adición del 0.50% de fibra de BCA como la más efectiva, superando a las adiciones del 0.25% y 0.75%.
- Se halló que la resistencia a la compresión promedió fue de 12.21, 12.99, 15.39 y 14.30 kg/cm² para los bloques de adobe con 0.00%, 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA, respectivamente. La dosis con 0.50% de fibra mostró el mejor rendimiento en comparación con los otros. Las diferencias entre los diseños fueron significativas, confirmando que el diseño con 0.50% de fibra de BCA era claramente diferente de los demás (sig. =0.001). Las pruebas post hoc de Tukey indicaron que los cuatro diseños evaluados formaban parte de diferentes subconjuntos. En consecuencia, la incorporación de fibra de BCA tiene un impacto positivo y significativo en la resistencia a la compresión del bloque de adobe, mejorando esta propiedad, que es crucial para evaluar la capacidad del adobe para soportar cargas por unidad de área.
- Se determinó que el promedio de resistencia a la tracción indirecta para los bloques con 0.00%, 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de BCA fue de 1.71, 1.98, 2.23 y 2.19 kg/cm², respectivamente. El mejor rendimiento se observó en el diseño con un 0.50% de fibra

de BCA. Las pruebas ANOVA y Post Hoc de Tukey indicaron que las diferencias entre los diseños eran significativas ($\text{sig.}=0.001$). Esto demuestra que la adición de fibra de BCA mejora la resistencia a la tracción del bloque de adobe. En conclusión, el uso de fibra de caña de azúcar (BCA) tiene un impacto positivo en la tracción del adobe.

- En relación con los ensayos físicos, el diseño con un 0.75% de fibra de BCA mostró el mejor rendimiento en términos de variación dimensional. Sin embargo, las diferencias entre los diseños no fueron significativas en cuanto a su longitud y ancho ($\text{sig.} > 0.05$). En contraste, la altura sí mostró diferencias significativas ($\text{sig.}=0.015$), y las pruebas post hoc de Tukey indicaron que el diseño con un 0.75% de fibra formaba un grupo diferente. En cuanto a las pruebas de alabeo, el diseño con un 0.75% también presentó el mejor rendimiento, y se encontraron diferencias significativas entre los diseños en términos de concavidad y convexidad ($\text{sig.}=0.001$). En resumen, la adición de fibra de BCA resulta en una disminución significativa en la variación dimensional y alabeo.
- En el ensayo de succión, se evidenció que la fibra de BCA mejora la capacidad de absorción del adobe. Los bloques con una dosis del 0.00% mostraron desprendimientos en su superficie al contacto con el agua, impidiendo la medición precisa de su absorción. En cambio, el diseño con una dosis del 0.70% demostró el mejor desempeño en comparación con las dosis del 0.25% y 0.50%. Esto sugiere que un mayor porcentaje de bagazo reduce la capacidad de absorción del bloque de adobe estabilizado con fibra de BCA. En el ensayo de absorción, se observó un patrón similar: los bloques con dosis del 0.00% y 0.25% no soportaron las 24 horas de inmersión en agua, mientras que las dosis del 0.50% y 0.75% mostraron un mejor rendimiento. Esto indica que el estabilizante natural con fibra de BCA mejora la capacidad de absorción, que es una característica importante del material.

4.2. RECOMENDACIONES

Para los ingenieros civiles actuales y futuros, así como para aquellos interesados en la innovación en materiales de construcción, se recomienda:

- Para fortalecer la validez y fiabilidad de los resultados, se sugiere incrementar el tamaño de la muestra en investigaciones futuras.
- Elaborar adobes añadiendo fibra de BCA en una región geográfica diferente con un tipo de suelo distinto, para poder determinar el impacto del tipo de suelo en sus propiedades y evaluar su comportamiento.
- En el proceso de maceración dejar reposar el barro en un rango de 24 a 48 horas, esto ayudará a que los componentes de la mezcla respondan correctamente en este proceso, además facilitará el moldeo y retiro de los bloques de adobe.
- Incrementar las medidas de los moldes de adobe, debido a que, en el proceso de secado, y desmolde del mismo, ocurre una reducción de las medidas.
- Realizar investigaciones añadiendo los ensayos de pila, murete y mortero prescritos en la norma (E.080, 2017), sobre el efecto de las fibras de BCA en la durabilidad de la mampostería de arcilla.
- Crear investigaciones combinando la adición de cemento, cal o asfalto con fibra de BCA u otro estabilizador natural.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas

- Aburto, J., y Bravo, E. (2018). *Evaluación y comparación técnica de las propiedades del adobe, típico convencional y el reforzado con cenizas del bagazo de caña de azúcar para la construcción de viviendas en el CC. PP de Tambar - Moro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio UNS. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3236>
- Aguilar, E., y Quezada, R. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el cantón Cuenca*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio de la Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28143>
- Alfaro, C. (2019). Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca - Jauja. Huancayo.
- Alvarado, G. R. (2021). *Obtención de bioetanol a partir del bagazo de la caña de azúcar mediante hidrólisis enzimática*. [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21229>
- Arteaga, J., y Loja, L. (2018). *Diseño de adobes estabilizados con emulsión asfáltica*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio institucional de la Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30332>
- Baquero, L., y Briceño, L. (2019). *Influencia de la fibra de caña seca y húmeda en un 3% adicionada a un concreto convencional, comparando la resistencia a compresión y tensión indirecta*. [Tesis de pregrado, Universidad La Gran Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad La Gran Colombia. <http://hdl.handle.net/11396/5635>
- Benites, V. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional Pirhua – Universidad de Piura. <https://hdl.handle.net/11042/2993>

- Bernal, M. E., y Falla, L. H. J. (2020). *Elaboración de briquetas de bagazo de Saccharum officinarum para mitigar las emisiones en el Centro Poblado El Invernillo, Pomalca*. [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/50269>
- Bolaños, J. (2016). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10482>
- BOLETINAGRO.COM (2017)
- Bravo, S. D., y Espinoza, F. A. (2019). *Elaboración de un mampuesto ecológico como material sostenible de construcción utilizando bagazo de caña de azúcar*. [Disertación de titulación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio de tesis de grado y posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17642>
- Capetillo, A., Zetina, R., Reynolds, M., Cadena, M., López, J., Matilde, C., y Espinoza, A. (2021). Elaboración de papel con seis variedades de *Pennisetum purpureum schumacher* en Veracruz, México. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7(14), 1644–1665. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12608>
- Centro Interamericano de Artesanías y Artes Puras. (2017). MATERIALES PARA EDIFICACIONES DE ADOBE. <https://cidap.org.pe/wp-content/uploads/63690383-Buena-Tierra-Apuntes-para-el-Diseño-Contrucción-con-ADOBE-1.pdf>
- Chávez, W., y Quispe, J. (2019). *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*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional – UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4300>

Food and Agriculture Organization (2022). Ensayos para determinar la consistencia del suelo.

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm

Fresneda, S., y Méndez, J. (2019). *Impermeabilizante natural a partir de la ceniza cascarilla de arroz para muros en adobe*. [Tesis de pregrado, Universidad La Gran Colombia].

Repositorio de la Universidad La Gran Colombia. <http://hdl.handle.net/11396/5567>

Gama-Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi-Puig, T., Alcalá-Martínez, R., Cabadas-Báez, H., Jasso-Castañeda, C., Díaz-Ortega, J., Sánchez-Pérez, S., López-Aguilar, F., y

Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188.

González, J. E., Jaramillo, J. P., Pérez, M., Sablón, N., & Oliva, D. (2018). Evaluación físicomecánicas de tableros a base del Aserrín de Pigüe (Piptocoma discolor) y bagazo de caña de azúcar en Pastaza. *Revista Amazónica y Ciencia y Tecnología*, 7(2), 95-104. <http://revistas.proeditio.com/revistamazonica>

Guerrero, S. (2020). *Ceniza de bagazo de caña de azúcar en el concreto. Exploración preliminar del potencial de uso de la ceniza del valle del Chira*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional Pirhua – Universidad de Piura.

<https://hdl.handle.net/11042/4609>

Guía técnica de campo para la evaluación visual de los suelos revista digital, 2016.

<https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/14/guia-tecnica-de-campo-para-la-evaluacion-visual-de-los-suelos/>

Guillen, O. W. (2022). *Caracterización fisicoquímica preliminar para potenciales usos como material de construcción del bagazo de caña de azúcar industrial del valle del Chira y artesanal del distrito de Montero, Ayabaca, Piura*. [Tesis de pregrado, Universidad

de Piura]. Repositorio institucional Piura – Universidad de Piura.

<https://hdl.handle.net/11042/5767>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación.

McGRAW-HILL. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

INDECI. (2008). *Instituto Nacional de Defensa Civil*. Lima: Perú.

INEI. (2017). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima: Perú.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de

la Propiedad Intelectual INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS

TECNICOS Y COMERCIALES. 1978. NORMA TECNICA PERUANA

ITINTEC 331.018. (en línea), consultado 15 sept. 2014. Disponible en

www.ladrillositalperu.com/331_018.pdf

Kamiyama, S. y Zavaleta, R. (2021). *Análisis comparativo de adobe reforzado con bagazo de caña de azúcar, según el tipo de suelo, en Pascona - La Libertad*. Tesis de pregrado, universidad cesar vallejo. Repositorio universidad cesar vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85052>

Mantilla, J. (2018). *Variación de las Propiedades Físico Mecánicas del Adobe al Incorporar*

Viruta y Caucho. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/1996>

Martínez, J. (2020). Metodología para la Evaluación Continua en el Aprendizaje Basado en

Proyectos. Madrid: 4th International Virtual Conference on Educational Research and

Innovation [en línea]. 190-215 pp. Fecha de consulta: 10 de mayo del 2023]

Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/110527> ISSN: 1978-2296

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Edificaciones Antisísmicas de Adobe "Manual de Construcción". Lima, PERÚ.

https://issuu.com/janetpadilla/docs/manual_adobe

Montoya, M. (2017). *Construcción con Tierra Revisión y Sustento de los Ensayos de Campo: Presencia de Arcilla o Resistencia Seca y Control de Fisuración con Arena Gruesa*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de Tesis PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/8679>

Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., y Irala, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Lima, Perú.

https://www.comitesromero.org/tarragona/fichas/casa_adobe_texto.pdf

Moreyra, J.C (2021). Boletín de publicación trimestral N°01-2021, azúcar. Ministerio de desarrollo agrario y riego. Lima, Perú.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1953766/Commodities%20Az%C3%BACar%3A%20ene-mar%202021.pdf>

Murphy, R., (2017). Sugarcane: production systems, uses and economic importance. (1st ed.). Nova Science Publishers, Inc.

Narváez, J. (2017). *Determinación de la influencia del bagazo de caña de azúcar como agregado orgánico en la resistencia a la compresión de bloques para mampostería liviana*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Técnica Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25746>

NTP 339.129. (s.f.). SUELOS "Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice plasticidad de suelos". Lima, PERÚ.

NTP 339.128. (s.f.). SUELOS "Método de ensayo para el análisis granulométrico". Lima, PERÚ.

- NTP 339.613. (2005). UNIDADES DE ALBAÑILERIA "Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería". Lima, PERÚ.
- Omonte, L., y Chacón, M. (2019). *Uso de diferentes dosis de residuos agroindustriales (bagazo de caña y viruta) como aditivos en la fabricación de adobes ecoeficientes*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. Repositorio UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6149>
- Organization for Economic Co-operation and Development & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). OECD-FAO Agricultural Outlook 2021- 2030. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/19428846-en>
- Quintana, D., y Vera, M. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total del agua en peso por Mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1212>
- Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.80. (2017). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones 330.128. (1999). SUELOS. *Métodos de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima, Perú.
- Resano, D., Guillen, O. W., Ubillús, F. D. R., y Barranzuela, J. L. (2022). Caracterización físicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción. *Información tecnológica*, 33(2), 247-258. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200247>
- Rivera, H., Valderrama, O., Daza, Á., y Plazas, G. (2021). Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 23(1), 74-85. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2762>

- Robles, A. (2022). *Elaboración de bloques de adobe con fibras de bagazo de caña y agregado de nopal para mejorar la resistencia a compresión y durabilidad*. Instituto Tecnológico de Colima - Tecnológico Nacional de México.
<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6063>
- Rocca, F. (2020). *Evaluación de las propiedades del adobe adicionando ceniza de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar como estabilizantes*, Ferreñafe 2020. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/57669>
- Romero, A. (2020). *Uso de cemento y savia de tuna como alternativas de revestimiento en muros de adobe para el mejoramiento de sus propiedades hidrófugas*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30645>
- Ross, R. E., Bolio, G. I., Veleza, L., Azamar, J. A., Hernández, M. M, Pérez, J., Pérez, C. A., Correa, M. S., y Córdova, S. (2017). Planta piloto para obtención de celulosa de residuos de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) y elaboración de recipientes biodegradables. *Agro Productividad*, 10(11).
<https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/64>
- Vargas, Y.A. y Pérez, L.I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 1(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Vargas-Neumann, J. (2018). *Normas de Tierra: Ensayos de Tracción Indirecta*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
https://craterre.hypotheses.org/files/2018/05/TERRA-2016_Th-4_Art-133_Vargas-Neumann.pdf

CAPÍTULO VI

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A: Ensayos de suelos

Anexo B: Propiedades mecánicas de las unidades de adobe

Anexo B.1 Ensayo de resistencia a la compresión

Anexo B.2 Ensayo de resistencia a la tracción indirecta diametral

Anexo C: Propiedades físicas de las unidades de adobe

Anexo C.1 Ensayo de variación dimensional

Anexo C.2 Ensayo de alabeo

Anexo C.3 Ensayo de succión

Anexo C.4 Ensayo de absorción

Anexo D: Procedimiento de cálculo para hipótesis

Anexo E: Cuantiles de la distribución de Tukey

Anexo F: Panel fotográfico

Anexo G: Operacionalización de variables

Anexo H: Matriz de consistencia

Anexo A. Ensayos de suelos

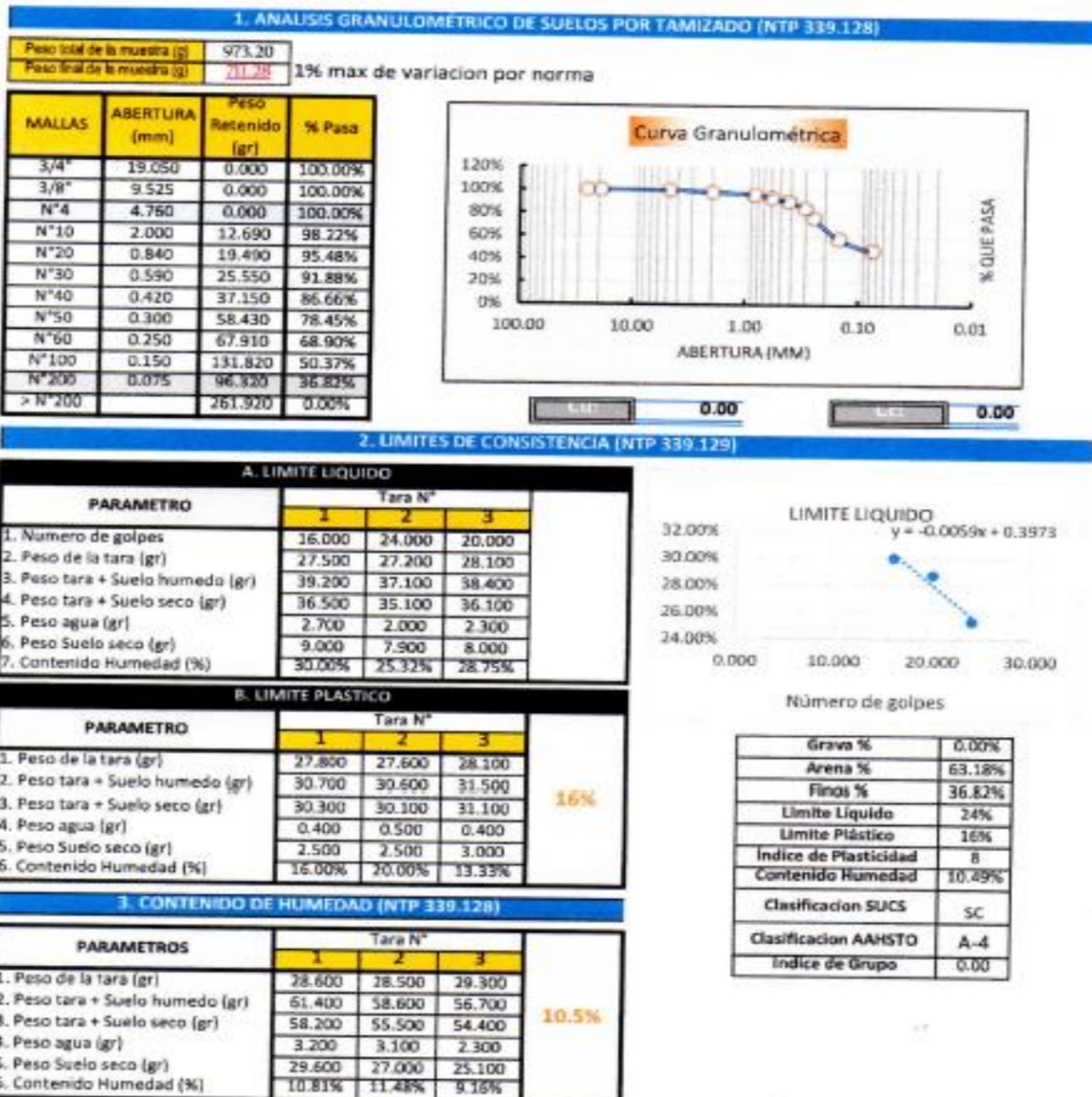


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

MUESTRA
S1-CT1

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Testistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Testis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Testistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 36.82%

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 100.00%

%FINOS < 50%
SUELO DE PARTICULAS GRUESAS
%ARENA > 50%
ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS > 12%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

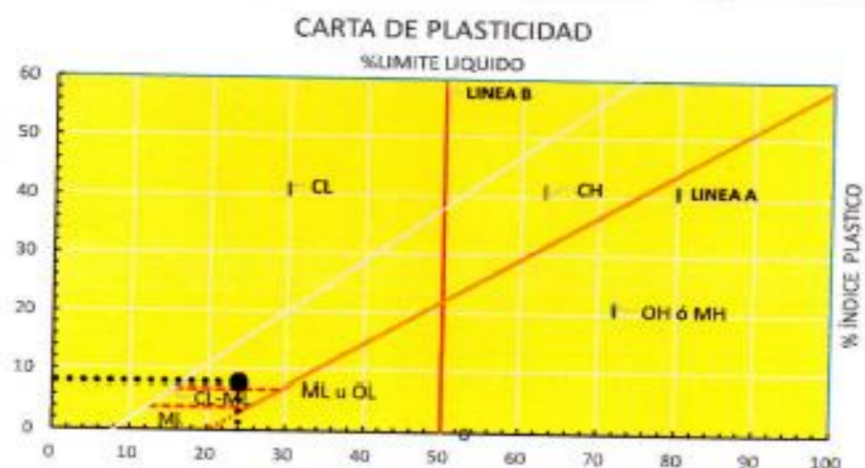
CU: 0.00

CC: 0.00

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 24.00%

IP: 8



En conclusión es un suelo:

SC

ARENA ARCILLOSO



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	36.82%	
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	86.66%	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	98.22%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU: 0.00

CC: 0.00

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 24.00%

IP: 8

ÍNDICE DE GRUPO

0

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-4	SUELO LIMOSO	POBRE A MALO

En conclusión es un suelo:

A-4



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

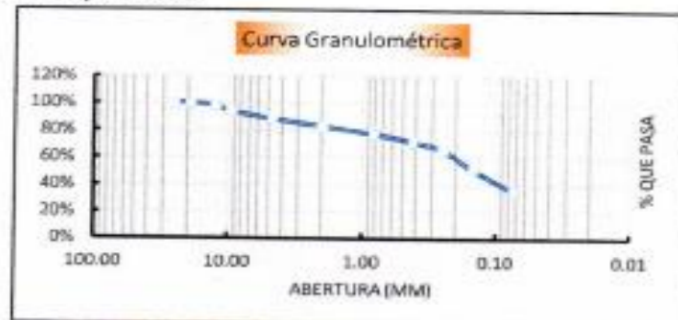
Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	1082.64
Peso final de la muestra (g)	803.22

1% max de variación por norma

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
3/4"	19.050	0.000	100.00%
3/8"	9.525	0.000	100.00%
N°4	4.760	11.210	98.60%
N°16	2.000	35.690	94.14%
N°20	0.840	44.620	88.56%
N°30	0.590	43.750	83.10%
N°40	0.420	44.810	77.50%
N°50	0.300	45.900	71.76%
N°60	0.250	49.890	65.53%
N°100	0.150	111.330	51.61%
N°200	0.075	130.600	35.29%
> N°200		282.420	0.00%



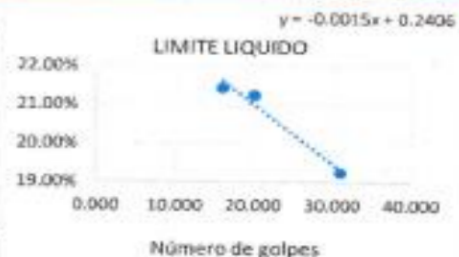
U.C. NP

U.C. NP

2. LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

A. LIMITE LIQUIDO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Numero de golpes	16.000	31.000	20.000	
2. Peso de la tara (gr)	29.090	29.060	28.350	
3. Peso tara + Suelo humedo (gr)	39.120	37.550	37.940	
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	37.350	36.180	36.260	
5. Peso agua (gr)	1.770	1.370	1.680	
6. Peso Suelo seco (gr)	8.260	7.120	7.910	
7. Contenido Humedad (%)	21.43%	19.24%	21.24%	

B. LIMITE PLASTICO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	27.330	27.920	27.540	
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	31.560	31.750	31.330	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	31.160	31.260	30.950	
4. Peso agua (gr)	0.400	0.490	0.380	
5. Peso Suelo seco (gr)	3.830	3.340	3.410	
6. Contenido Humedad (%)	10.44%	14.67%	11.14%	12%



Grava %	1.40%
Arena %	63.31%
Finos %	35.29%
Límite Líquido	20%
Límite Plástico	12%
Índice de Plasticidad	8
Contenido Humedad	14.62%
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-4
Índice de Grupo	0.00

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.128)

PARAMETROS	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	27.959	27.649	28.492	
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	95.605	94.605	95.150	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	86.653	85.894	87.142	
4. Peso agua (gr)	8.952	8.711	8.008	
5. Peso Suelo seco (gr)	58.694	58.245	58.650	
6. Contenido Humedad (%)	15.25%	14.96%	13.65%	14.6%



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 35.29%

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 98.60%

%FINOS < 50%
SUELO DE PARTICULAS GRUESAS
%ARENA > 50%
ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS > 12%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

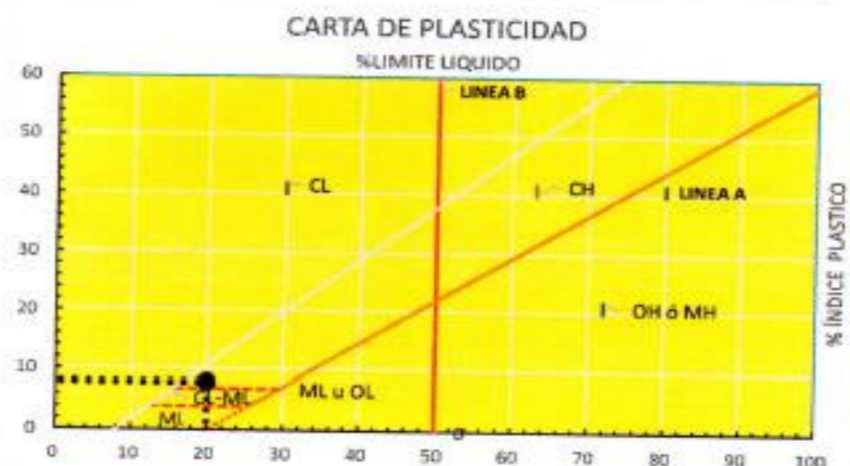
CU: NP

CC: NP

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 20.31%

IP: 8



En conclusión es un suelo:

SC

ARENA ARCILLOSO



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	35.29%	
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	77.50%	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	94.14%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU:	NP
CC:	NP

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL:	20.31%
IP:	8

ÍNDICE DE GRUPO

0

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-4	SUELO LIMOSO	POBRE A MALO

En conclusión es un suelo:

A-4



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

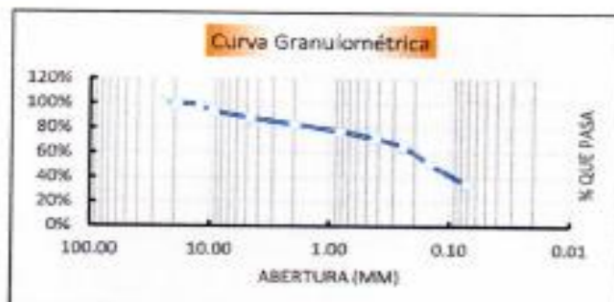
Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	989.40
Peso final de la muestra (g)	639.30

1% max de variación por norma

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
3/4"	19.050	0.000	100.00%
3/8"	9.525	0.000	100.00%
N°4	4.750	0.000	100.00%
N°10	2.000	9.900	98.51%
N°20	0.840	11.360	98.79%
N°30	0.590	19.470	98.84%
N°40	0.420	29.550	89.36%
N°50	0.300	48.190	82.05%
N°60	0.250	36.610	76.50%
N°100	0.150	136.400	55.82%
N°200	0.075	38.220	50.02%
> N°200		329.900	0.00%

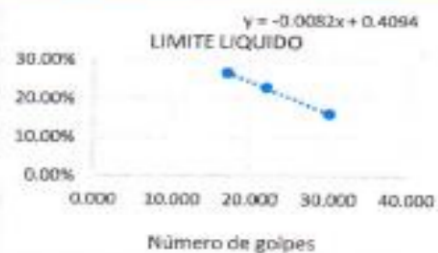


CU: NP

LC: NP

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Número de golpes	17.000	22.000	30.000	
2. Peso de la tara (gr)	27.500	27.200	28.100	
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	40.180	41.100	42.500	
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	37.500	38.500	40.500	
5. Peso agua (gr)	2.680	2.600	2.000	
6. Peso Suelo seco (gr)	10.000	11.300	12.400	
7. Contenido Humedad (%)	26.80%	23.03%	16.13%	



B. LÍMITE PLÁSTICO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	27.800	27.600	28.100	
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	31.700	30.600	31.500	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	31.200	30.200	31.100	
4. Peso agua (gr)	0.500	0.400	0.400	
5. Peso Suelo seco (gr)	3.400	2.600	3.000	
6. Contenido Humedad (%)	14.71%	15.38%	13.33%	14%

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.128)

PARAMETROS	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	29.600	29.500	29.300	
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	62.300	60.700	61.700	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	58.800	57.700	58.400	
4. Peso agua (gr)	3.500	2.500	3.300	
5. Peso Suelo seco (gr)	29.200	28.200	29.100	
6. Contenido Humedad (%)	11.99%	8.87%	11.34%	10.7%

Grava %	0.00%
Arena %	49.98%
Finos %	50.02%
Límite Líquido	20%
Límite Plástico	14%
Índice de Plasticidad	6
Contenido Humedad	10.73%
Clasificación SUCS	CL-ML
Clasificación AASHTO	A-4
Índice de Grupo	0.00



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

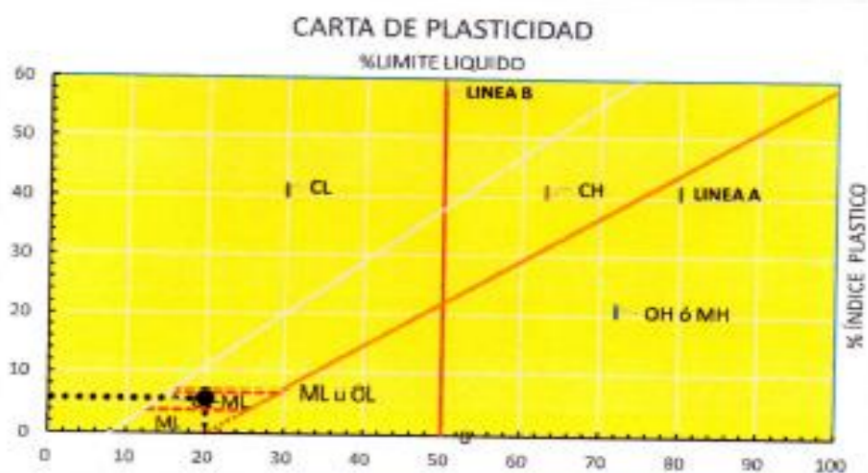
Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	50.02%	%FINOS>50% SUELO DE PARTICULAS FINAS
2. Limites de Consistencia:	100.00%	

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN:	%FINOS>12%
CRITERIO GRANULOMETRÍA	CRITERIO LIMITES ATTERBEG
CU: NP	LL: 20.00%
CC: NP	IP: 6



En conclusión es un suelo:

CL - ML

SUELO LIMOSO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	50.02%	%FINOS>35% MATERIALES LIMOSO ARCILLOSO
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	89.36%	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	98.51%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA	CRITERIO LIMITES ATTERBEG
CU: NP	LL: 20.00%
CC: NP	IP: 6
ÍNDICE DE GRUPO	
0	

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

MATERIALES LIMOSO ARCILLOSO		
GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-4	SUELO LIMOSO	POBRE A MALO

En conclusión es un suelo:

A-4



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Testistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

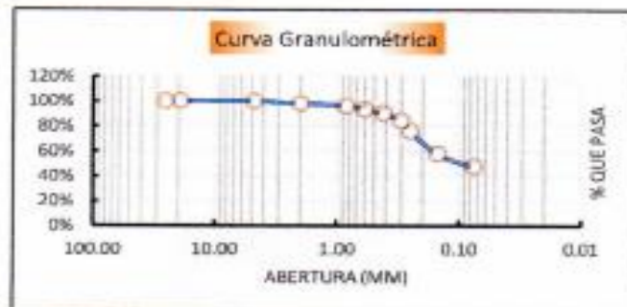
Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	973.20
Peso final de la muestra (g)	660.78

1% max de variación por norma

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
3/4"	19.050	0.000	100.00%
3/8"	9.525	0.000	100.00%
N°4	4.750	0.000	100.00%
N°10	2.000	11.690	98.23%
N°20	0.840	12.490	96.34%
N°30	0.590	18.550	93.53%
N°40	0.420	21.150	90.33%
N°50	0.300	39.430	84.35%
N°60	0.250	56.500	75.80%
N°100	0.150	118.820	57.80%
N°200	0.075	68.740	47.39%
> N°200		312.920	0.00%



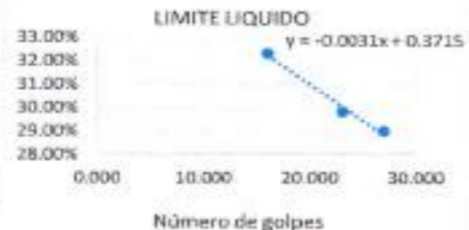
U.D. NP

U.D. NP

2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

A. LÍMITE LÍQUIDO

PARAMETRO	Tara N°		
	1	2	3
1. Número de golpes	16.000	27.000	23.000
2. Peso de la tara (gr)	27.100	27.300	26.500
3. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	35.700	35.200	40.000
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	33.600	34.200	36.900
5. Peso agua (gr)	2.100	2.000	3.100
6. Peso Suelo seco (gr)	6.500	6.900	10.400
7. Contenido Humedad (%)	32.31%	28.99%	29.81%



B. LÍMITE PLÁSTICO

PARAMETRO	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	27.800	27.600	28.500
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	30.700	30.500	31.500
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	30.300	30.100	31.000
4. Peso agua (gr)	0.400	0.400	0.500
5. Peso Suelo seco (gr)	2.500	2.500	2.500
6. Contenido Humedad (%)	16.00%	16.00%	20.00%

17%

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.128)

PARAMETROS	Tara N°		
	1	2	3
1. Peso de la tara (gr)	28.900	26.900	29.700
2. Peso tara + Suelo húmedo (gr)	59.800	54.200	58.200
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	58.600	53.200	56.900
4. Peso agua (gr)	1.200	1.000	1.300
5. Peso Suelo seco (gr)	29.700	26.300	27.200
6. Contenido Humedad (%)	4.04%	3.80%	4.78%

4.2%

Grava %	0.00%
Arena %	52.61%
Finos %	47.39%
Límite Líquido	29%
Límite Plástico	17%
Índice de Plasticidad	12
Contenido Humedad	4.21%
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6
Índice de Grupo	2.00





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tecistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 47.39%

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 100.00%

%FINOS < 50%
SUELO DE PARTICULAS GRUESAS
%ARENA > 50%
ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS > 12%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU: NP

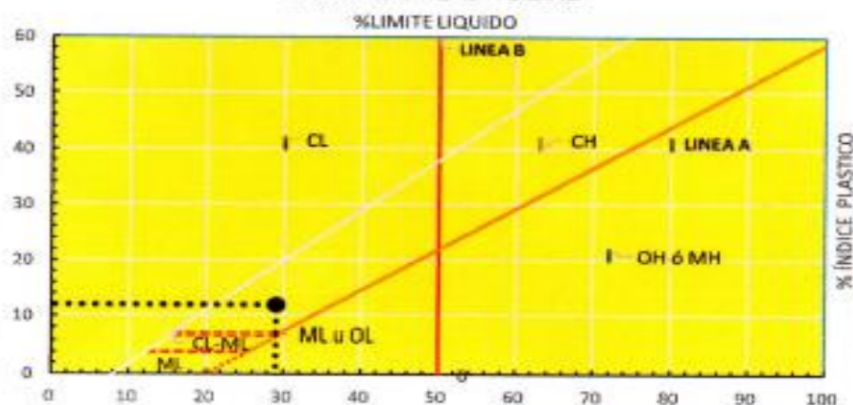
CC: NP

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 29.00%

IP: 12

CARTA DE PLASTICIDAD



En conclusión es un suelo:

SC

ARENA ARCILLOSO



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	47.39%	
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	90.33%	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	98.23%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU: NP

CC: NP

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 29.00%

IP: 12

ÍNDICE DE GRUPO

2

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-6	SUELO ARCILLOSO	POBRE A MALO

En conclusión es un suelo:

A-6



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

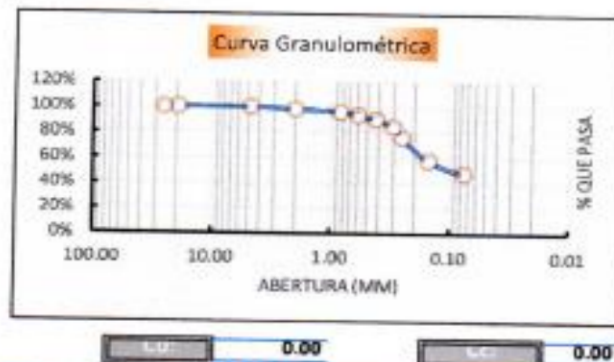
Tesis: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

1. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Peso total de la muestra (g)	920.32
Peso final de la muestra (g)	631.50

1% max de variación por norma

MALLAS	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Pasa
3/4"	19.050	0.000	100.00%
3/8"	9.525	0.000	100.00%
N°4	4.750	0.000	100.00%
N°10	2.000	9.900	98.43%
N°20	0.840	11.370	96.64%
N°30	0.590	19.320	93.58%
N°40	0.420	29.120	88.98%
N°50	0.300	31.270	84.03%
N°60	0.250	58.670	74.76%
N°100	0.150	125.300	54.95%
N°200	0.075	59.700	45.51%
> N°200		287.820	0.00%



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129)

A. LIMITE LIQUIDO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Numero de golpes	23.000	28.000	17.000	
2. Peso de la tara (gr)	27.800	28.300	28.300	
3. Peso tara + Suelo humedo (gr)	37.500	36.800	36.900	
4. Peso tara + Suelo seco (gr)	35.400	35.200	34.700	
5. Peso agua (gr)	2.100	1.600	2.200	
6. Peso Suelo seco (gr)	7.600	6.900	6.400	
7. Contenido Humedad (%)	27.63%	23.19%	34.37%	

B. LIMITE PLASTICO				
PARAMETRO	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	27.700	28.100	28.200	
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	30.100	31.000	31.200	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	29.800	30.600	30.800	
4. Peso agua (gr)	0.300	0.400	0.400	
5. Peso Suelo seco (gr)	2.100	2.500	2.600	
6. Contenido Humedad (%)	14.29%	16.00%	15.38%	



Grava %	0.00%
Arena %	54.49%
Finos %	45.51%
Límite Líquido	26%
Límite Plástico	15%
Índice de Plasticidad	11
Contenido Humedad	9.94%
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6
Índice de Grupo	1.60

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.128)

PARAMETROS	Tara N°			
	1	2	3	
1. Peso de la tara (gr)	28.600	28.500	29.300	
2. Peso tara + Suelo humedo (gr)	61.400	58.600	56.700	
3. Peso tara + Suelo seco (gr)	58.200	55.900	54.400	
4. Peso agua (gr)	3.200	2.700	2.300	
5. Peso Suelo seco (gr)	29.600	27.400	25.100	
6. Contenido Humedad (%)	10.81%	9.85%	9.16%	



Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

1. Porcentaje que pasa la malla N°200: 45.51%

2. Porcentaje que pasa la malla N°4: 100.00%

%FINOS < 50%

SUELO DE PARTICULAS GRUESAS

%ARENA > 50%

ARENA

CRITERIO PARA CLASIFICACIÓN: %FINOS > 12%

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU: 0.00

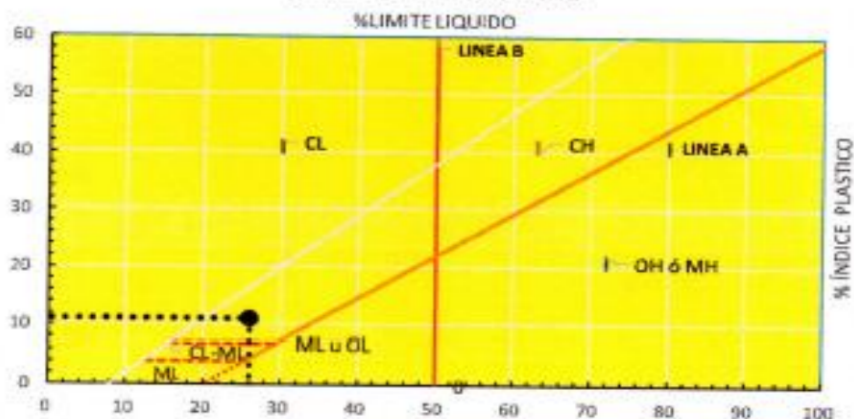
CC: 0.00

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 26.00%

IP: 11

CARTA DE PLASTICIDAD



En conclusión es un suelo:

SC

ARENA ARCILLOSO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Tesis: Bach. Estrada Ayala Xiomara; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

1. Porcentaje que pasa la malla N°200:	45.51%	
2. Porcentaje que pasa la malla N°40:	88.98%	
3. Porcentaje que pasa la malla N°10:	98.43%	

CRITERIO GRANULOMETRÍA

CU: 0.00

CC: 0.00

CRITERIO LIMITES ATTERBEG

LL: 26.00%

IP: 11

ÍNDICE DE GRUPO
2

CARACTERÍSTICAS SEGÚN CUADRO AASHTO

GRUPO	TIPOLOGÍA	CALIDAD
A-6	SUELO ARCILLOSO	POBRE A MALO

En conclusión es un suelo:

A-6



Anexo B: Propiedades mecánicas de las unidades de adobe

Anexo B.1: Ensayo de resistencia a la compresión



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

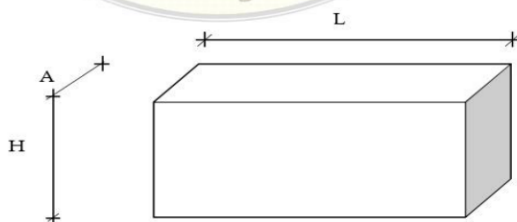
SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.00% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA NTP 399.604)

N°	Descripción de la Muestra	Area Neta (cm ²)	Area Bruta (cm ²)	N° De Huecos	Diámetro Hueco (cm)	Long Prom (cm)	Ancho Prom (cm)	Edad Curado (Días)	Presión Maxima (Kg)	Fc Resistencia a la Compresión (Kg/Cm ²)
01	ADOBE (M-1)	104.00	104.00	-	-	10.40	10.00	28	1260	12.12
02	ADOBE (M-2)	100.00	100.00	-	-	10.00	10.00	28	1240	12.40
03	ADOBE (M-3)	99.99	99.99	-	-	10.10	9.90	28	1220	12.20
04	ADOBE (M-4)	108.15	108.15	-	-	10.50	10.30	28	1370	12.67
05	ADOBE (M-5)	102.00	102.00	-	-	10.20	10.00	28	1200	11.76
06	ADOBE (M-6)	100.00	100.00	-	-	10.00	10.00	28	1210	12.10
PROMEDIO =										12.21



Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUÍ
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C400

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

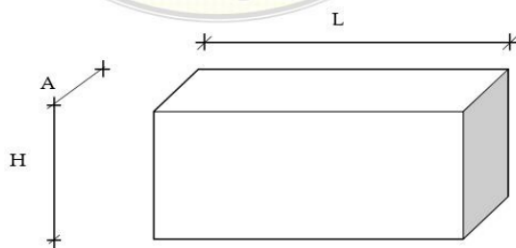
FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.25% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA NTP 399.604)

N°	Descripción de la Muestra	Area Neta (cm ²)	Area Bruta (cm ²)	N° De Huecos	Diámetro Hueco (cm)	Long Prom (cm)	Ancho Prom (cm)	Edad Curado (Días)	Presión Máxima (Kg)	Fc Resistencia a la Compresión (Kg/Cm ²)
01	ADOBE (M-1)	109.14	109.14	-	-	10.70	10.20	28	1340	12.28
02	ADOBE (M-2)	99.00	99.00	-	-	10.00	9.90	28	1330	13.43
03	ADOBE (M-3)	101.00	101.00	-	-	10.10	10.00	28	1310	12.97
04	ADOBE (M-4)	102.00	102.00	-	-	10.20	10.00	28	1350	13.24
05	ADOBE (M-5)	101.00	101.00	-	-	10.10	10.00	28	1300	12.87
06	ADOBE (M-6)	102.00	102.00	-	-	10.20	10.00	28	1340	13.14
PROMEDIO =										12.99



Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

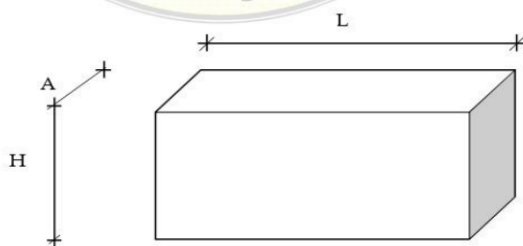
FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.50% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

(NORMA NTP 399.604)

N°	Descripción de la Muestra	Area Neta (cm ²)	Area Bruta (cm ²)	N° De Huecos	Diámetro Hueco (cm)	Long Prom (cm)	Ancho Prom (cm)	Edad Curado (Dias)	Presion Maxima (Kg)	Fc Resistencia a la Compresion (Kg/Cm ²)
01	ADOBE (M-1)	98.00	98.00	-	-	10.00	9.80	28	1480	15.10
02	ADOBE (M-2)	99.00	99.00	-	-	10.00	9.90	28	1470	14.85
03	ADOBE (M-3)	98.01	98.01	-	-	9.90	9.90	28	1540	15.71
04	ADOBE (M-4)	102.00	102.00	-	-	10.20	10.00	28	1490	14.61
05	ADOBE (M-5)	103.00	103.00	-	-	10.30	10.00	28	1680	16.31
06	ADOBE (M-6)	94.00	94.00	-	-	10.00	9.40	28	1480	15.74
PROMEDIO =										15.39



Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

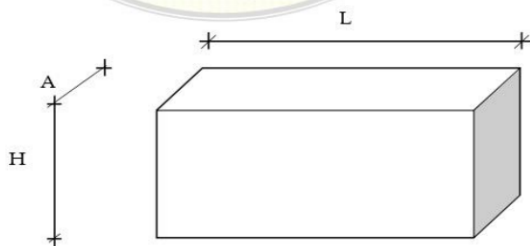
SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.75% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NORMA NTP 399.604)

N°	Descripción de la Muestra	Area Neta (cm ²)	Area Bruta (cm ²)	N° De Huecos	Diámetro Hueco (cm)	Long Prom (cm)	Ancho Prom (cm)	Edad Curado (Días)	Presion Maxima (Kg)	Fc Resistencia a la Compresion (Kg/Cm ²)
01	ADOBE (M-1)	103.02	103.02	-	-	10.10	10.20	28	1430	13.88
02	ADOBE (M-2)	102.00	102.00	-	-	10.20	10.00	28	1470	14.41
03	ADOBE (M-3)	103.00	103.00	-	-	10.30	10.00	28	1420	13.79
04	ADOBE (M-4)	101.00	101.00	-	-	10.10	10.00	28	1490	14.75
05	ADOBE (M-5)	98.00	98.00	-	-	10.00	9.80	28	1410	14.39
06	ADOBE (M-6)	103.02	103.02	-	-	10.20	10.10	28	1500	14.56
PROMEDIO =										14.30



Observaciones:

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REC. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecnasac.com

Anexo B.2: Ensayo de resistencia a la tracción diametral



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.00% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (TRACCION INDIRECTA) (ASTM C-496)

N°	DESCRIPCIÓN DE PROBETA	LONGITUD (Cm)	DIAM (Cm)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
01	PROBETA ADOBE (M-1)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1080	1.67
02	PROBETA ADOBE (M-2)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1120	1.73
03	PROBETA ADOBE (M-3)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1050	1.62
04	PROBETA ADOBE (M-4)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1140	1.76
05	PROBETA ADOBE (M-5)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1100	1.70
06	PROBETA ADOBE (M-6)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1160	1.79
PROMEDIO =								1.71

Observaciones:

Los resultados son validos a la fecha.
Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.
La descripcion y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.25% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (TRACCION INDIRECTA)

(ASTM C-496)

N°	DESCRIPCIÓN DE PROBETA	LONGITUD (Cm)	DIAM (Cm)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA A (Kg/cm ²)
01	PROBETA ADOBE (M-1)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1360	2.10
02	PROBETA ADOBE (M-2)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1130	1.74
03	PROBETA ADOBE (M-3)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1250	1.93
04	PROBETA ADOBE (M-4)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1330	2.05
05	PROBETA ADOBE (M-5)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1290	1.99
06	PROBETA ADOBE (M-6)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1350	2.08
PROMEDIO =								1.98

Observaciones:

Los resultados son validos a la fecha.

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

La descripcion y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.50% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (TRACCION INDIRECTA)

(ASTM C-496)

N°	DESCRIPCIÓN DE PROBETA	LONGITUD (Cm)	DIAM (Cm)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
01	PROBETA ADOBE (M-1)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1410	2.18
02	PROBETA ADOBE (M-2)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1470	2.27
03	PROBETA ADOBE (M-3)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1490	2.30
04	PROBETA ADOBE (M-4)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1450	2.24
05	PROBETA ADOBE (M-5)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1420	2.19
06	PROBETA ADOBE (M-6)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1440	2.22
PROMEDIO =								2.23

Observaciones:

Los resultados son validos a la fecha.

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.



POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81025
CONSULTOR - REG. C4009



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general – Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

TESIS : OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES
EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022

LUGAR : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

SOLICITA : VÁSQUEZ RAMÍREZ, NOÉ MELQUIADES - ESTRADA AYALA, XIOMARA LESLY

FECHA : 15 DE ENERO DEL 2024

MUESTRA : BLOQUE DE ADOBE ARTESANAL (0.75% DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR)

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (TRACCIÓN INDIRECTA)

(ASTM C-496)

N°	DESCRIPCIÓN DE PROBETA	LONGITUD (Cm)	DIAM (Cm)	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CARGA MAXIMA (KG)	RESISTENCIA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)
01	PROBETA ADOBE (M-1)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1400	2.16
02	PROBETA ADOBE (M-2)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1460	2.25
03	PROBETA ADOBE (M-3)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1450	2.24
04	PROBETA ADOBE (M-4)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1410	2.18
05	PROBETA ADOBE (M-5)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1380	2.13
06	PROBETA ADOBE (M-6)	27.5	15.0	18/12/2023	15/01/2024	28	1400	2.16
PROMEDIO =								2.19

Observaciones:

Los resultados son validos a la fecha.

Las muestras fueron elaboradas y proporcionadas por el solicitante.

La descripción y fechas de vaciado de las probetas fueron proporcionadas por el solicitante.




POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81023
CONSULTOR - REC. C4009

Urb. Las Gardenias Mz.K5- Lote 16 – Nuevo Chimbote – Telef. 043-606058 – Celular: 994267746 www.ingeotecniasac.com

Anexo C: Propiedades físicas de las unidades de adobe

Anexo C.1 Ensayo de variación dimensional


UNS
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 "Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la escuela profesional de Ingeniería civil
Testeado: Bach. Estrada Ayala Xiomara Lesly; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

VARIACIÓN DIMENSIONAL
Normas NTP 399.613 y 399.604

ADOBE CON 0.00% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.60	39.60	39.60	39.50	19.40	19.10	19.10	19.40	9.20	9.00	9.30	9.00
2	39.30	39.20	39.10	39.50	20.00	20.00	20.50	20.40	9.50	9.40	9.40	9.50
3	39.40	39.50	39.50	39.40	19.10	19.20	19.00	19.10	9.20	9.00	9.00	8.90
4	40.10	40.00	40.00	40.10	19.40	19.30	18.90	19.00	8.90	9.10	8.80	9.00
5	39.10	39.10	39.10	39.10	19.40	19.10	19.10	19.00	9.00	9.00	9.10	9.20
6	40.20	39.50	39.50	39.40	19.10	19.20	19.00	19.10	9.20	9.00	9.00	8.90
DP (parcial)	39.62	39.48	39.47	39.50	19.40	19.32	19.27	19.33	9.17	9.08	9.10	9.08
Dp (total)	39.52				19.33				9.11			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	1.21				3.35				8.92			

ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.00	39.10	39.10	39.00	19.60	19.40	19.50	19.60	9.00	9.40	9.30	9.30
2	39.40	39.50	39.50	39.40	19.10	19.10	19.40	19.30	9.20	9.10	9.10	9.20
3	39.00	38.80	39.90	38.90	19.50	19.30	19.60	19.20	9.60	9.40	9.20	9.30
4	40.10	40.00	40.10	40.00	20.10	20.30	20.10	20.00	9.20	9.40	9.00	9.20
5	39.90	40.10	38.90	39.00	20.50	20.10	19.50	19.50	9.30	9.30	9.20	9.10
6	40.10	40.00	40.10	40.00	19.50	19.30	19.60	19.20	9.60	9.40	9.20	9.30
DP (parcial)	39.58	39.58	39.60	39.38	19.72	19.58	19.62	19.47	9.32	9.33	9.17	9.23
Dp (total)	39.54				19.60				9.26			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	1.16				2.02				7.38			

ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.80	39.00	38.90	38.90	19.90	19.40	19.00	19.30	9.10	9.20	9.50	9.10
2	39.70	39.60	39.80	39.70	19.60	19.50	19.80	20.00	9.20	9.00	9.00	9.10
3	40.10	40.00	40.10	39.90	19.30	19.80	19.50	19.60	9.40	9.80	9.30	9.50
4	40.50	40.80	40.60	40.50	20.70	20.30	20.40	20.60	9.20	9.20	9.10	9.20
5	38.90	39.00	39.00	39.90	19.50	19.50	19.50	19.60	9.30	9.40	9.20	9.30
6	38.70	39.80	38.80	39.00	19.30	19.80	19.50	19.60	9.40	9.80	9.30	9.50
DP (parcial)	39.62	39.70	39.53	39.65	19.72	19.72	19.62	19.78	9.27	9.40	9.23	9.28
Dp (total)	39.63				19.71				9.30			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	0.94				1.46				7.04			

ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	LARGO (cm)				ANCHO (cm)				ALTURA (cm)			
N°	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	H1	H2	H3	H4
1	39.50	39.80	39.70	39.50	19.90	20.10	20.40	20.00	9.80	9.85	9.90	9.90
2	40.10	40.30	40.80	40.50	20.20	20.00	20.10	20.10	9.60	9.60	9.50	9.70
3	40.00	40.30	40.20	40.40	20.40	19.80	19.90	19.80	9.80	9.75	9.80	9.80
4	40.00	39.80	39.80	39.60	19.60	19.60	19.50	19.70	9.75	9.70	9.70	9.80
5	39.70	39.40	39.80	39.40	19.90	19.80	19.60	19.90	8.90	8.90	9.00	9.00
6	39.50	39.80	39.70	39.50	20.40	19.80	19.90	19.80	9.40	9.30	9.40	9.50
DP (parcial)	39.80	39.90	40.00	39.82	20.07	19.85	19.90	19.88	9.54	9.52	9.55	9.62
Dp (total)	39.88				19.93				9.56			
(De)	40.00				20.00				10.00			
(V%)	0.30				0.38				4.44			



Anexo C.2 Ensayo de alabeo

UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la escuela profesional de Ingeniería Civil
Testistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara Lesly; Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades

Tesis: "OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022"

ALABEO
Norma técnica peruana 399.613

ADOBE CON 0.0% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
Nº	mm		mm	
1	5.70			1.70
2	4.50			1.70
3	4.80			1.90
4	4.70			1.80
5	5.80			1.85
6	5.50			1.75
PROMEDIO	CONCAVIDAD		5.17	
	CONVEXIDAD		1.78	

ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
Nº	mm		mm	
1	3.60			1.65
2	3.50			1.70
3	2.60			1.55
4	2.40			1.50
5	3.90			1.65
6	2.50			1.60
PROMEDIO	CONCAVIDAD		3.08	
	CONVEXIDAD		1.61	

ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR


MUESTRAS	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
Nº	mm		mm	
1	2.50			1.45
2	2.30			1.50
3	1.50			1.35
4	2.60			1.30
5	2.50			1.40
6	1.50			1.45
PROMEDIO	CONCAVIDAD		2.15	
	CONVEXIDAD		1.41	

ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

MUESTRAS	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD	CONCAVIDAD	CONVEXIDAD
Nº	mm		mm	
1	1.80			1.20
2	1.60			1.10
3	1.75			1.20
4	1.70			1.00
5	1.85			1.00
6	1.65			1.20
PROMEDIO	CONCAVIDAD		1.73	
	CONVEXIDAD		1.12	



Anexo C.3 Ensayo de succión


UNS
 UNIVERSIDAD
 NACIONAL DEL SANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la escuela profesional de Ingeniería civil
Testigos: Bach. Estrada Ayala Xiomara Lesly Bach. Vásquez Ramírez Noé Melquiades


Título: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022”

SUCCIÓN							
Normas NTP 399.604 y 399.613							
ADOBE CON 0.00% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR							
MUESTRAS	DIMENSIONES		Área de contacto	Peso seco	Peso con agua	Peso de agua succionada	Succión (gr/min/200 cm ²)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	(cm ²)	(gr)	(gr)	(gr)	
1	39.20	20.20	791.84	7760	7610	no presenta	no presenta
2	40.50	20.00	810.00	8090	8070	no presenta	no presenta
3	40.10	19.80	793.98	8040	7930	no presenta	no presenta
4	39.50	19.40	766.30	8340	8330	no presenta	no presenta
5	39.50	19.90	786.05	7980	7880	no presenta	no presenta
6	40.10	19.80	793.98	8040	7930	no presenta	no presenta
PROMEDIO							NO PRESENTA
ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR							
MUESTRAS	DIMENSIONES		Área de contacto	Peso seco	Peso con agua	Peso de agua succionada	Succión (gr/min/200 cm ²)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	(cm ²)	(gr)	(gr)	(gr)	
1	38.90	19.40	754.66	6900	6970	70.00	18.55
2	39.00	19.40	756.60	6870	6970	100.00	26.43
3	38.90	19.40	754.66	7110	7200	90.00	23.85
4	38.60	19.00	733.40	7000	7080	80.00	21.82
5	39.00	19.10	744.90	6990	7080	90.00	24.16
6	38.90	19.40	754.66	7110	7200	90.00	23.85
PROMEDIO							23.11
ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR							
MUESTRAS	DIMENSIONES		Área de contacto	Peso seco	Peso con agua	Peso de agua succionada	Succión (gr/min/200 cm ²)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	(cm ²)	(gr)	(gr)	(gr)	
1	38.90	19.60	762.44	7340	7400	60.00	15.74
2	39.30	20.40	801.72	7310	7400	90.00	22.45
3	39.20	19.20	752.64	7050	7130	80.00	21.26
4	38.90	18.80	731.32	6880	6940	60.00	16.41
5	39.50	20.00	790.00	7190	7280	90.00	22.78
6	39.20	19.20	752.64	7050	7130	80.00	21.26
PROMEDIO							19.98
ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR							
MUESTRAS	DIMENSIONES		Área de contacto	Peso seco	Peso con agua	Peso de agua succionada	Succión (gr/min/200 cm ²)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	(cm ²)	(gr)	(gr)	(gr)	
1	39.40	19.40	764.36	8100	8130	30.00	7.85
2	39.00	19.30	752.70	7710	7750	40.00	10.63
3	39.50	19.80	782.10	7840	7880	40.00	10.23
4	39.10	19.40	758.54	7780	7810	30.00	7.91
5	39.00	19.80	772.20	7920	7980	60.00	15.54
6	39.50	19.80	782.10	7840	7880	40.00	10.23
PROMEDIO							10.40

Nota. La muestra de adobe de 0.00% de fibra de BCA no presentó valores debido a que al colocar los adobes en contacto con el agua para el inicio de la prueba se evidenció que en la superficie baja de los bloques de adobe estos al contacto con agua comenzaron a desprenderse, por lo que al tiempo de un minuto conforme a la prueba se retiró la muestra y se registró su peso, siendo este menor al peso seco inicial debido a ese desprendimiento de adobe.



Anexo C.4 Ensayo de absorción

<div>  UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA </div> <div> UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL “Año de la unidad, la paz y el desarrollo” </div> <div> Lugar: Laboratorio de Mecánica de suelos en la escuela profesional de Ingeniería civil Testistas: Bach. Estrada Ayala Xiomara Lesly; Bach. Vázquez Ramírez Noé Melquiades Teste: “OPTIMIZACIÓN DEL ADOBE UTILIZANDO BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN CASCAJAL BAJO Y ANEXOS 2022” </div>						
ABSORCIÓN Normas NTP 399.604 y 399.613						
ADOBE CON 0.00% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR						
MUESTRAS	DIMENSIONES			Peso seco (gr)	Peso saturado (gr)	Absorción (%)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
1	39.50	19.90	9.00	7980	no presenta	no presenta
2	40.10	19.80	9.20	8040	no presenta	no presenta
3	39.20	20.20	9.00	7760	no presenta	no presenta
4	39.70	19.40	9.20	8340	no presenta	no presenta
5	40.50	20.00	8.80	8090	no presenta	no presenta
6	40.10	19.90	9.20	8070	no presenta	no presenta
PROMEDIO						NO PRESENTA
ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR						
MUESTRAS	DIMENSIONES			Peso seco (gr)	Peso saturado (gr)	Absorción (%)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
1	39.00	19.80	9.80	7920	no presenta	no presenta
2	39.50	19.80	9.80	7850	no presenta	no presenta
3	39.40	19.40	9.80	8100	no presenta	no presenta
4	39.10	19.40	9.20	7780	no presenta	no presenta
5	39.00	19.50	9.30	7710	no presenta	no presenta
6	39.30	19.70	9.40	7740	no presenta	no presenta
PROMEDIO						NO PRESENTA
ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR						
MUESTRAS	DIMENSIONES			Peso seco (gr)	Peso saturado (gr)	Absorción (%)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
1	38.90	18.80	9.10	6880	7470	8.58
2	38.90	19.60	9.50	7340	8020	9.26
3	39.20	19.20	9.30	7050	7580	7.52
4	39.50	20.00	9.30	7190	7650	6.40
5	39.30	20.40	9.50	7310	7860	7.52
6	39.40	19.30	9.40	7250	7920	9.24
PROMEDIO						8.09
ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR						
MUESTRAS	DIMENSIONES			Peso seco (gr)	Peso saturado (gr)	Absorción (%)
N°	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)			
1	38.90	19.40	9.00	7110	7510	5.63
2	38.60	19.00	9.30	7000	7410	5.86
3	39.00	19.10	9.80	6990	7380	5.58
4	38.90	19.40	9.80	6900	7250	5.07
5	39.00	19.40	9.10	6870	7270	5.82
6	38.70	19.30	9.70	6980	7350	5.30
PROMEDIO						5.54

Nota. Las muestras de adobe con 0.00% y 0.25% no presentaron valores debido a que al colocar las muestras en los recipientes con agua para dar inicio a la prueba, estos no pudieron resistir las 24 horas que establece la norma. Para la dosis de 0.00% de fibra de BCA las muestras resistieron un promedio de 3 horas antes de desintegrarse completamente, mientras que las de 0.25% resistieron un promedio de 13 horas después de sumergidas.



Anexo D: Procedimiento de cálculo para hipótesis

Tabla 71

Datos de ensayo de resistencia a la compresión

0%	25%	50%	75%
12.12	12.28	15.10	13.88
12.40	13.43	14.85	14.41
12.20	12.97	15.71	13.79
12.67	13.24	14.61	14.75
11.76	12.87	16.31	14.39
12.10	13.14	15.74	14.56

Tabla 72

Resumen del análisis de varianza de un solo factor

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
0	6	73.25	12.21	0.09409667
0.25	6	77.93	12.99	0.15949667
0.50	6	92.32	15.39	0.41106667
0.75	6	85.78	14.30	0.14534667

Tabla 73

Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión según datos de SPSS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm2)	Suma de cuadrados	Grados de libertad (gl)	Media cuadrática	F	Probabilidad (Sig)
Entre grupos	35.585	3	11.862	58.575	<.001
Dentro de los grupos	4.050	20	0.203		
Total	39.635	23			

Para encontrar el valor crítico para F se usó el siguiente procedimiento en Microsoft Excel

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 2.68044893 = \text{INV.F.CD}(0.0745; D15; D17)$

p-valor = $4.3740E-10 = \text{DISTR.F.CD}(F15; D15; D17)$

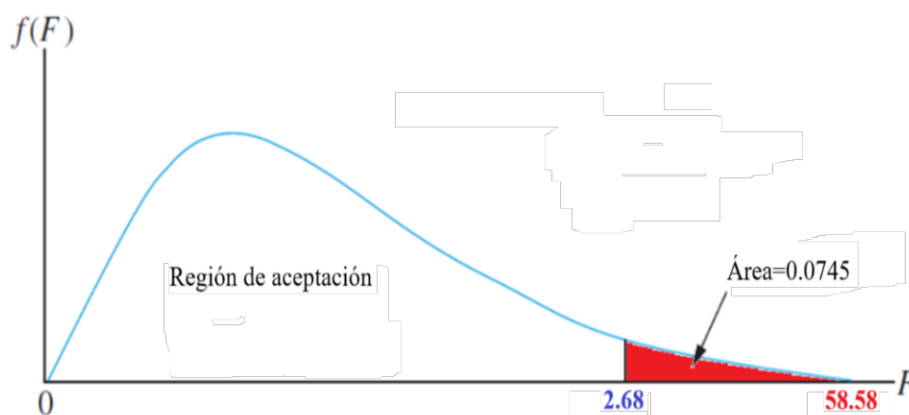
Tabla 74

Análisis de Varianza (ANOVA) para la resistencia a la compresión- usando la distribución F (Fisher-Snedecor)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm2)	Suma de cuadrados	Grados de libertad (gl)	Media cuadrática	F	Probabilidad (Sig)	Valor crítico para F
Entre grupos	35.585	3	11.862	58.575	<.001	2.68044893
Dentro de los grupos	4.050	20	0.203			
Total	39.635	23				

Figura 78

Ejemplo distribuidor F para la resistencia a la compresión



En la figura 78 se evidencia que el valor de F es 58.58, y 2.68 para el F crítico. El valor de 58.58 se encuentra dentro del área donde se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, al agregar fibra de caña de azúcar en dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%, influye significativamente en la resistencia a la compresión del adobe.

Anexo E: Cuantiles de la distribución de Tukey
TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n, m)$

$\alpha = 0.05$	n														
m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67	
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52	
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66	
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14	
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11	
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98	
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88	
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71	
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65	
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54	
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46	
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40	
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37	
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34	
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30	
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28	
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26	
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24	
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23	
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21	
31	2.88	3.48	3.84	4.09	4.29	4.45	4.59	4.71	4.81	4.90	4.99	5.06	5.13	5.20	
32	2.88	3.48	3.83	4.09	4.28	4.45	4.58	4.70	4.80	4.89	4.98	5.05	5.12	5.18	
33	2.88	3.47	3.83	4.08	4.28	4.44	4.57	4.69	4.79	4.88	4.97	5.04	5.11	5.17	
34	2.87	3.47	3.82	4.07	4.27	4.43	4.56	4.68	4.78	4.87	4.96	5.03	5.10	5.16	
35	2.87	3.46	3.81	4.07	4.26	4.42	4.56	4.67	4.77	4.86	4.95	5.02	5.09	5.15	
36	2.87	3.46	3.81	4.06	4.25	4.41	4.55	4.66	4.76	4.85	4.94	5.01	5.08	5.14	
37	2.87	3.45	3.80	4.05	4.25	4.41	4.54	4.66	4.76	4.85	4.93	5.00	5.07	5.13	
38	2.86	3.45	3.80	4.05	4.24	4.40	4.53	4.65	4.75	4.84	4.92	4.99	5.06	5.12	
39	2.86	3.45	3.79	4.04	4.24	4.39	4.53	4.64	4.74	4.83	4.91	4.98	5.05	5.11	
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73	4.82	4.90	4.98	5.04	5.11	
41	2.86	3.44	3.79	4.03	4.23	4.38	4.51	4.63	4.73	4.82	4.90	4.97	5.04	5.10	
42	2.85	3.44	3.78	4.03	4.22	4.38	4.51	4.62	4.72	4.81	4.89	4.96	5.03	5.09	
43	2.85	3.43	3.78	4.03	4.22	4.37	4.50	4.62	4.72	4.80	4.88	4.96	5.02	5.08	
44	2.85	3.43	3.78	4.02	4.21	4.37	4.50	4.61	4.71	4.80	4.88	4.95	5.02	5.08	
45	2.85	3.43	3.77	4.02	4.21	4.36	4.49	4.61	4.70	4.79	4.87	4.94	5.01	5.07	
46	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.49	4.60	4.70	4.79	4.87	4.94	5.00	5.06	
47	2.85	3.42	3.77	4.01	4.20	4.36	4.48	4.60	4.69	4.78	4.86	4.93	5.00	5.06	
48	2.84	3.42	3.76	4.01	4.20	4.35	4.48	4.59	4.69	4.78	4.86	4.93	4.99	5.05	
49	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.35	4.48	4.59	4.69	4.77	4.85	4.92	4.99	5.05	
50	2.84	3.42	3.76	4.00	4.19	4.34	4.47	4.58	4.68	4.77	4.85	4.92	4.98	5.04	

TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n, m)$

$\alpha = 0.05$	n														
m	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2	15.92	16.16	16.38	16.59	16.78	16.97	17.14	17.30	17.46	17.61	17.75	17.88	18.01	18.13	18.25
3	10.69	10.84	10.98	11.11	11.24	11.36	11.47	11.58	11.68	11.78	11.87	11.96	12.05	12.13	12.21
4	8.79	8.91	9.03	9.13	9.23	9.33	9.42	9.50	9.58	9.66	9.74	9.81	9.88	9.94	10.00
5	7.83	7.93	8.03	8.12	8.21	8.29	8.37	8.44	8.51	8.58	8.64	8.70	8.76	8.82	8.87
6	7.24	7.34	7.43	7.51	7.59	7.66	7.73	7.80	7.86	7.92	7.98	8.03	8.09	8.14	8.19
7	6.85	6.94	7.02	7.10	7.17	7.24	7.30	7.36	7.42	7.48	7.53	7.58	7.63	7.68	7.73
8	6.57	6.65	6.73	6.80	6.87	6.93	6.99	7.05	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	7.35	7.40
9	6.36	6.44	6.51	6.58	6.64	6.70	6.76	6.82	6.87	6.92	6.97	7.02	7.06	7.10	7.14
10	6.19	6.27	6.34	6.40	6.47	6.53	6.58	6.63	6.69	6.73	6.78	6.82	6.87	6.91	6.95
11	6.06	6.13	6.20	6.27	6.33	6.38	6.44	6.49	6.54	6.58	6.63	6.67	6.71	6.75	6.79
12	5.95	6.02	6.09	6.15	6.21	6.26	6.32	6.37	6.41	6.46	6.50	6.54	6.58	6.62	6.66
13	5.86	5.93	5.99	6.05	6.11	6.17	6.22	6.26	6.31	6.36	6.40	6.44	6.48	6.52	6.55
14	5.79	5.85	5.91	5.97	6.03	6.08	6.13	6.18	6.22	6.27	6.31	6.35	6.39	6.42	6.46
15	5.72	5.78	5.85	5.90	5.96	6.01	6.06	6.10	6.15	6.19	6.23	6.27	6.31	6.34	6.38
16	5.66	5.73	5.79	5.84	5.90	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.17	6.20	6.24	6.28	6.31
17	5.61	5.67	5.73	5.79	5.84	5.89	5.94	5.98	6.03	6.07	6.11	6.14	6.18	6.22	6.25
18	5.57	5.63	5.69	5.74	5.79	5.84	5.89	5.93	5.98	6.02	6.06	6.09	6.13	6.16	6.20
19	5.53	5.59	5.65	5.70	5.75	5.80	5.85	5.89	5.93	5.97	6.01	6.05	6.08	6.11	6.15
20	5.49	5.55	5.61	5.66	5.71	5.76	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.00	6.04	6.07	6.10
21	5.46	5.52	5.58	5.63	5.68	5.73	5.77	5.81	5.85	5.89	5.93	5.97	6.00	6.03	6.07
22	5.43	5.49	5.55	5.60	5.65	5.69	5.74	5.78	5.82	5.86	5.90	5.93	5.97	6.00	6.03
23	5.41	5.46	5.52	5.57	5.62	5.67	5.71	5.75	5.79	5.83	5.87	5.90	5.93	5.97	6.00
24	5.38	5.44	5.49	5.55	5.59	5.64	5.68	5.72	5.76	5.80	5.84	5.87	5.91	5.94	5.97
25	5.36	5.42	5.47	5.52	5.57	5.62	5.66	5.70	5.74	5.78	5.81	5.85	5.88	5.91	5.94
26	5.34	5.40	5.45	5.50	5.55	5.59	5.64	5.68	5.72	5.75	5.79	5.82	5.85	5.89	5.92
27	5.32	5.38	5.43	5.48	5.53	5.57	5.61	5.66	5.69	5.73	5.77	5.80	5.83	5.86	5.89
28	5.30	5.36	5.41	5.46	5.51	5.55	5.60	5.64	5.67	5.71	5.75	5.78	5.81	5.84	5.87
29	5.29	5.34	5.40	5.44	5.49	5.54	5.58	5.62	5.66	5.69	5.73	5.76	5.79	5.82	5.85
30	5.27	5.33	5.38	5.43	5.47	5.52	5.56	5.60	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.80	5.83
31	5.26	5.31	5.36	5.41	5.46	5.50	5.54	5.58	5.62	5.66	5.69	5.72	5.76	5.79	5.82
32	5.24	5.30	5.35	5.40	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.64	5.68	5.71	5.74	5.77	5.80
33	5.23	5.29	5.34	5.39	5.43	5.48	5.52	5.56	5.59	5.63	5.66	5.69	5.73	5.76	5.78
34	5.22	5.27	5.33	5.37	5.42	5.46	5.50	5.54	5.58	5.61	5.65	5.68	5.71	5.74	5.77
35	5.21	5.26	5.31	5.36	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.60	5.64	5.67	5.70	5.73	5.76
36	5.20	5.25	5.30	5.35	5.40	5.44	5.48	5.52	5.55	5.59	5.62	5.66	5.69	5.72	5.74
37	5.19	5.24	5.29	5.34	5.39	5.43	5.47	5.51	5.54	5.58	5.61	5.64	5.67	5.70	5.73
38	5.18	5.23	5.28	5.33	5.38	5.42	5.46	5.50	5.53	5.57	5.60	5.63	5.66	5.69	5.72
39	5.17	5.22	5.27	5.32	5.37	5.41	5.45	5.49	5.52	5.56	5.59	5.62	5.65	5.68	5.71
40	5.16	5.22	5.27	5.31	5.36	5.40	5.44	5.48	5.51	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.70
41	5.15	5.21	5.26	5.30	5.35	5.39	5.43	5.47	5.50	5.54	5.57	5.60	5.63	5.66	5.69
42	5.15	5.20	5.25	5.30	5.34	5.38	5.42	5.46	5.50	5.53	5.56	5.59	5.62	5.65	5.68
43	5.14	5.19	5.24	5.29	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67
44	5.13	5.19	5.24	5.28	5.33	5.37	5.41	5.44	5.48	5.51	5.55	5.58	5.61	5.64	5.66
45	5.13	5.18	5.23	5.28	5.32	5.36	5.40	5.44	5.47	5.51	5.54	5.57	5.60	5.63	5.66
46	5.12	5.17	5.22	5.27	5.31	5.35	5.39	5.43	5.46	5.50	5.53	5.56	5.59	5.62	5.65
47	5.11	5.17	5.22	5.26	5.31	5.35	5.39	5.42	5.46	5.49	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64
48	5.11	5.16	5.21	5.26	5.30	5.34	5.38	5.42	5.45	5.48	5.52	5.55	5.58	5.61	5.63
49	5.10	5.16	5.20	5.25	5.29	5.33	5.37	5.41	5.44	5.48	5.51	5.54	5.57	5.60	5.63
50	5.10	5.15	5.20	5.24	5.29	5.33	5.37	5.40	5.44	5.47	5.50	5.53	5.56	5.59	5.62

Anexo F: Panel fotográfico

Anexo F.1: Pruebas de campo



Foto 1. Prueba olfativa



Foto 2. Prueba Dental



Foto 3. Prueba de la botella



Foto 4. Prueba de plasticidad

Anexo F.2: Ensayos de laboratorio del suelo



Foto 5. Procedimiento de prueba de Granulometría por lavado



Foto 6. Procedimiento de prueba de Contenido de humedad



Foto 7. Límite plástico



Foto 8. Límite líquido

Anexo F.3: Ubicación del lugar de extracción del suelo



Foto 9. Visita a zona de estudio



Foto 10. Extracción del suelo del CC.PP. Cascajal bajo

Anexo F.4: Preparación de las muestras de adobe

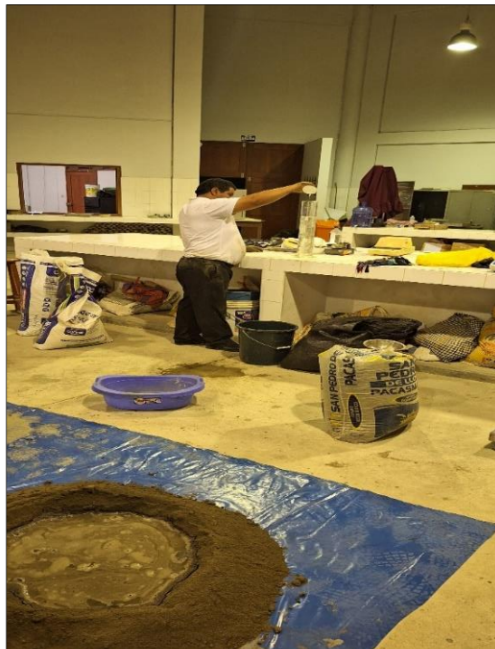


Foto 11. Hidratación del suelo



Foto 12. Adición de fibra de BCA



Foto 13. Mezcla de los materiales



Foto 14. Proceso de dormido de la mezcla



Foto 15. Moldeado de la mezcla



Foto 16. Secado y almacenamiento de los adobes



Foto 17. Traslado de las muestras de adobe al laboratorio

F.5: Ensayos de las muestras de adobe en laboratorio



Foto 18. Resistencia de compresión



Foto 19. Resistencia de tracción



Foto 20. Alabeo



Foto 21. Succión



Foto 22. Absorción



Foto 23. Variación dimensional

Anexo G: Operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escalada de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: Fibra de bagazo de caña de azúcar	El bagazo de caña de azúcar es el residuo de la caña, que también se le puede definir técnicamente como el resultado de la compresión de la planta, este residuo también puede ser usado como fibra refuerzo ya sea en el concreto u otros elementos que se puedan dosificar dando así mucha resistencia a la tracción. (Rocca, 2020)	Consiste en la adición de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 0.25%, 0.50% y 0.75% a fin de determinar el porcentaje óptimo.	Dosis de fibra	Porcentaje con respecto al peso de la unidad de adobe	Nominal
	Se refiere a las características físicas y funcionales que definen cómo se comporta el material y cómo afecta su uso en la construcción. Estas propiedades incluyen tanto las propiedades físicas como mecánicas. Según- (Aburto, 2018)	Consiste en determinar las propiedades de compresión, tracción, variación dimensional, alabeo, succión y absorción al adicionar fibras de BCA en los bloques de adobe como estabilizante natural.	Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción Variación dimensional Alabeo Succión Absorción	Esfuerzo de compresión (kg/cm ²) resistencia a la tracción (kg/cm ²) Porcentaje de variación (%) Superficies cóncavas y convexas (mm) Succión promedio (gr/min/200 cm ²) Porcentaje de absorción (%)	Razón

Anexo H: Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera al optimizar el adobe utilizando bagazo de caña de azúcar mejorará sus propiedades en Cascajal Bajo y anexos 2022?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál será el porcentaje óptimo de las unidades de adobe estabilizado con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75% para mejorar sus propiedades mecánicas?</p> <p>¿Cuál será la resistencia a la compresión y tracción de las unidades de adobe tradicional y estabilizadas con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%?</p> <p>¿Cuál será la variación dimensional, alabeo, succión y absorción de las unidades de adobe tradicional y estabilizadas con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Optimizar el adobe utilizando bagazo de caña de azúcar (BCA) para mejorar sus propiedades.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar el porcentaje óptimo de las unidades de adobe estabilizado con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75% que mejoren sus propiedades mecánicas.</p> <p>Evaluar la resistencia a la compresión y tracción de las unidades de adobe tradicional y estabilizadas con fibra de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%?</p> <p>Evaluar la variación dimensional, alabeo, succión y absorción de las unidades de adobe tradicional y estabilizadas con fibras de bagazo de caña de azúcar en las dosis de 0.25%, 0.50% y 0.75%</p>	<p>si se adiciona el 0.25%, 0.50% y 0.75% de bagazo de caña de azúcar (BCA) como estabilizador natural en las unidades de adobe, entonces se optimizará sus propiedades mecánicas y físicas elaboradas en Cascajal Bajo y anexos.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>El porcentaje óptimo según la dosis de estabilizante natural a las unidades de adobe con bagazo de caña de azúcar oscila entre 0.25% a 0.75%.</p> <p>Las unidades de adobe estabilizadas con fibras de bagazo de caña de azúcar presentan mayor resistencia a la compresión y tracción conforme aumenta el porcentaje de fibras existiendo una dosis óptima.</p> <p>Las unidades de adobe estabilizadas con fibras de bagazo de caña de azúcar presentan mayor variación dimensional, alabeo, succión y absorción conforme aumenta el porcentaje de fibras existiendo una dosis óptima.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Fibra de bagazo de caña de azúcar</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Dosis de fibras</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades del adobe</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la tracción</p> <p>Variación dimensional</p> <p>Alabeo</p> <p>Succión</p> <p>Absorción</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativa</p> <p>ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN: Descriptivo correlacional</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi experimental</p> <p>POBLACIÓN: Cantidad de adobe tradicional que se elaboran en Cascajal Bajo y anexos para la construcción de las viviendas.</p> <p>MUESTREO: Probabilístico aleatorio con población infinita. Se consideró 144 muestras.</p>