

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



**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**

PRESENTADO POR:

Bach. Jonathan Salomón ABURTO MELENDEZ

Bach. Edinson Armando BRAVO RODRIGUEZ

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Nuevo Chimbote – Perú

2018

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



**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES
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 PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO POR:

Ms. Luz Esther Álvarez Asto

ASESOR

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES
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 PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

JURADO EVALUADOR DE TESIS:

Ms. Julio Rivasplata Díaz

PRESIDENTE

Ms. Luz Esther Álvarez Asto

SECRETARIO

Ms. Edgar Sparrow Álamo

INTEGRANTE

DEDICATORIA

A DIOS.

Por la gran fortaleza y estabilidad que me ha brindado en esta etapa de mi vida, ayudándome cada día a seguir adelante y cumplir con cada una de mis metas. *Enséñame a hacer tu voluntad, porque tú eres mi Dios. Que tu buen Espíritu me guíe por un terreno sin obstáculos.* (Salmos 143:10).

A mi madre Nelí.

Por el gran sacrificio y esfuerzo que día a día realizó para poder brindarme la educación y la dedicación necesaria, gracias a ella pude alcanzar los logros que tengo ahora, por enseñarme la virtud de la perseverancia y la humildad.

A toda mi familia y amigos.

Los cuales me brindaron todo su apoyo desde los inicios de mi vida y que fueron de gran influencia en cada uno de los logros de mis metas trazadas.

JONATHAN MELÉNDEZ

DEDICATORIA

A JEHOVÁ DIOS.

Por su misericordia y su inmensurable amor, así también por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.

Esfuézate y sé valiente. No temas ni desmayes, que yo soy el Señor tu Dios, y estaré contigo por dondequiera que vayas. (Josué 1:9).

A mis Padres.

Fortunata y Tito por ser la fuente de inspiración para enfrentar a la vida con mucha valentía y coraje, gracias a ellos que fueron el gran soporte para llegar a cumplir mis objetivos, metas y luchar por mis sueños sin titubear.

A mis hermanos.

Néstor, Nery, Esther, por la paciencia, apoyo incondicional y que con su amor me han enseñado a seguir adelante; y sobre todo por estar en todo momento en mi vida.

A toda mi familia y amigos.

Los cuales fueron participes durante la etapa pre-profesional brindando su apoyo frente a las adversidades.

EDINSON RODRIGUEZ

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a JEHOVÁ DIOS por darnos las fuerzas necesarias para culminar este trabajo y poder compartir nuestros conocimientos adquiridos en este periodo.

A nuestros docentes de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, los cuales nos compartieron sus conocimientos y experiencias que nos ayudaron a encaminarnos en esta hermosa rama de la Ingeniería y así progresar en nuestra formación profesional.

A nuestra asesora Ing. Luz Álvarez Asto, por su apoyo, esfuerzo y su motivación constante, inculcando en nosotros un sentido de responsabilidad, seriedad y rigor en el ámbito académico.

A nuestros compañeros de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, quienes nos compartieron conocimientos los cuales adquirimos y empleamos en nuestra vida universitaria y nos ayudarán mucho en el desarrollo de nuestra vida profesional.

LOS AUTORES

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xvi
ABSTRAC	xviii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	21
1.1 Antecedentes	22
1.1.1 Antecedentes internacionales	23
1.1.2 Antecedentes nacionales	24
1.1.3 Antecedentes regionales.....	26
1.1.4 Antecedentes locales.....	26
1.1.5 Formulación del problema	27
1.2 Objetivos	28
1.2.1 Objetivos generales.....	28
1.2.2 Objetivos específicos	28
1.3 Hipótesis	29
1.4 Justificación	29
1.5 Limitaciones del trabajo	31
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	33
2.1 Adobe	33
2.1.1 Definición.....	33
2.1.2 Composición del adobe	35
2.1.3 Ventajas del adobe	37
2.1.4 Desventajas del adobe.....	39

2.1.5	Normatividad del adobe	40
2.1.6	Ensayos en campo para determinar la composición del suelo	42
2.1.7	Ensayos de análisis para determinar la composición del suelo	48
2.1.8	Elaboración de los bloques de adobe	52
2.2	Estabilización del adobe.....	57
2.3	Ensayos mecánicos para las unidades de adobe.....	57
2.3.1	Resistencia a la compresión	57
2.3.2	Resistencia a la tracción	59
2.3.3	Ensayo de resistencia de murete a la compresión.....	60
2.4	Ensayos físicos para el bloque de adobe	61
2.4.1	Ensayo de variación dimensional	61
2.4.2	Ensayo de absorción	62
2.4.3	Ensayo de succión.....	62
2.5	Aditivos naturales para el adobe encontrados en el CC.PP.	
	Tambar	63
2.5.1	Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)	63
2.5.2	La caña de azúcar en el Perú	64
2.5.3	Proceso industrial de la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).....	66
2.5.4	Propiedades puzolánicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)	viii..... 68

CAPÍTULO III.	MATERIALES Y METODOS	71
3.1	Materiales	71
3.1.1	Suelo de canteras	71
3.1.2	Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)	72
3.2	Métodos	73
3.2.1	Metodología de investigación	73
3.2.2	Diseño de investigación	73
3.3	Población y muestra	74
3.3.1	Población	74
3.4	Muestra	75
3.5	Técnicas de recolección de datos	75
3.6	Procedimiento	76
3.6.1	Zonificación y designación de canteras.	76
3.6.2	Recolección y transporte de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.	77
3.6.3	Elaboración de las unidades de adobe	78
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	84
4.1	Resultados	84
4.1.1	Sectorización	84
4.1.2	Elaboración de bloques de adobe	85
4.1.3	Ensayos físicos al Bloque de Adobe	87
4.1.4	Ensayos Mecánicos al Bloque de Adobe	93

4.2	Discusiones.....	105
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		108
5.1	Conclusiones	108
5.2	Recomendaciones	112
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES		115
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normatividad del adobe	41
Tabla 2: Tamices utilizados para estudios de suelos.	49
Tabla 3: Producción de Caña de Azúcar en Perú.	65
Tabla 4: Proceso de calcinación de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)	69
Tabla 5: Coordenadas UTM de la ubicación de canteras en El Centro Poblado de Tambar.	71
Tabla 6: Detalle por tipo de la cantidad de unidades adobe elaborados.	74
Tabla 7: Clasificación del Suelo del CC.PP de Tambar.....	84
Tabla 8: Sectorización por canteras.	85
Tabla 9: Pruebas de Campo.....	85
Tabla 10: Ensayos de laboratorio del Suelo de Canteras.	86
Tabla 11: Dosificación y Nomenclatura	87
Tabla 12: Variación Dimensional de los Bloques de Adobe - Patrón	87
Tabla 13: Variación Dimensional de los Bloques de Adobe con diferentes porcentajes de Ceniza de Bagazo de caña de Azúcar	88
Tabla 14: Duración del Adobe Patrón en Agua.....	92
Tabla 15: Duración en agua del Adobe adicionado con CBCA.....	92
Tabla 16: Resistencia a la Compresión del Adobe Patrón	94
Tabla 17: Resistencia a la Compresión del Adobe estabilizado con CBCA.....	94
Tabla 18: Resistencia a la Tracción del Adobe Patrón.	98
Tabla 19: Resistencia a la Compresión del Adobe estabilizado con CBCA.....	98
Tabla 20: Resistencia a la Compresión en Muretes de Adobe (Patrón).....	101
Tabla 21: Resistencia a la Compresión del Adobe estabilizado con CBCA.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Bloques de Adobe	33
<i>Figura 2.</i> Proceso de Hidratación de la Tierra	36
<i>Figura 3.</i> Realizando la prueba de color del suelo	43
<i>Figura 4.</i> Hidratación del suelo utilizando el Tamiz N° 4.....	44
<i>Figura 5.</i> Realizando la prueba de olfato.....	45
<i>Figura 6.</i> Realizando la prueba de cinta de barro.....	47
<i>Figura 7.</i> Realizando la prueba de resistencia seca.....	48
<i>Figura 8.</i> Muestra colocada en el horno para prueba de contenido de humedad.	48
<i>Figura 9.</i> Proceso de tamizado para el ensayo de granulometría	50
<i>Figura 10.</i> Calculo del Limite Liquido con la Copa de Casagrande	51
<i>Figura 11.</i> Elaboración de rollitos para cálculo de Limite Plástico	51
<i>Figura 12.</i> Transporte de la tierra luego de haber sido seleccionada	53
<i>Figura 13:</i> Hidratación y preparación de la mezcla	54
<i>Figura 14:</i> Moldeado de los bloques de Adobe	56
<i>Figura 15:</i> Secado de los bloques de adobe.....	56
<i>Figura 16:</i> Ensayo a Compresión.....	59
<i>Figura 17:</i> Ensayo a Tracción.....	60
<i>Figura 18:</i> Ensayo de resistencia de murete a la compresión.	61
<i>Figura 19:</i> Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).....	64
<i>Figura 20:</i> Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).....	67
<i>Figura 21:</i> Mapa de ubicación de las canteras en Tambar	72
<i>Figura 22:</i> Extracción de CBCA en Agroindustrias San Jacinto.....	72
<i>Figura 23:</i> Esquema de diseño de investigación.....	73
<i>Figura 24:</i> Excavación de calicata en C.P. de Tambar.....	77

<i>Figura 25:</i> Recolección de CBCA en Agroindustrias San Jacinto.....	78
<i>Figura 26:</i> Mezclado del Suelo con CBCA.	80
<i>Figura 27:</i> Moldeo de Probetas de Adobe.....	81
<i>Figura 28:</i> Secado de las unidades de adobe con 5% de CBCA.....	82
<i>Figura 29:</i> Comparación de la Variación dimensional de la longitud del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición del CBCA,	88
<i>Figura 30:</i> Comparación de la Variación dimensional del Ancho del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición de CBCA.	89
<i>Figura 31:</i> Comparación de la Variación dimensional de la Altura del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición de CBCA.	90
<i>Figura 32:</i> Inmersión en agua del Adobe Patrón	91
<i>Figura 33:</i> Duración del Adobe adicionado con CBCA.....	93
<i>Figura 34:</i> Resistencia a la compresión del Adobe estabilizado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.....	95
<i>Figura 35:</i> Gráfica del comportamiento del Adobe estabilizado con CBCA	96
<i>Figura 36:</i> Comparación entre las Resistencia a la Compresión de los Bloques de Adobe de cada porcentaje del CBCA.	97
<i>Figura 37:</i> Resistencia a la Tracción del Adobe estabilizado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.....	99
<i>Figura 38:</i> Gráfica del comportamiento del Adobe estabilizado con CBCA, Resistencia a la Tracción.....	99
<i>Figura 39:</i> Comparación entre las Resistencias a la Tracción de los adobes de porcentaje de CBCA. 100	
<i>Figura 40:</i> Comparación de Resistencias a la Compresión en Muretes de Adobe, estabilizado con CBCA.	102

<i>Figura 41:</i> Gráfica del comportamiento del Ensayo de Compresión en Muretes de Adobe estabilizado con CBCA.....	103
<i>Figura 42:</i> Comparación entre las Resistencias de compresión de los Muretes de adobe con porcentajes del CBCA.....	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Panel Fotográfico	119
Anexo N° 2: Normativa.....	141
Norma E-080... ..	142
Ensayos - MTC.....	153
Ensayos - NTP.....	172
Anexo N° 3: Pruebas y Ensayos del Suelo.....	175
Pruebas de Campo	176
Ensayos de Laboratorio.....	178
Anexo N° 4: Ensayos al Bloque de Adobe	184
Ensayo de variación dimensional... ..	185
Ensayo de absorción.....	190
Ensayo de la resistencia a la Compresión... ..	193
Ensayo de la resistencia a la tracción... ..	197
Ensayo de la resistencia del Murete a la Compresión.....	200
Anexo N° 5: Gráfica de Distribución Normal (Campana de Gauss).....	203
Anexo N° 6: Análisis de Costo unitario para la elaboración de unidades de adobe	206

RESUMEN

La presente investigación consistió en realizar una evaluación y comparación técnica entre las propiedades de los bloques de adobe convencionales “Patrón” y los elaborados mediante adición de Ceniza de Bagazo de Caña De Azúcar (CBCA) en el centro Poblado de Tambar - Moro. Para la elaboración de las unidades de adobe no convencionales se utilizó CBCA como aditivo en un 5%, 10% y 15% en relación al peso de la tierra.

Se empezó con un reconocimiento de la zona de estudio para luego realizar una sectorización en el centro poblado teniendo en cuenta algunos aspectos importantes para la determinación de canteras de donde se extrajo el suelo utilizado para la elaboración de los bloques de adobe. Los estudios de composición realizados al suelo se hicieron en campo, empleando algunas pruebas esenciales para la determinación de calidad del suelo tales como lavado, dental o mordida, brillo, olfato, resistencia seca, y cinta de barro, asimismo se realizaron ensayos de laboratorio tales como granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de humedad.

Se elaboraron dos tipos de adobes, el típico convencional al cual llamamos bloque patrón y el adicionado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en los distintos porcentajes antes mencionados; las dimensiones de los adobes utilizados fueron de 40x20x10 cm, 10x10x10 cm, 13.3x6.6x3.3 cm y probetas cilíndricas de 15cm de diámetro y 30 cm de alto.

A los bloques de adobe se les realizaron ensayos físicos de absorción, variación dimensional utilizando los adobes de 40x20x10 cm; ensayos mecánicos de compresión a los cubos de 10x10x10 cm, tracción a las probetas de 15 cm de diámetro y 30cm de alto y finalmente de resistencia de murete a la compresión con las unidades de adobes de 13.3x6.6x3.3 cm.

cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E.080 “Diseño y Construcción con Tierra reforzada” y la MTC.

Así también se verificó que para los distintos porcentajes de adición de la Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), se obtuvo que las unidades de Adobe con el 10% de adición de CBCA presentaron un mejor comportamiento mecánico.

ABSTRAC

The present investigation consisted in making an evaluation and technical comparison between the properties of the conventional adobe blocks and those elaborated by the addition of Sugar Cane Bagasse Ash (CBCA) in the village center of Tambar - Moro. For the elaboration of non-conventional adobe units, CBCA was used as an additive in 5%, 10% and 15% in relation to the weight of earth.

It began with a recognition of the study area to then make a sectorization in the town center taking into account some important aspects for the determination of quarries from which the soil used for the development of the blocks of adobe was extracted. The soil composition studies were done in the field, using some essential tests for the determination of soil quality such as washing, dental or bite, brightness, smell, dry resistance, and mud tape, also laboratory tests were carried out. as granulometry, liquid limit, plastic limit, plasticity index and moisture content.

Two types of adobes were elaborated, the typical conventional one, which we call the standard block and the one added with Sugar Cane Bagasse Ash (CBCA) in the aforementioned percentages; The dimensions of the adobes used were 40x20x10 cm, 10x10x10 cm 13.3x6.6x3.3 cm and cylindrical test pieces of 15cm in diameter and 30 cm in height.

The blocks of adobe were subjected to physical tests of absorption and suction using the adobes of 40x20x10; mechanical compression tests on the cubes of 10x10x10 cm, traction to the test pieces of 15 cm in diameter and 30cm high and finally of resistance of low wall

to compression with adobes of 13.3x6.6x3.3 cm. complying with the parameters established in the norm E.080 "Design and Construction with Reinforced Earth" and the MTC.

It was also verified that for the different percentages of addition of Sugar Cane Bagasse Ash (CBCA), it was obtained that the Adobe units with the 10% addition of CBCA presented a better mechanical behavior.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El adobe es uno métodos de construcción más utilizados y antiguos del mundo, debido que para su elaboración solo se necesita de un suelo lo suficientemente arcilloso y luego transformarlo en barro; al ser este de fácil acceso el uso del adobe se extendió a nivel mundial en diferentes culturas hace miles de años, existiendo registros históricos de su uso de hasta más de 10 mil años atrás.

Actualmente en el Perú, existen diversos materiales utilizados para la construcción de viviendas, a pesar de ello, el adobe es uno de los más importantes, debido a que las personas, en su mayoría de bajos recursos económicos recurren a este material porque su elaboración es de bajo costo en comparación a los demás materiales existentes en el mercado de la construcción, lamentablemente, la mayor parte de viviendas construidas con adobe no tienen una adecuada asistencia técnica, asimismo tienen desconocimiento de la norma E-080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada”, lo cual hace que el poblador construya su vivienda empleando métodos propios sin considerar patrones importantes en su elaboración los cuales pueden generar tragedias a corto y largo plazo. Actualmente hay una gran cantidad de investigaciones y reglamentos en diferentes países en donde se emplea el adobe como material de construcción, las cuales buscan mejorar el proceso constructivo y asimismo las propiedades físicas y mecánicas de este material. Para ello el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de proponer una optimización a las propiedades de las unidades de albañilería adobe incorporando la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en el CC. PP Tambar – Moro.

La presente investigación tiene capítulos los cuales se detallan a continuación:



En el CAPITULO I, se muestra los antecedentes, la formulación del problema, objetivos de la investigación, hipótesis, Identificación del Problema, justificación de la investigación y limitaciones de la investigación.

En el CAPITULO II, encontramos todo el marco y aspectos teóricos.

En el CAPITULO III, encontramos los materiales empleados en la investigación, la metodología de la investigación detallando el diseño de investigación, población y muestra, los instrumentos y procedimiento de recolección de datos.

En el CAPITULO IV, presentamos los Resultados de todas las pruebas realizadas para la elaboración de la investigación con sus respectivas discusiones.

En el CAPITULO V detallamos las conclusiones y recomendaciones.

En el CAPITULO VI se encuentran las referencias bibliográficas y virtuales.

Finalmente, en el CAPITULO VII presentamos los Anexos que incluyen fotografías, memorias de cálculos.

1.1 Antecedentes

Uno como profesional dedicado al ámbito de la construcción siempre desea innovar para mejorar la calidad de vida la población, y una de las necesidades más grandes que existe es la de una vivienda, que depende directamente con el crecimiento global de las poblaciones, por tal motivo se desea generar un equilibrio entre este crecimiento poblacional y la conservación del medio ambiente.

En el Perú el uso del adobe es milenario como se aprecia en el valle de Chicama, donde se encuentran vestigios que datan de 3000 años antes de Cristo, y como muestra de ello existen grandes construcciones o sus restos en lugares como Sechín, Caral, Chan Chán, Pachacámac, etc.

Debido a la gran cantidad de viviendas hechas de adobe en nuestro país se han realizado diversas investigaciones sobre este material empleando diferentes técnicas constructivas, las



investigaciones han sido realizadas por instituciones privadas como la PUCP, ONGs, entidades internacionales como la Agencias de Cooperación Técnica de Alemania (Cooperación Técnica Alemana - GTZ), Japón (JICA) y Suiza (COSUDE), entidades estatales como la UNI, SENCICO, CISMID y personas interesadas en el tema a través de tesis realizadas por alumnos de diversas universidades del país.

1.1.1 Antecedentes internacionales

- Calcedo, S., Libreros, J. & Ramírez, A. (2015) en su tesis titulada “Evaluación de la ceniza proveniente del Bagazo de Caña de azúcar como material cementante alternativo para la elaboración de morteros”, de la pontifica Universidad Javeriana, Colombia; consistió en elaborar muestras de mortero convencionales para compararlos con otro al cual sustituyó un 10% , 20% y 30 % del cemento, con esta investigación se determinó el porcentaje adecuado para sustitución debido a que se obtiene altas resistencias concluyendo de esta manera que este desecho industrial es un material adecuado para ser utilizado en la construcción.
- Cuiñas, C. & Nuñez, S. (2010) en su tesis titulada “La tierra como material: Inclusión del barro como imaginario el diseño actual”, de la Cátedra Galán, Buenos Aires, Argentina, tiene como uno de sus objetivos realizar distintos tipos de mezclas, a fin de encontrar el material adecuado. La metodología empleada fue realizar una variedad de ensayos, para observar el comportamiento del material con las distintas combinaciones. Para los experimentos se utilizaron tres tipos de aditivos: Aditivos estructurales: como arena, cal y tiza; Aditivos aglomerantes: como el cemento y yeso; Aditivos fibras: utilizando yute desarmado y cortado, concluyendo finalmente que algunas propiedades mejoraban como la resistencia, pero al mismo tiempo otras empeoraban como las fisuras y el calor.



- Vilela Mora, D. (2010) en su tesis titulada “Estabilización de suelos dirigida a la fabricación de bloques de adobe, propuesta metodológica”, de la Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador; tiene como objetivo general elaborar una metodología que permita fabricar un bloque de adobe a partir de suelo estabilizado con cemento portland con el fin de mejorar su resistencia mecánica y su durabilidad, de manera que al emplearlo en la construcción de viviendas asegure bajos costos, una vida útil cualitativamente superior (expresión formal, impermeabilidad, más resistente a los elementos naturales), y cuantitativamente más prolongada. Se desarrolló una metodología de selección del suelo al cual se estabilizó con cemento portland como aditivo en porcentajes de 6%, 8% y 10% para luego proceder con la elaboración del adobe. Obteniendo como resultados que las ventajas que se alcanzan con los bloques de adobe fabricados a partir de un suelo estabilizado con cemento respecto de las soluciones que tradicionalmente se vienen empleando se evidencian tanto en lo cualitativo cuando se realizan pruebas de intemperismo, los adobes mantienen su acabado sin presentar ninguna degradación a partir de un 8% en contenido de cemento y ventajas cuantitativas cuando las pruebas de compresión simple arrojan resultados para los adobes con un 8% y 10% de adición con incremento en su resistencia del orden (18 y 34)% respectivamente.

1.1.2 Antecedentes nacionales

- Muñiz Huanco, H. (2013). En su tesis titulada “Evaluación y alternativas de mejoramiento de las viviendas autoconstruidas de adobe de la zona rural del distrito de Sicuani – Cusco”, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima; utilizó una planta natural de la zona andina llamada llauilli como refuerzo para los muros de adobe, concluyendo que el empleo de llauilli como refuerzo en los muros de adobe dio resultados favorables y que lo más importante de reforzar los muretes con llauilli, es



el buen comportamiento que ofrecieron los muretes al mantenerse estables, por tal motivo el adobe es un material de construcción que puede ser mejorado con elementos naturales.

- Benites Zapata, V. (2017). En su tesis titulada “Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea Andina*)”, Universidad de Piura, Piura; la cual tiene como objetivo emplear la (Cabuya o *Furcraea andina*) como estabilizante del adobe convencional. Se evaluó la preparación de la Cabuya antes de incorporarlo al macerándolo entre 5 y 20 días, se fijaron tres etapas de maceración diferentes y se evaluó para cada uno de ellos la resistencia a la compresión y a la flexión, concluyendo que su resistencia a la compresión y a la flexión obtienen una mejora de 9.6% y 133.7% respectivamente.

Por otro lado, la resistencia ante efectos del agua aumenta considerablemente, similares a la cal o el cemento.

- Reyna Pari, C. (2016). En su investigación titulada “ Reutilización de plástico pet , papel y bagazo de caña de azúcar , como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo”, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo; que consistió en utilizar los materiales ya mencionados como materia prima para el diseño de mezclas , estos residuos sustituyeron a la arena gruesa en porcentajes en peso 5 % , 10 % y 20 % , concluyendo que el porcentaje optimo es el de 5 % teniendo mejor propiedades físicos y mecánicas que los otros porcentajes , luego se comparó el costo unitario del concreto simple y del concreto con contenido de residuos , concluyendo que hay un ahorro.



1.1.3 Antecedentes regionales

- Sifuentes Pérez, S. (2013) en su tesis titulada “Optimización de las unidades de albañilería de adobe utilizando suelo cemento y aditivos producidos en la zona del distrito de Tauca – Pallasca - Ancash”, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote; tiene como objetivo mejorar las unidades de adobe utilizando suelo cemento y algunos aditivos de la zona en estudio. se buscó mejorar la calidad de los bloques de adobe que se fabrican en Pallasca, haciendo uso de suelo cemento y algunos aditivos de la zona. Concluyó que el adecuado proceso de mezclado en seco entre el cemento, tierra, paja y agua el uso del cemento en un 10% es suficiente debido a que, a mayor cemento, mayor es la resistencia de la unidad de adobe, pero el costo aumenta.

1.1.4 Antecedentes locales

- Jara Rodríguez, R & Palacios Ambrosio, R. (2015), en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil titulada “Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillo de concreto”, de la Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote; la cual tiene como objetivo general elaborar ladrillos de concreto sustituyendo en porcentajes de 10%, 20% y 30% del cemento Portland, por Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), mejorando las propiedades mecánicas.

Se concluyó que al sustituir el cemento Portland por la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) utilizando el 10%, 20% y 30%, no son adecuados para obtener una mejora en las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto, por otro lado, que los ladrillos con CBCA son menos densos que los ladrillos patrón, asimismo la absorción de los ladrillos aumenta de manera directamente proporcional al aumento del porcentaje de CBCA.



1.1.5 Formulación del problema

Se observa que el CC.PP de Tambar, Distrito de Moro – Santa, constantemente presenta precipitaciones pluviales causando daños en las viviendas, de las cuales aproximadamente el 90% sus muros están contruidos con unidades de adobe, observándose deterioro de las unidades debido a la gran cantidad de humedad, fisuramiento en los muros ocasionado por el peso propio del mismo, ya que las unidades elaboradas de adobe presentan grandes dimensiones, siendo estas aproximadamente de 40x40x10cm; y posteriormente el colapso de las viviendas, generando un gran riesgo para los habitantes de esta zona; además se encuentra ubicada cerca al cauce del río Loco, el cual debido a estos eventos climatológicos, tiende a aumentar su cauce y caudal erosionando la tierra aledaña a las viviendas ubicadas en la zona produciendo un alto riesgo de colapso.

En la actualidad los pobladores del CC.PP de Tambar, debido a sus escasos recursos económicos y falta de asesoramiento técnico y/o profesional tienden a construir sus viviendas con unidades de adobe elaborados de manera artesanal, utilizando el mismo suelo de la zona y sin tener en cuenta las especificaciones técnicas requeridas para construir una vivienda segura y/o sismoresistente, asimismo desconocen lo estipulado en la norma E.080 RNE, por lo cual esto conlleva a un alto riesgo frente a un evento climatológico o sísmico, puesto que la ubicación en la cual nos encontramos es una zona altamente sísmica.

Por eso es necesario adicionar al adobe un material que mejore sus propiedades y de esta manera reducir el deterioro, fisuramiento y así evitar el colapso de las viviendas, para lo cual adicionaremos la Ceniza del Bagazo de la Caña de Azúcar (CBCA) el cual se obtiene como residuo de las fábricas que elaboran el azúcar, como refuerzo aditivo



para el adobe típico que se elabora, esto debido a que el CBCA tiene propiedades puzolánicas y silícicas, tal que el adobe resultante sea más compacto y resistente que el que se elabora comúnmente, garantizando mayor durabilidad ante los agentes perjudiciales que tienden a dañar constantemente las viviendas esta zona y sobretodo brinde mayor seguridad ante posibles desastres naturales.

Por lo tanto, la siguiente investigación nos lleva a plantearnos el problema siguiente:

¿En qué influenciará a las propiedades técnicas del adobe, al adicionar las cenizas del bagazo de caña de azúcar en la elaboración de unidades para la construcción de viviendas en el CC. PP de Tambar – Moro?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general.

- Evaluar las propiedades de los bloques de adobes elaborados mediante la adición de Ceniza del Bagazo de Caña De Azúcar (CBCA).

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar bloques de adobe mediante la adición porcentual de Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA), que les proporcione mejores propiedades mecánicas a estas unidades.
- Evaluar los resultados obtenidos, entre el adobe típico convencional y el reforzado con (CBCA) en diferentes proporciones como aditivo.
- Comparar los resultados obtenidos de los bloques de adobe con Ceniza de Bagazo de Caña De Azúcar (CBCA) y los bloques de adobe convencionales en el centro poblado de Tambar – Moro, mediante cuadros y gráficas.



- Determinar el porcentaje ideal de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en la elaboración de bloques de adobe.
- Determinar desde el punto de vista teórico, aspectos técnicos y económicos, entre el adobe típico convencional y el reforzado con (CBCA), con base en investigaciones, normas y criterios de ingeniería.

1.3 Hipótesis

Si adicionamos las cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA) en la elaboración de unidades de adobe, entonces se mejorarán las propiedades técnicas, es decir que las unidades de adobe elaboradas sean más resistentes y duraderas frente a las precipitaciones pluviales y a los eventos sísmicos que puedan presentarse, por tal motivo se mejorará la eficiencia en la construcción de viviendas en el CC. PP Tambar – Moro.

1.4 Justificación

El uso del adobe es una gran opción como material para la construcción de viviendas debido a que su proceso de elaboración es de muy bajo costo y además la obtención de materia prima es accesible, por tal motivo las personas con bajos recursos económicos tienden a optar por este método, esto conlleva a que la construcción convencional de este tipo de viviendas se realice de manera informal sin una asesoría técnica que controle su proceso constructivo.

En la actualidad hay diversos métodos de mejoramiento de las unidades de adobe, siendo el más común la incorporación de paja o fibras vegetales como aditivo natural, pero también existen diversos tipos de mejoramientos los cuales pueden ser: productos sintéticos, aditivos minerales, aditivos puzolánicas, desechos industriales, etc., los cuales tienen como objetivo mejorar las propiedades técnicas del adobe típico



convencional. Por otro lado, también se debe considerar como factores importantes el nivel de instrucción académico, nivel económico, condiciones de trabajo, etc.

En el centro poblado de Tambar la población se dedica principalmente a la producción y cultivo de (caña de azúcar, maíz, chala y palta), los cuales pueden emplearse como aditivos naturales para la elaboración de adobe.

La actividad agrícola con mayor producción en la zona es el cultivo de caña de azúcar, la cual al ser procesada en las industrias azucareras se obtiene un residuo proveniente de este material conocido como Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA); diversas investigaciones y estudios afirman que el CBCA tiene propiedades puzolánicas y silícicas, de tal manera que el adobe resultante sea más compacto y resistente que el que se elabora comúnmente, garantizando mayor durabilidad ante los agentes perjudiciales que tienden a dañar constantemente las viviendas esta zona y sobretodo brinde mayor seguridad ante posibles desastres naturales.

Debido a estos factores y además por la escasa cantidad de investigaciones en nuestra localidad que tratan de buscar el mejoramiento de las propiedades del adobe mediante la adición de diversos tipos de insumos los cuales en su mayoría son desechados y pueden ser reutilizados como alternativa en la elaboración de unidades de adobe, nos permite justificar la presente investigación, por crear una nueva forma de elaborar adobe a partir de la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejorando la calidad de construcción, que por su bajo costo son aptos para viviendas y construcciones de interés social, y de esta manera lograr reducir la gran contaminación ambiental y a la vez innovar una nueva alternativa de uso de estos materiales en el centro poblado de Tambar – Moro.



1.5 Limitaciones del trabajo

La investigación no presenta antecedentes ni bibliografías relacionadas con estudios de mejoramiento de las propiedades del adobe en el centro poblado de Tambar, por tal motivo los valores obtenidos en laboratorio tienden a variar según la precisión de cada uno de estos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Adobe

2.1.1 Definición.

El adobe es un material muy utilizado para la construcción a nivel mundial; su composición es variable según el tipo de suelo de la zona de elaboración, pero está compuesto principalmente por arenas, arcillas y limos, y en algunas ocasiones se le adiciona algún otro material como paja, hojas y ramas. El uso del adobe viene desde hace muchos años atrás, desde el VII milenio antes de Cristo en Anatolia, Turquía, y grandes civilizaciones como el antiguo Egipto que utilizaban limo del río Nilo para la elaboración de adobe; estos lugares tenían la peculiar característica de tener un ambiente muy cálido, por lo cual solo utilizaban la energía calorífica del sol para el secado de los bloques de adobe, por este motivo se conoce que la palabra adobe significa “ladrillo de barro secado al sol”.



Figura 1. Bloques de Adobe.

Elaboración Propia

La Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada del Reglamento Nacional de Edificaciones vigente publicada el 7 de abril del 2017 por el Diario “El Peruano”, se define al adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual



puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

En el Capítulo IV “Construcción de edificaciones de adobe reforzado” de la norma E.080 antes mencionada, se nos señala algunas pautas importantes respecto al adobe que se debe tener en cuenta.

El artículo 17 “Condiciones de la tierra a utilizar” nos indica:

- Una vez comprobada la presencia de arcilla en el suelo mediante las pruebas que se establecen, se necesita estabilizarlo y optimizarlo para evitar algunas fisuras en el proceso de secado y mejorar la resistencia.
- Al controlar las fisuras mediante la adición de paja o fibras vegetales, se controla el agrietamiento del adobe y asimismo del mortero durante el proceso de secado, en caso de ausencia de paja o fibras vegetales se debe utilizar arena gruesa.
- Se debe controlar adecuadamente el contenido de humedad, de esta manera se pueden evitar o disminuir los agrietamientos o fisuras de secado, por lo cual debe utilizarse la menor cantidad de agua que logre activar la arcilla que contiene la tierra, de esta manera se logra alcanzar la máxima resistencia seca.
- La cantidad de agua que debe emplearse para elaborar y moldear la mezcla para las unidades de adobe, no debe pasar al 20% del peso seco de la tierra que se va a utilizar.

El artículo 18 “Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe”, señala:

- Se debe recurrir a pruebas de campo para verificar y confirmar que se tenga una adecuada cantidad de arcilla y saber la correcta combinación entre la arcilla y arena gruesa.



- Es necesario cernir la tierra antes de proceder a preparación de la mezcla para luego dejarla reposar por un lapso de 24 a 48 horas en un proceso de hidratación (este proceso también es conocido como “dormir el barro”).
- El proceso de secado de los bloques de adobes debe ser lento, para lo cual debe realizarse protegidos del sol y del viento.
- Los bloques de adobe deben estar libres de cualquier tipo de materias extrañas, grietas o algún otro defecto que pueda disminuir la resistencia o durabilidad.
- Los bloques de adobe pueden ser planta rectangular o cuadrada, en el caso de encuentros o formas especiales, pueden tener ángulos distintos de 90°.
- Los bloques cuadrados no deben ser mayor a 0.40 m de lado debido al peso.
- Los bloques rectangulares deben tener de largo dos veces la dimensión de su ancho.
- Los bloques deben tener una altura que corresponda entre 0.08 m y 0.12 m.

2.1.2 Composición del adobe.

El adobe esencialmente es una composición de arcillas, limos, arena y agua. La vigente norma técnica E.080 nos señala que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla, limo y arena (arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%), asimismo que se encuentre libre de materia orgánica que pueda ser perjudicial.

Quintana y Vera (2017) afirman que: “La arcilla, actúa como aglomerante manteniendo unida la masa, mientras que la arena sirve de esqueleto interno de la masa. Es por eso que la combinación óptima entre ambos constituyentes influye en un mejor comportamiento del material.”. (p.15)

El agua, es un factor importante cuando se trata de elaboración de adobes, ya que influye directamente en el desarrollo de sus propiedades. La Norma E.080 (2017) en el Artículo 5 nos brinda algunas indicaciones sobre las condiciones que debe presentar el agua a utilizarse:

- Debe ser potable, sin presencia de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.
- Debe estar limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser perjudiciales.
- El agua de mar solo puede utilizarse previa aprobación del proyectista y la supervisión en caso sea necesario.

Se debe entender que una de las funciones principales que tiene el agua en la elaboración del adobe es que sirve como hidratante y asimismo como lubricante para las partículas en su composición produciendo así una mayor trabajabilidad en la mezcla.



Figura 2. Proceso de Hidratación de la Tierra.

Elaboración Propia



2.1.3 Ventajas del adobe.

Propiedad de aislante Térmico

Los componentes por los cuales está constituido el adobe hacen de éste un excelente aislante térmico. Las viviendas construidas con este material suelen ser relativamente frescas en épocas de verano y cálidas en invierno logrando de esta manera un agradable clima en su interior.

Está determinado que el adobe posee un coeficiente de conductividad térmica de $0.25 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ mientras por otro lado la del ladrillo es $0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$; demostrando de esta manera de que el adobe debido a la inercia térmica disminuye las variaciones de temperatura del exterior logrando así un clima fresco en verano y uno cálido en invierno.

Propiedad de aislante acústico.

Una estructura construida con adobe posee un interior más silencioso y agradable en comparación con otros materiales de construcción convencionales, esto sucede debido a que los adobes al tener superficies regularmente rugosas |tienden a atenuar el ruido y reducen en gran medida las vibraciones sonoras.

Chutas y Champi (2016) mencionan que las viviendas construidas con bloques de adobe quedan más aisladas de los ruidos exteriores, de la misma manera su superficie irregular difumina el ruido producido del interior de las viviendas, lo que evita las reverberaciones y propicia un interior más silencioso y agradable.

Elaboración y Construcción con muy baja incidencia de Impacto Ambiental

Para la elaboración de los bloques de adobe se necesita una menor cantidad de energía en comparación con la que se necesita para elaborar otros materiales convencionales. Por ejemplo, para la fabricación de ladrillos, cemento o bloques de



hormigón, se recurre considerablemente a la quema de combustibles fósiles para poder obtener las altas temperaturas requeridas en su procesado industrial.

Por otro lado, el adobe se puede elaborar manualmente y solo necesita del calor solar para su secado. El adobe solamente requiere de una baja cantidad de energía (2 000 BTU) para elaborarse, mientras que por otro lado el ladrillo necesita alrededor de 15 veces más energía (30 000 BTU), además de que para su fabricación se necesita la quema de combustibles que emiten CO₂ en grandes proporciones perjudiciales para el medio ambiente.

Reincorporación a la Naturaleza.

El adobe al ser un material natural, proveniente del mismo suelo y elaborado sin uso de aditivos industriales (cemento, cal, yeso, etc.), puede reincorporarse a la naturaleza luego de que la edificación haya caducado su vida útil, mientras que el ladrillo, concreto y el cemento no se reintegran a la naturaleza cuando la edificación ya ha perdido su vida útil, quedando considerablemente escombros que producen gran impacto negativo en el medio ambiente.

Resistencia del material:

A pesar de que la resistencia del adobe es inferior a otros materiales industriales que existen en el mercado como el ladrillo, este resulta suficiente para obtener una vivienda estable. Una edificación de adobe construida siguiendo los parámetros que se establecen en la norma, con un adecuado control de mano de obra y un constante mantenimiento, puede superar fácilmente los 100 años de vida útil.

Posibilidad de autoelaboración y autoconstrucción.

Los materiales para la elaboración del adobe al encontrarse de forma natural en el terreno y al consistir en un proceso de elaboración prácticamente sencillo, el cual



no requiere el manejo de equipos complejos, puede fabricarse manualmente sin complicaciones.

Debido a lo antes mencionado, al ser un proceso relativamente sencillo, el adobe puede elaborarse de manera autónoma. Por este motivo el adobe ha sido utilizado en autoconstrucción por miles de años en diversos lugares del mundo.

Alta resistencia al fuego.

Por la naturaleza física y química del material, la tierra tiene un alto grado de estabilidad y alta resistencia a efectos del fuego, siendo muy superior a otros materiales como por ejemplo al ladrillo o al acero.

Bajo Costo.

El adobe al ser un recurso natural y en la gran mayoría de lugares donde se fabrican se hace uso del mismo suelo in situ, su producción conlleva a bajos costos de adquisición, transporte y construcción.

2.1.4 Desventajas del adobe

Limitación de construcción en altura.

Debido a que los bloques de adobe presentan un peso prácticamente elevado y una resistencia un poco baja, no es recomendable construir edificaciones con muchos niveles, es recomendable no pasar de los dos niveles como máximo.

Vulnerabilidad ante la humedad.

El adobe al ser un material elaborado a base de tierra, tiene un alto nivel de absorción, debido a esto las moderadas precipitaciones pluviales pueden originar grandes daños de erosión a las edificaciones de adobe, a pesar de esto existen



algunos métodos en diversas culturas para proteger las edificaciones frente a lluvias.

Comportamiento sísmico no adecuado.

Las edificaciones de adobe debido a sus características y propiedades mecánicas, tiende a ser vulnerable frente a eventos sísmicos, por lo que es recomendable aplicar métodos de mejoramiento para poder construir una vivienda sismoresistente.

2.1.5 Normatividad del adobe

La tierra durante muchos años ha venido siendo utilizada como material para la construcción; sin embargo, la normatividad existente sobre la construcción con tierra está demasiado dispersa, debido a esto en casi la totalidad de países desarrollados existe una gran cantidad de problemas para poder utilizar la tierra, sin embargo, en muchos países se está buscando normalizar su uso como material de construcción para poder resolver estos problemas.

Durante los últimos años muchos países han venido trabajando en la normalización de construcción con tierra reforzada, destacando países como Colombia (2005), España (2008), los cuales publicaron sus nuevas normas; Chile, Ecuador, México y Nicaragua, que vienen desarrollando futuras normas o Perú actualizando y mejorando su normativa ya existente.

En el Perú recientemente se actualizó la norma E.080 mediante la Resolución Ministerial N°121-2017, del 7 de abril del 2017 que precede a su versión anterior del 2000. En agosto del 2007 el comité especializado sobre adobe publica un comunicado tras el terremoto sufrido en el que se afirmaba que todos los edificios



que habían cumplido las especificaciones técnicas de dicha norma habían soportado las condiciones del sismo. (Cid, 2012, p. 35).

Tabla 1

Normatividad del adobe

Año	País	Norma
1979	Perú	NTP 331.201, NTP 331.202, NTP 331.203
1980	India	IS 2110
1982	India	IS 1725
1985	Turquía	TS 537, TS 2514, TS 2515
1986	Brasil	NBR 8491, NBR 8492
1989	Brasil	NBR 10832, NBR 10833
1990	Brasil	NBR 12025
1992	Brasil	NBR 12023, NBR 12024
1993	India	IS 13827
1994	Brasil	1 NBR 10834, NBR 10835, NBR 10836
	Brasil	NBR 13554, NBR 13555, NBR 13553
1996	Regional África	ARS 670 - ARS 683
	Túnez	NT 21.33, NT 21.35
1997	Nigeria	NIS 369
1998	Nueva Zelanda	NZS 4297 NZS 4298
	Nueva Zelanda	NZS 4299
1999	Kenia	KS 02-1070
2000	Perú	NTE E 0.80
2001	Francia	XP P13-901
	Zimbabue	SAZS 724
2002	Camerún	NC 102 - NC 114
2004	Colombia	NTC 5324
	Italia	Ley n° 378, 2004
2006	Italia	L.R. 2/06
2008	España	UNE 41410
	EEUU	NMAC, 14.7.4, 2009
2009	Sri Lanka	SLS 1382-1, SLS 1382-2, SLS 1382-3.
	Burkina Faso	NBF 0.2-001 - NBF 0.2-008
2010	EEUU	ASTM E2392 M-10

Fuente: Cid (2012). Marco normativo internacional por año de creación.



2.1.6 Ensayos en campo para determinar la composición del suelo

Los siguientes ensayos en campo presentan la desventaja de no ser muy exactos, pero tienen la gran ventaja de que puede realizarse in situ y en muy corto periodo de tiempo además que los resultados obtenidos suelen ser suficientes para determinar la composición del barro y si la mezcla es aceptable o no para su utilización.

Prueba de Color

Esta prueba sirve para determinar de qué tipo de suelo se trata mediante el color que se pueda observar.

Se tomará el material relativamente seco, debido a que húmedo los colores pueden variar, generalmente los colores brillantes y claros son algo característico de suelos inorgánicos, mientras que el color castaño oscuro, verde olivo o negro, son comúnmente suelos orgánicos.

- Si son blancos y grises, probablemente contienen coral, calizas o yeso, tienden a erosionarse fácilmente,
- Los de colores grises claros, contienen limos y/o carbonatos de calcio, son de baja cohesión y tienden a correrse fácilmente.
- Amarillos u ocres, contienen hidratos de carbono.
- Rojos o castaño oscuro, presentan hidratos de carbono.

(Chutas & Champi, 2016)



Figura 3. Realizando la prueba de color del suelo

Elaboración Propia

Prueba de Lavado.

Esta prueba nos permite determinar mediante el tacto, si el suelo que vamos a utilizar para realizar nuestros adobes es arenoso, limoso o arcilloso, para realizar esta prueba es recomendable pasar nuestro suelo por el Tamiz N°4, para luego proceder a frotar una muestra del suelo en la mano.

A continuación, se detallan los criterios para definir la composición del suelo:

- Si al momento frotar con las manos la muestra húmeda de suelo se logran sentir las partículas, esto es indicio que el barro es arenoso o gravoso.
- Si la muestra es pegajosa, pero al frotarse las manos cuando se seca se limpian fácilmente, esto es indicio de un barro limoso.
- Si al tener una muestra pegajosa y se complica la limpieza de las manos siendo necesario el uso de agua para quitarse el barro, esto es indicio de que el barro es arcilloso.

Minke (2005).



Figura 4. Hidratación del suelo utilizando el Tamiz N° 4

Elaboración Propia

Prueba dental o mordedura.

A través de esta prueba es posible poder determinar el contenido de arenas y limos sueltos.

Para el desarrollo de esta prueba se tomará un poco del material para luego ser aplastado con los dientes.

- Si al morder el suelo este no rechina, entonces esto indica que el suelo es arcilloso.
- Si al morder el suelo este rechina levemente, entonces es indicio de que el suelo es limoso.
- Si al morder el suelo este rechina desagradablemente, esto significa que el suelo es arenoso.

Minke (2005) afirma: "... los barro arenosos producen una sensación desagradable.

Los barro arcillosos por otra parte dan una sensación pegajosa, suave, o harina"

(p.26).

Prueba del Olfato.

Por medio de esta prueba se logrará identificar a través del olor la presencia de materia orgánica.

Se toma una muestra del material en estado húmedo para poder detectar partículas orgánicas que normalmente desprenden un olor a moho.

Algunas pautas que debemos tener en cuenta al momento de realizar esta prueba para poder determinar si la muestra es inorgánica u orgánica, Minke (2005) afirma: “El barro puro es inodoro, pero tiene olor a mojo si contiene humus o materia orgánica en descomposición” (p.26).



Figura 5. Realizando la prueba de olfato

Elaboración Propia

Prueba del brillo.

Por medio de esta prueba se detecta la presencia de arcillas a través del brillo de sus partículas.

Se toma una muestra y se humedece hasta obtener una masa trabajable, se amasa hasta formar una bola compacta del tamaño de la palma de la mano, se procede a cortar la bola por la mitad y observar sus superficies.

- Cuando las superficies son brillantes, se trata de arcillas.



- Cuando las superficies son poco brillantes, se trata de limos.
- Cuando las superficies son opacas, se trata de arenas.

“Si la superficie cortada es brillante significa que la mezcla tiene un alto contenido de arcilla, si la superficie es opaca indica un alto contenido de limo” (Minke, 2005, p.26).

Prueba de la cinta de barro.

Esta prueba tiene la finalidad de evaluar y determinar la presencia de arcilla en el suelo con el cual se van a elaborar los bloques de adobe.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones la norma E.080 en el Anexo N° 1 nos indica que la duración aproximada para esta prueba es de 10 minutos y se detalla lo siguiente:

- Utilizar una cierta cantidad del barro con una humedad apropiada y formar un cilindro de 12 mm de diámetro.
- Colocado en una mano, se debe aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice y formar así una cinta de 4 mm de espesor.
- Mientras se va formando la cinta se debe dejar descolgar lo máximo que se pueda hasta que esta ceda por su propio peso.
- Si la cinta se corta a los 10 cm o menos, el suelo presenta bajo contenido de arcilla.
- Si la cinta alcanza entre los 20 cm y 25 cm, entonces el suelo es demasiado arcilloso.
- Seleccionar una muestra de barro húmeda y hacer un cilindro de 12 mm de diámetro.



Figura 6. Realizando la prueba de cinta de barro
Elaboración Propia

Prueba de la resistencia seca

Este ensayo también busca identificar la presencia de arcilla en el suelo con la cual se obtiene resistencia seca, la que garantiza que los muros de tierra ya sea adobe o tapial ganen capacidad portante.

La prueba consiste en lo siguiente:

- Formar cuatro bolitas sobre las palmas de las manos utilizando el suelo con el cual se va a fabricar el adobe y agregando la cantidad mínima necesaria de agua que garantice que las bolitas no se deformen significativamente al secarse.
- Se dejará secar a las cuatro bolitas protegiéndolas de la humedad, lluvia, etc. por un periodo de 48 horas.
- Transcurrido el periodo de secado, presionar las bolitas fuertemente con los dedos pulgar e índice.

Si en caso ninguna bolita se rompe, quiebra o agrita, el suelo puede ser empleado para la fabricación de los adobes; en caso al menos una de las bolitas se rompa, quiebra o agriete se deberá rehacer toda la prueba formando otras cuatro bolitas con

los mismos materiales y bajo las mismas condiciones. En caso volviera a agrietarse, romperse o quebrarse al menos una de las bolitas, el suelo no es adecuado para la fabricación de adobes.



Figura 7. Realizando la prueba de resistencia seca.

Elaboración Propia

2.1.7 Ensayos de análisis para determinar la composición del suelo

Contenido de Humedad.

La norma MTC E 108 – 2016 define al contenido de humedad de un suelo como la relación que se expresa como porcentaje, del peso de agua en una porción de suelo al peso del suelo seco. Este ensayo tiene la finalidad de determinar la cantidad de agua que contiene un suelo y está definida por la siguiente expresión:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Original de la Muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$



Figura 8. Muestra colocada en el horno para prueba de contenido de humedad.

Elaboración Propia



Granulometría.

La prueba granulométrica es de gran importancia para identificar las características del suelo que se va a emplear para la elaboración del adobe.

Este ensayo nos da a conocer el rango de los diferentes tamaños de las partículas del suelo, que a la vez se representa en porcentaje respecto al peso (o masa) en estado seco. Este ensayo se realiza por dos métodos, ya sea mediante tamizado y/o sedimentación.

(Braja, 2001) Afirma que “el análisis por tamizado consiste en sacudir la muestra de suelo a través de un conjunto de mallas que tienen aberturas progresivamente más pequeñas”.

Tabla 2

Tamices utilizados para estudios de suelos.

MALLA N°	ABERTURA (mm)	MALLA N°	ABERTURA (mm)
4	4.75	50	0.3
6	3.35	60	0.25
8	2.36	80	0.18
10	2	100	0.15
16	1.18	140	0.106
20	0.85	170	0.088
30	0.6	200	0.075
40	0.425	270	0.053

Fuente: “Fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja Das M. (2001).

El procedimiento de Este ensayo se detalla en el Anexo N° 2.



Figura 9. Proceso de tamizado para el ensayo de granulometría.

Elaboración Propia

Limite Líquido

Es la frontera que se comprende entre los estados Semi – Líquido y Plástico, y se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje de la muestra de suelo, luego de ser retirado del horno; a estos rangos se les conoce como Límites de Atterberg el cual se encuentra basado en las normas ASTM D-4318 y AASHTO T-89, su procedimiento se desarrolla en el MTC E 110 – 2016 el cual define al Limite Líquido como “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico”, y cuyo procedimiento se puede apreciar en el Anexo N° 2.



Figura 10. Cálculo del Limite Liquido con la Copa de Casagrande.

Elaboración Propia

Limite Plástico

El MTC E 111 – 2016, define como Limite Plástico al menor contenido de humedad con el que pueden hacerse cintas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicha cinta entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen en el Anexo N° 2 se detalla el procedimiento para el desarrollo de este ensayo.



Figura 11. Elaboración de rollitos para cálculo de Limite Plástico

Elaboración Propia



. Índice de Plasticidad

Se denomina Índice de Plasticidad a la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico, o como rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Se determina con la siguiente expresión:

$$IP = LL - LP$$

2.1.8 Elaboración de los bloques de adobe

Identificación Del Suelo.

Es de gran importancia saber la composición del suelo que se va a utilizar para la elaboración del adobe, ya que influye directamente con las propiedades que presentaran a futuro, pues la composición de los suelos es variable y puede contener diferentes proporciones de arena, arcilla y limo, por ende, tanto la preparación de la mezcla y las características que presenten los adobes pueden ser variables.

Para una correcta selección de la tierra que debe utilizarse en la elaboración de adobes existen algunos ensayos de campo, los cuales ayudan a evaluar la composición de la tierra, tales como el ensayo de la cinta de barro, el ensayo de resistencia seca, etc.; además es recomendable realizar un ensayo granulométrico, pues este nos da un resultado más exacto.

Por otro lado, la norma E.080 nos recomienda utilizar suelos que no sean altamente orgánicos o agrícolas y suelos que contengan una adecuada cantidad de arcilla.

Doat (1990) recomienda que el contenido de materia orgánica del suelo no se eleve más allá del 3%.

Hartkopf, V. (1991) recomienda que la profundidad de extracción del suelo se mantenga entre 60 y 90 cm. para la fabricación de adobes.



Figura 12. Transporte de la tierra luego de haber sido seleccionada.

Elaboración Propia

Hidratación y Mezclado Del Barro.

Luego de haber seleccionado el suelo a utilizar para la elaboración del adobe y verificando que esté libre de materia orgánica y elementos extraños se procede a hidratar el suelo adicionándole agua de tal manera que se forme una mezcla uniforme ayudándose con una pala, manos o pies para amasar el barro. No existe dosificación alguna que determine la cantidad exacta de agua que debe emplearse para la hidratación del suelo, pues el objetivo de este proceso es saturar completamente la arcilla y eliminar los posibles terrones o grumos que puedan formarse al amasar el barro.

Luego de haber amasado la mezcla se procede a dejar reposar el barro entre 24 a 48 horas, este proceso adopta el nombre de “dejar dormir o fermentar al barro”, al dejar en reposo la mezcla ayuda a mejorar la Trabajabilidad del suelo, disminuye el agrietamiento durante el secado y mejora las características del adobe.

Al momento de realizar la hidratación, para comprobar si la mezcla tiene suficiente, adecuada o deficiente cantidad de agua, se procede a elaborar una pequeña esfera de barro y soltarla de una altitud aproximada de 1.50m; si la esfera al impactar el

suelo se rompe en pocos pedazos significa que el agua es la adecuada, si se aplasta es que tiene demasiada agua y si se rompe en muchos pedazos significa que tiene muy poca agua.



Figura 13: Hidratación y preparación de la mezcla.

Elaboración Propia

Moldeo.

Una vez ya teniendo lista la mezcla de barro y habiendo reposado entre 24 a 48 horas, se procede a realizar el moldeo de los adobes, para este proceso existen diferentes tipos de materiales que se utilizan para confeccionar los moldes, entre ellos los más comunes son la madera y el acero, siempre teniendo en cuenta de que estén en buenas condiciones.

Hay dos modelos convencionales de moldes, moldes con fondo y moldes sin fondo, la diferencia entre ambos es que en el molde con fondo el proceso de compactación es mejor, y se obtienen bloques un poco más compactos, mientras que en los moldes sin fondo tienen la ventaja de que el proceso de elaboración de adobes es más rápido y el desmoldeo es más sencillo.

Las dimensiones de los moldes pueden variar, pero la norma E.080 recomienda lo siguiente:



- El largo de los adobes rectangulares será aproximadamente el doble del ancho.
- El largo y la altura tendrán una relación de 4 a 1.
- La altura del bloque debe medir entre 0.08 m. y 0.12 m.

En el proceso de fabricación de los moldes también debe tenerse en cuenta el encogimiento que adopta el adobe al secarse, para determinar la dimensión correcta del molde a utilizarse se deben realizar algunos adobes de prueba y calcular la variación dimensional para poder obtener la dimensión necesaria del molde a utilizar para alcanzar las medidas reales del adobe que deseamos elaborar.

Una vez se tenga el molde y la mezcla lista, se debe colocar el molde sobre una superficie seca y plana de preferencia lisa, teniendo en cuenta que el espacio donde se realizaran los adobes sea el adecuado y no se produzca rozamiento al momento de agruparlos.

Se procede a verter la mezcla lanzando un puñado con fuerza sobre el molde, teniendo en cuenta que el barro se acomode correctamente en las esquinas y bordes hasta llegar a enrasar el molde, con una plancha se empareja la superficie del molde y con ayuda de una paleta o regla se procede a desmoldar el adobe teniendo cuidado de extraer el molde evitando inclinarlo.

Después de cada uso se debe limpiar el molde tanto en su interior con exterior asimismo si se complica el proceso de desmolde se puede hacer uso de una delgada capa de arena fina para ayudar a que el barro no se adhiera al molde.



Figura 14: Moldeado de los bloques de Adobe

Elaboración Propia

Secado.

Finalmente, luego del desmolde de los adobes, estos se deben dejar reposar bajo sombra los primeros 2 a 3 días y luego de los 3 a 5 días colocarlos de canto. Se debe evitar tratar de manipular los adobes o tratar de colocarlos de canto antes de los 2 días posteriores al desmolde, debido a que es muy probable una adherencia entre el adobe y la superficie sobre la cual reposan y esto puede ocasionar fisuras o agrietamientos.



Figura 15: Secado de los bloques de adobe.

Elaboración Propia



2.2 Estabilización del adobe

Minke (2001) menciona que aditivos que pueden mejorar algunas propiedades, pueden empeorar otras incluso haciéndolo más desventajoso.

Partiendo de la premisa anterior podemos definir que un adobe estabilizado es aquel que ha sido fabricado incorporando algún aditivo ya sea natural o artificial en su composición, buscando mejorar sus propiedades y características; pero esto no siempre sucede así, tal como lo indica Minke, hay casos en los cuales algunas propiedades pueden mejorar y otras empeorar llegando en ocasiones a ser más deficiente que favorable.

Algunas mejoras que pueden realizarse al adobe son las siguientes:

- Reducir de las fisuras producidas por la retracción, (empleando agregado, con agua, adicionando fibras, o utilizando medios estructurales).
- Mejorar efectos ante la acción del agua, (utilizando minerales, vegetales, productos sintéticos).
- Aumentar la cohesión, (en el proceso de mezclado y curado, incrementar la cantidad de arcilla, empleo de aditivos).
- Aumento de la resistencia a la compresión, (mezclado, compactación, productos orgánicos, empleo de fibras).
- Resistencia a la abrasión.
- Aumento del aislamiento térmico, (barro con paja, barro con agregados minerales, barro con corcho, barro con madera, barro espumoso).

2.3 Ensayos mecánicos para las unidades de adobe

2.3.1 Resistencia a la compresión



Los procedimientos establecidos para realizar el ensayo a la compresión a unidades de adobe se detallan en el Artículo 8 de la norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los criterios a considerar son los siguientes:

- Las muestras a ensayar serán cubos de 0.1m de arista.
- Los cubos de adobes cumplirán con que el promedio de las cuatro muestras en mejor estado de seis sea igual o mayor a la resistencia ultima indicada.
- $f_u = 1.0\text{MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$

A continuación se detalla el procedimiento realizado para el ensayo a las unidades de adobe:

- Colocar el bloque de carga sobre la plataforma de la máquina de tal manera que la separación entre la prensa y la plataforma sea la adecuada.
- Ubicar el cubo de adobe sobre la plataforma de tal manera que quede centrada con la prensa.
- Colocar la plancha superior sobre el cubo de adobe evitando ocasionar alguna fisura.
- Aplicar la carga sobre el cubo hasta que este presente alguna falla.
- Finalmente apuntar la carga máxima registrada que soportó el cubo durante el ensayo.
- Para el cálculo de la resistencia se deberá aplicar la siguiente formula:

$$f_u = \frac{P_u}{A} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

f_u : Resistencia ultima a compresión (kg. f/cm^2)

P_u : Carga Máxima aplicada (kg. f)

A : Área de contacto (cm^2)



Figura 16: Ensayo a Compresión
Elaboración Propia

2.3.2 Resistencia a la tracción

Los procedimientos establecidos para realizar el ensayo a la tracción a unidades de adobe se detallan en el Artículo 8 de la norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los criterios a considerar son los siguientes:

- La resistencia se debe medir según el ensayo brasileño de tracción, donde se deben formar cilindros, en este caso de tierra de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo respectivamente.
- Las muestras de adobe deben tener una humedad inicial entre el 20% y 25%.
- Luego de haberse elaborado los cilindros de tierra inmediatamente deben ser protegidos del sol y del viento durante 28 días durante su proceso de secado.
- Las probetas cilíndricas deben cumplir con que el promedio de las cuatro muestras en mejor estado de seis sea igual o mayor a la resistencia última indicada

$$f_u = 0.08MPa = 0.81 \text{ kgf/cm}^2.$$

El procedimiento detallado de este ensayo para su realización se encuentra en el Anexo N° 2.



Figura 17: Ensayo a Tracción
Elaboración Propia

2.3.3 Ensayo de resistencia de murete a la compresión.

Los procedimientos establecidos para realizar el ensayo de resistencia al murete a la compresión se detallan en el Artículo 8 de la norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones, los criterios a considerar son los siguientes:

- La altura del murete debe ser equivalente a 3 veces la menor dimensión de la base.
- Los muretes deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras de seis sea igual o mayor a la resistencia ultima indicada:

$$f'_m = P/axb.$$

$$f_m = 0.40f'_m.$$

$$\text{Esfuerzo adminisible de compresión por aplastamiento} = 1.25f_m$$

El procedimiento detallado de este ensayo para su realización se encuentra en el

Anexo N° 2.

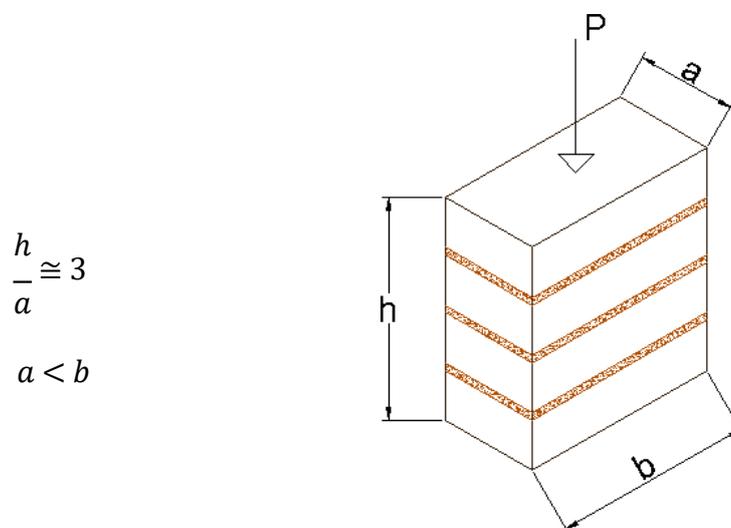


Figura 18: Ensayo de resistencia de murete a la compresión.

Fuente: RNE Norma E.080

2.4 Ensayos físicos para el bloque de adobe.

La Norma E.080 no tiene parámetros que especifiquen procedimientos para medios físicos para bloques de adobe por lo cual se utilizaran los parámetros que establece la norma E.070.

Por motivos de una gran variación entre las características del adobe con las unidades de albañilería, solo se adaptará y observará las limitaciones que presenta el adobe frente a estos ensayos.

2.4.1 Ensayo de variación dimensional

Para poder determinar la variación dimensional de las unidades de adobe, se seguirá con el procedimiento establecido en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

Este ensayo consiste en tomar las dimensiones de cada unidad (largo, ancho y alto), con precisión de 1 mm.



La variabilidad de las dimensiones de las unidades de adobe define la altura de las hiladas, debido a que si hay mayor variación en las dimensiones entonces las juntas de mortero serán mayores por encima de lo necesario que es de 9 a 12 mm, llevando esto a una albañilería menos resistente a la compresión.

La variación dimensional se define por la siguiente expresión:

$$\%V = \frac{(DN - DP)}{DN} \times 100$$

Donde:

%V = Variación dimensional en porcentaje.

DN = Dimensión Nominal.

DP = Dimensión Promedio.

El procedimiento de este ensayo se puede encontrar en el Anexo N° 2.

2.4.2 Ensayo de absorción

Este ensayo tiene por objetivo, determinar el porcentaje de absorción que tienen las muestras de adobe al ser ensayadas cuando estas llegan a alcanzar un estado de saturación; el proceso consiste en sumergir las muestras en agua durante un lapso de 24 horas.

El procedimiento de este ensayo se encuentra detallado en la NTP 399.613, ITINTEC 331.018 y con más detalle se puede apreciar en el Anexo N°02.

2.4.3 Ensayo de succión

Este ensayo consiste en medir la cantidad de agua que puede ascender por tensión capilar en una muestra y teniendo como objetivo obtener la absorción temprana del elemento sometido a prueba; toda el agua que la unidad de adobe puede absorber



en un periodo normado de $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$. El procedimiento de este ensayo se encuentra descrito en los Anexo N° 2, el cual está basado la NTP 399.613, ITINTEC 331.018.

2.5 Aditivos naturales para el adobe encontrados en el CC.PP. Tambar

La mayor fuente de trabajo en el CC.PP. Tambar le pertenece al Sector Agrícola, la mayor parte de la población se dedica a las actividades de siembra y cosecha de diferentes tipos de cultivos, destacando principalmente el maíz, la palta y la caña de azúcar, siendo este último el que mayor producción genera anualmente.

La caña de azúcar se cultiva también de zonas aledañas al CC.PP. Tambar como Pocos, Moro, San Jacinto, Nepeña, Samanco y Casma siendo así uno de los sectores mayoritarios en producción de caña de azúcar en Ancash.

De la caña de azúcar se obtienen diversos tipos de productos industriales los cuales son distribuidos al mercado, asimismo también hay cierta cantidad de desechos industriales que son desechados por las industrias y comúnmente son contaminantes para el medio ambiente; uno de estos desechos es la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) el cual constantemente es desechado y utilizado como abono de campo para los cultivos.

La caña de azúcar de todo el sector es transportada a la Agroindustria San Jacinto, en donde se procesa industrialmente produciendo constantemente CBCA y es desechada en los campos agrícolas aledaños.

2.5.1 Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

La ceniza de bagazo de caña de azúcar también conocido como CBCA, es un subproducto industrial, obtenido mediante el proceso de elaboración de la azúcar y algunos derivados.

En el proceso de incineración de la caña de azúcar en las calderas a una temperatura que oscila entre los 400 °C – 800 °C se llega a obtener un residuo rico en sílice y alúmina con propiedades altamente puzolánicas. Las cenizas que se logran obtener en estas circunstancias tienden a ser de una buena calidad.



Figura 19: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

Elaboración propia.

2.5.2 La caña de azúcar en el Perú

La caña de azúcar es una planta tradicional de importancia social, ambiental y económica para el país, originaria de la India fue introducida al Perú en la época de la conquista por los españoles. Llegó a ser uno de los principales productos que se exportaron antes de 1990 y cubrió 117 mil hectáreas. En la actualidad representa el 3.6% de VBP, el 2.4% del empleo y las exportaciones.

El cultivo de caña de azúcar en el Perú se extiende en Costa, Selva y algunos valles interandinos, siendo en la costa donde se ubica la mayor producción, debido a que las condiciones climáticas y del suelo permiten un mejor proceso de sembrado y cosecha durante todo el periodo anual obteniendo rendimientos altamente óptimos.

La Tabla N° 3 se observan los cambios de la producción de caña de azúcar en el Perú.

Tabla 3
Producción de Caña de Azúcar en Perú.

AÑOS	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (kg/ha)
-	-	-	-
1955	6,097,566	35,898	169,858
1956	5,876,384	37,767	155,596
1957	6,077,792	39,353	154,443
1958	6,840,208	39,492	173,205
1959	6,543,824	41,367	158,189
1960	7,359,171	47,361	155,385
1961	7,288,136	47,075	154,820
1962	7,247,077	46,830	154,753
1963	7,697,310	49,160	156,577
1964	7,590,920	48,855	155,377
1965	7,498,940	46,520	161,198
1966	8,463,380	53,530	158,105
1967	7,942,800	49,670	159,911
-	-	-	-
2010	9,660,895	76,983	125,494
2011	9,884,936	80,069	123,455
2012	10,368,866	81,126	127,812
2013	10,992,240	82,205	133,717
2014	11,389,617	90,357	126,051
2015	10,211,856	84,574	120,744
2016*	9,832,526	87,696	112,120

Fuente: DGESEP-DEA

Las industrias emplean la caña de azúcar principalmente para la elaboración del azúcar, habiendo un total de 90,000 hectáreas de caña de azúcar, de las cuales un 65% les corresponde a los 10 ingenios azucareros y el 35% restante les corresponde a sembradores particulares.

Estos son alguno de los principales ingenios azucareros en el Perú:



Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A., Empresa Agroindustrial Laredo S.A.A., Agro Pucala S.A.A., Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., Complejo Agroindustrial Cartavio S.A.A, Empresa Agroindustrial Tuman S.A.A., Empresa Agroindustrial Casa Grande S.A.A., Agro Industrial Paramonga S.A.A., Agroindustrias San Jacinto S.A.A. y Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca. (Jara, R. & Palacios R., 2015).

2.5.3 Proceso industrial de la obtención de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Para la obtención de la CBCA se tiene que pasar muchos procesos, empezando por el transporte de la caña de azúcar proveniente de las zonas agrícolas hacia las industrias azucareras; allí es donde es procesada pasando por diferentes etapas de producción.

Básicamente allí se extrae el jugo, luego se clarifica y finalmente se cristaliza para separar el azúcar. Generalmente la extracción se realiza en un molino que pasa la caña entre tres o cuatro masas de acero, los cuales exprimen los tallos extrayendo todo el jugo.

Los residuos sólidos fibrosos de color blanco se llama bagazo y generalmente es utilizado para fabricar papel, asimismo también se utiliza como combustible para quemar en las calderas a una temperatura aproximada de 800°C a 1000°C. De la caldera se llega a obtener la ceniza de bagazo de caña de azúcar, el cual queda como residuo y es desechado mediante un sistema hidráulico, para finalmente ser retirado mediante volquete, y es desechado en los campos agrícolas como abono.

Mientras la producción de azúcar continúe, entonces la producción de ceniza de bagazo de caña de azúcar será constante, por el motivo de que el bagazo es utilizado

como combustible teniendo gran importancia para mantener el funcionamiento de la industria.



Figura 20: Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

Fuente: Tesis “Comportamiento Mecánico y Físico del Mortero a base de CBCA como Árido en Aplanados en Muros”, Hernández, 2011.



2.5.4 Propiedades puzolánicas de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

Las propiedades puzolánicas de la ceniza depende de una gran variedad de factores como: la temperatura de calcinación, el tamaño de las partículas, composición química y la naturaleza cristalina.

En la actualidad existen diversas cantidades de estudios que demuestran que los residuos de las industrias azucareras, en especial la ceniza de bagazo de caña de azúcar, tiene gran actividad puzolánica derivado de su alto contenido de sílice amorfa en este material.

Durante la elaboración del azúcar se producen bastantes residuos como el bagazo de caña, la cachaza y la ceniza. Estimadamente el bagazo equivale un 26% - 27% de la totalidad de la caña, la cachaza un 4% y la ceniza un 2%.

El bagazo suele ser utilizado como combustible en la gran mayoría de ingenios azucareros. El bagazo seco es de 44.47% carbón (C), 6.35% de Hidrogeno (H), 49.7% de oxígeno (O) y 14% de ceniza.

Hay diversos factores que considerar al momento de utilizar la ceniza de bagazo de caña como material puzolánica. Uno de ellos es ver la producción de ceniza de caña de azúcar que emiten y se pueden obtener de los ingenios azucareros.

La aplicación de la ceniza de bagazo de caña como puzolana, se debe a su composición química SiO_2 , Al_2O_3 , y Fe_2O_3 que representan aproximadamente el 70% de su composición.

La composición de la ceniza varía según el tipo de suelo, la antigüedad de la caña y la cantidad de fertilizantes.

El proceso de quema del bagazo es un factor muy importante en la obtención de las diversas propiedades de la ceniza, a través de lo mencionado anteriormente, el bagazo atraviesa por varias modificaciones en su estructura.

Tabla 4

Proceso de calcinación de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).

MODIFICACIONES DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR A
TRAVÉS DE LA CALCINACIÓN



A 100 °C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.



A 350 °C inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.



Entre 400°C a 500°C el carbón residual los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa. Después de esta etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.



El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.



Encima de los 800°C, es sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Tesis: “Empleo de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) como Sustituto Porcentual del Agregado Fino en la Elaboración de Concreto Hidráulico”, Ríos 2011.

La calidad, cantidad y la forma de la ceniza no dependen únicamente de la temperatura, sino también del periodo en el cual estará en calcinación. En Londres se realizó un trabajo de investigación en el año 1986, demostrando que la ceniza a periodos más largo de quema a una temperatura que varía entre 500°C a 680°C, dan como resultado una sílice amorfa.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS



CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Suelo de canteras

En el Centro Poblado de Tambar se identificaron 2 canteras cuyo suelo previo ensayos de campo y laboratorio cumplió con las características adecuadas para la elaboración de adobe, por tal motivo se utilizó su suelo para elaborar y ensayar los bloques de adobe patrón y asimismo adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar.

a. Ubicación de las canteras del Centro Poblado de Tambar.

Se ubican a las afueras del centro poblado de Tambar, hacia el sur. Se puede acceder a esta zona partiendo del distrito de Moro, desde mercado central de Moro siguiendo la ruta hacia Nuevo Moro, ingresando por el desvío hacia Pocos y Pocos Huanca para finalmente llegar al río Loco donde un desvío de pendiente inclinada nos da la bienvenida al CC.PP de Tambar; la carretera es de difícil acceso debido a las fuertes lluvias que ocasionaron derrumbes y grandes daños a la única vía existente, por lo tanto solo hay acceso para moto taxis, motocicletas y/o camionetas 4x4.

Tabla 5

Coordenadas UTM de la ubicación de canteras en El Centro Poblado de Tambar.

CANTERA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
N° 1	815538.99 E	8987378.62 S
N° 2	815535.08 E	8987343.32 S

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 21: Mapa de ubicación de las canteras en Tambar.

Elaboración propia.

3.1.2 Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA)

La ceniza de bagazo de caña de azúcar utilizada para realizar la elaboración de las unidades de adobe se obtuvo de la Agroindustria San Jacinto, ubicada en el centro del distrito de San Jacinto a una cuadra del Banco de la Nación; se escogió este ingenio azucarero debido a que es el más grande de Ancash y está ubicada a una distancia cercana a la zona de investigación. La producción de ceniza de bagazo de caña de azúcar es de 10m³ diarios.



Figura 22: Extracción de CBCA en Agroindustrias San Jacinto.

Elaboración propia.

3.2 Métodos

3.2.1 Metodología de investigación

a. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental debido a que se manipuló las variables en condiciones altamente controladas, sometiéndolas a un fenómeno concreto y observando como las variables implicadas producen un efecto determinado.

b. Nivel de investigación

La presente investigación fue nivel descriptivo debido a que solamente se describen los hechos que se observaron luego de recoger la información de cada variable.

3.2.2 Diseño de investigación

El desarrollo de la investigación se realizó aplicando el diseño experimental, el cual consiste en manipular, controlar o influenciar las variables independientes para observar el comportamiento y/o efectos que se producen sobre las variables dependientes en una situación controlada.



Figura 23: Esquema de diseño de investigación

Elaboración Propia



3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La presente investigación tuvo una población conformada por unidades de adobe de 10x10x10 cm, 20x40x10 cm, 6.7x13.3x3.3 cm y cilindros (probetas) de 30x15 cm, entre adobes patrones y a los que se le adicionó ceniza de bagazo de caña de azúcar en diversos porcentajes en relación a su peso.

Los bloques de adobe que se realizaron en esta investigación están conformados por suelo extraído del Centro Poblado de Tambar, agua y Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) proveniente de ingenio azucarero Agroindustrias San Jacinto, teniendo un total de 400 adobes, en la Tabla 6 se detalla la cantidad por cada elemento.

Tabla 6

Detalle por tipo de la cantidad de unidades adobe elaborados.

ELEMENTO /Adobe	TIPO	CANTIDAD
	Patrón	20
CUBO (10x10x10 cm)	5% CBCA	20
	10% CBCA	20
	15% CBCA	20
BLOQUE (20x40x10 cm)	Patrón	10
	5% CBCA	10
	10% CBCA	10
BLOQUE (6.7x13.3x3.3 cm)	15% CBCA	10
	Patrón	60
	5% CBCA	60
PROBETA (30x15 cm)	10% CBCA	60
	15% CBCA	60
	Patrón	10
	5% CBCA	10
	10% CBCA	10
	15% CBCA	10
TOTAL		400

Fuente: Elaboración Propia.



3.4 Muestra

La presente investigación se basó en el método no probabilístico para la elección de la muestra, debido a que ésta no se seleccionó de manera aleatoria basándose en formulas estadísticas, sino que la muestra se seleccionó basándose en el juicio de elección de los elementos más representativos. Según (Cuesta, 2009) El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados.

3.5 Técnicas de recolección de datos

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo mediante ensayos de laboratorio realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa y pruebas de campo que se realizaron en la zona de estudio.

Se utilizaron formatos que sirvieron para la recolección de los datos obtenidos del suelo de cada una de las canteras (Ver Anexo N° 3).

Los formatos de recolección de datos se emplearon en:

- a) Ensayos en Laboratorio para el Suelo. (Ver Anexo N° 3)
 - Contenido de Humedad.
 - Límites de Atterberg.
 - Granulometría.
- b) Ensayos en Laboratorio para las características físicas del bloque de adobe. (Ver Anexo N° 4)
 - Variación Dimensional
 - Absorción
- c) Ensayos en Laboratorio para las características mecánicas del bloque de adobe.
(Ver Anexo N° 4)



- Compresión
- Tracción
- Resistencia de murete a la compresión.

Toda información que se recolectó mediante los ensayos en laboratorio se procesó en gabinete con ayuda del programa Microsoft Excel en el cual se realizaron las tablas y gráficas correspondientes. Para realizar el análisis y comparación técnica de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas entre las muestras patrón y las que fueron adicionadas con ceniza de bagazo de caña de azúcar se emplearon tablas y gráficos estadísticos. Mientras que para la comparación económica se utilizó el programa S10 para realizar los análisis de costos.

3.6 Procedimiento

3.6.1 Zonificación y designación de canteras.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se comenzó reconociendo la totalidad de la zona del Centro Poblado de Tambar, para luego realizar una sectorización identificando los puntos donde la población designaban como canteras para la extracción de suelo para la elaboración de adobes.

Asimismo, los puntos designados por la población eran aleatorios pues no tenían lugares fijos como canteras, se procedió a excavar calicatas en diversos lugares estratégicos, teniendo en cuenta la cercanía, las áreas agrícolas, las zonas de infiltración, las pendientes de los cerros, de tal manera que se tomaron muestras de cada una de ellas para poder identificar el tipo de suelo.

Finalmente, se trasladaron las muestras tomadas hacia el laboratorio para realizar los ensayos respectivos a cada una de las muestras tomadas, tales como contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de Atterberg para poder realizar la

clasificación correcta del suelo y así determinar cuáles de las calicatas realizadas son las más óptimas y recomendables para extraer el suelo y realizar la elaboración de las unidades de adobe.



Figura 24: Excavación de calicata en el CC.PP. de Tambar
Elaboración Propia

3.6.2 Recolección y transporte de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Antes de la recolección de CBCA se realizó una visita previa a Agroindustrias San Jacinto para una breve capacitación y reconocimiento de las instalaciones donde se produce el azúcar y otros derivados proveniente de la caña de azúcar, asimismo se identificó el ambiente donde se producía el CBCA y las cantidades diarias de producción, la cual tiene un equivalente a 10 m³ de CBCA por día.

Luego se solicitó el permiso a través de los trámites correspondientes para poder realizar la recolección de CBCA; para poder obtener una mayor cantidad de CBCA elegimos los horarios cercanos en donde se elimina la ceniza acumulada en volquetes hacia los campos de cultivo, de esta manera logramos obtener una mayor cantidad de CBCA.

Para la recolección utilizamos costales de 25kg debido a que la ceniza se obtiene de planta en estado húmedo y esto aumenta su peso considerablemente.

Finalmente se procedió a transportar los costales desde Agroindustrias San Jacinto hacia las instalaciones correspondientes donde se realizaron los ensayos respectivos.



Figura 25: Recolección de CBCA en Agroindustrias San Jacinto.

Elaboración Propia

3.6.3 Elaboración de las unidades de adobe.

a. Determinación de la dosificación.

Para la elaboración de las unidades de adobe, al no tener un diseño de mezcla establecido, se procedió a tomar como referencia algunos datos obtenidos en los resultados de algunas investigaciones realizadas anteriormente y las cuales están mencionadas en los antecedentes de la presente investigación.

Se elaboraron los bloques de adobe convencionales (patrón) teniendo en cuenta minuciosamente la relación agua/suelo para determinar la cantidad de agua adecuada y poder preparar la mezcla con las características ya antes mencionadas.



Para la combinación CBCA + Suelo, tomando como referencias estudios anteriores se optó los porcentajes de 5%, 10% y 15% como aditivo al adobe típico convencional y/o patrón.

Procedimiento:

- Primero se procedió a zarandear la tierra, pasándola por una malla de abertura N°4, de esta manera retirando los terrones grandes que podrían dificultar el proceso de preparación de la mezcla, los terrones grandes retirados se colocaron en el suelo y fueron triturados con el objetivo de poder obtener partículas finas que puedan pasar por la malla N°4, este proceso se repitió de dos a tres veces con la finalidad de poder aprovechar en mayor medida el material.
- Luego se colocó cierta cantidad de tierra, que anteriormente ya había sido pesada, sobre una superficie plástica, buscando esparcir la tierra sobre toda la superficie, eliminando pequeños grumos de tierra y retirando algunos objetos perjudiciales durante este proceso.
- El material CBCA siguió un proceso antes de llegar a utilizarlo, para lo cual primero se procedió a colocar cantidades de CBCA en el horno por 24 horas para poder eliminar la humedad presente de su estado natural, luego se zarandó pasándote por el tamiz N°20, de esta manera se eliminó las partículas de bagacillo el cual viene mezclado junto a la ceniza de bagazo de caña proveniente de la fábrica, para finalmente pasar por un proceso de molienda dando como resultado el CBCA ideal a utilizar.
- Para la adición de CBCA se procedió a mezclar ambos materiales en estado seco, esto facilitó el trabajo, además el proceso de combinación entre partículas es más óptimo y homogéneo, de tal manera que se logró evitar que queden partes de tierra sin mezclar.

- Luego de realizar el mezclado en seco, se vertió el agua en dosificaciones controladas calculando que la mezcla adopte un estado pastoso y que no queden superficies sin humedecer completamente, este proceso se realizó de manera pausada y cuidadosa debido a que al verte el agua se tienden a formar grumos de barro los cuales se deben evitar.
- Una vez la mezcla ya esté completamente humedecida y con las características adecuadas, se dejó reposar por un lapso de 24 a 48 horas, a este proceso también se le conoce como “dormir, fermentar o reposar el barro”, con esto las partículas de tierra y CBCA incorporadas en la mezcla se saturarán completamente, permitiendo así un estado más óptimo en su composición.



Figura 26: Mezclado del Suelo con CBCA.

Elaboración Propia

b. Moldeo y desmolde de las unidades de adobe.

Luego de las 24 o 48 horas que la mezcla ha estado “durmiendo”, se realizó el moldeo de los bloques de adobe, para lo cual se utilizaron moldes de madera y fierro con las siguientes dimensiones: Madera (1 molde de 20 cm de ancho, 40 cm de largo y 10 cm de alto), Fierro (1 cubo de 10 cm de arista y 1 molde de 6.7 cm de

ancho, 13.3 cm de largo y 3.3 cm de alto), Probetas (15 cm de diámetro, 30 cm de alto).

Procedimiento:

- Previamente se sumergieron los moldes en agua hasta humedecerlos, posteriormente se rociaron con arena fina hasta formar una delgada capa, esto debido a evitar la adherencia de la mezcla en el molde.
- Se tomó la mezcla con las manos y la colocación en el molde se hizo por capas, arrojando la mezcla con cierta fuerza de tal manera que las esquinas queden completamente cubiertas sin dejar espacios vacíos para finalmente darle un acabo liso en la superficie; en el caso de las probetas el vaciado de la mezcla se realizó en 3 capas, realizando el proceso de chuseado y vibrado respectivo.
- Finalmente se dejó reposar la mezcla entre 15 a 30 segundos, para finalmente continuar con el desmolde; se consideró la correcta distancia entre cada uno de los adobes que iban siendo desmoldados de tal manera que se eviten daños o fisuras al manipularlos.



Figura 27: Moldeo de Probetas de Adobe.

Elaboración Propia

c. Secado

Luego de haberse desmoldeado los adobes, éstos se dejan secar al aire libre cubiertos del contacto directo con el sol u otros agentes externos que los puedan dañar o fisurar.

Luego de haber transcurrido los primeros tres días posteriores al desmoldado, se invierte la posición de los adobes de tal manera que la parte que estaba oculta pueda secar completamente, con esto se asegura que el secado inicial de las unidades de adobe sea lo más uniforme posible.

Finalmente, los bloques de adobe se dejaron secar por un periodo de 28 días según como lo establece la Norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones.



Figura 28: Secado de las unidades de adobe con 5% de CBCA
Elaboración Propia



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES



CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1 Sectorización

4.1.1.1 Según el tipo de suelo

Con sustento de la información obtenida, se realizó la respectiva clasificación de los tipos de suelo.

Tabla 7

Clasificación del Suelo del CC. PP de Tambar.

Calicata	CLASIFICACIÓN			
	AASHTO		SUCS	
	Tipo	Descripción	Tipo	Descripción
CT1	A-3	Arena fina	SP-SM	Arena mal graduada limosa
CT2	A-2-4	Gravas y arenas limosas o arcillosas	SM	Arenas limosas. Mezclas arena y limo
CT3	A-4	Suelos Limosos	OL	Limos orgánicos de baja plasticidad
CT4	A-4	Suelos Limosos	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas
CT5	A-4	Suelos Limosos	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.1.2 Según las Canteras

Cabe resaltar que en el Centro poblado de Tambar se dividió en dos sectores: S1 y S2 señalando que en la primera no se encontró el suelo adecuado tal como lo estipula la norma respectiva; por el contrario, es preciso señalar que en el S2 se encontró las dos (02) canteras con las mismas características para realizar dichos ensayos.

Tabla 8

Sectorización por canteras.

Sector	Cantera	Centros Poblados
S1	-----	
S2	CT4	Tambar 1
	CT5	Tambar 2

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2 Elaboración de bloques de adobe.

4.1.2.1 Pruebas de campo del suelo.

Tabla 9

Pruebas de Campo

Pruebas	CANTERAS	
	CT4	CT5
Prueba del lavado	Uniendo la tierra con agua y frotarlas con las manos se volvió pegajoso; asimismo se pudo limpiar las manos con ayuda del agua.	Uniendo la tierra con agua y frotarlas con las manos se volvió pegajoso; asimismo al frotarse con agua se pudo limpiar las manos.



Prueba de la mordida	Al morder la muestra se tuvo una sensación pegajosa, así también un leve rechinado.	Se sintió pegajosa y suave al morder la muestra , asimismo se escuchó un ligero rechinado.
Prueba del olfato	La muestra no presentó ningún olor hediondo.	La muestra fue inodora.
Prueba del Brillo	La muestra húmeda respectiva, al dividirla presentó una superficie brillante.	Al cortar la muestra húmeda, mostró una superficie brillante.
Prueba de la Cinta de barro	La longitud alcanzada fue de 12cm	La longitud alcanzada fue de 13cm
Prueba de la Resistencia Seca	Ninguna bolita con tierra de la zona se quebraron al presionar fuerte con los dedos.	Al presionar fuertemente cada una de las bolitas no se quebraron ni se rompieron.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.2 Ensayos de Laboratorio.

Tabla 10

Ensayos de laboratorio del Suelo de Canteras.

Ensayos	Canteras	
	CT4 (S2)	CT5 (S2)
Contenido de Humedad	2.577%	3.188%
Límite Líquido	26.568%	26.162%
Límite Plástico	18.162%	16.556%
Índice de Plasticidad	8.406%	9.607%
Tipo de Suelos (SUCS)	CL	CL
Tipo de Suelo (AASHTO)	A-4	A-4

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2.3 Dosificación.

Los porcentajes de los aditivos utilizados para el desarrollo de la investigación se determinaron en función de los resultados obtenidos de la bibliografía consultada tales como Jara Rodríguez, R & Palacios Ambrosio, R. (2015).

Tabla 11

Dosificación y Nomenclatura

ADITIVO	DOSIFICACIÓN	CÓDIGO
Patrón	-----	P
	5%	5 CBCA
Ceniza de Bagazo de caña de Azúcar	10%	10 CBCA
	15%	15 CBCA

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3 Ensayos físicos al Bloque de Adobe.

4.1.3.1 Ensayo de Variación Dimensional.

Tabla 12

Variación Dimensional de los Bloques de Adobe - Patrón

CARACTERÍSTICA	Adobes sin CBCA (Patrón)
Variación Dimensional % Largo (L)	3.42%
Ancho (A)	1.42%
Altura (H)	2.26%

Como se puede apreciar en la Tabla 12 se obtiene una Variación dimensional de 3.42% con respecto al Largo del Bloque, 1.42% respecto al Ancho, 2.26% respecto a la Altura, es preciso mencionar que las medidas se realizaron con precisión a 1 mm.

Tabla 13

Variación Dimensional de los Bloques de Adobe con diferentes porcentajes de Ceniza de Bagazo de caña de Azúcar.

CARACTERÍSTICA		Adobes 5% CBCA	Adobes 10% CBCA	Adobes 15% CBCA
Variación	Largo (L)	2.85%	3.37%	3.13%
Dimensional	Ancho (A)	1.52%	1.56%	1.74%
%	Altura (H)	2.77%	3.42%	5.85%

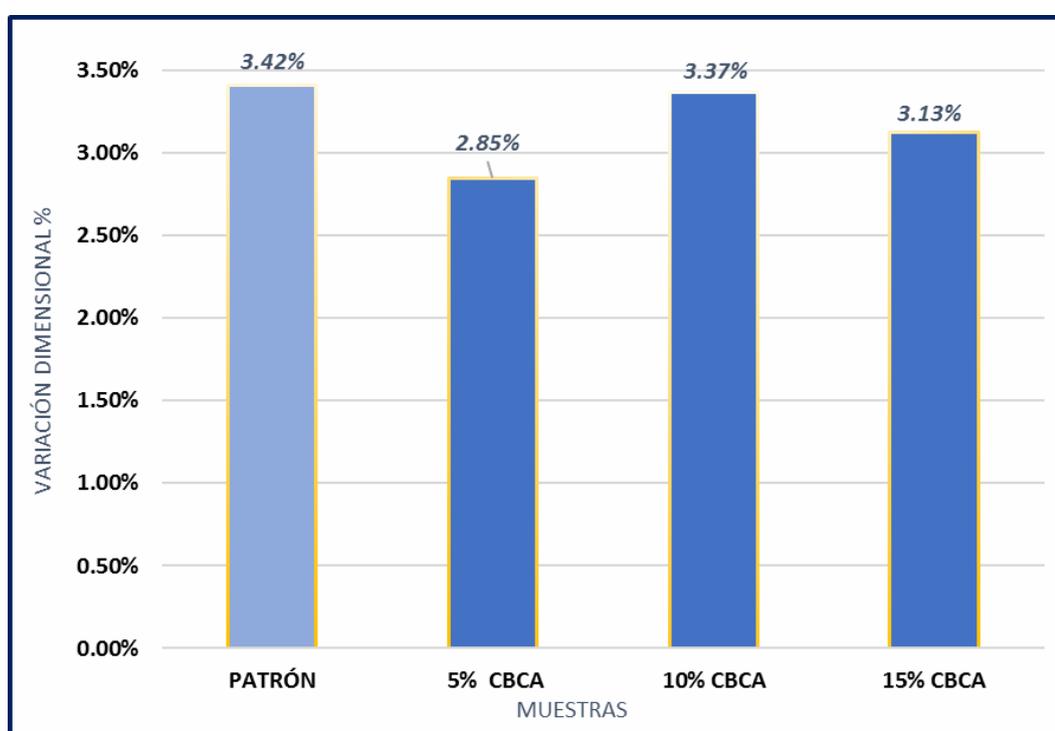


Figura 29: Comparación de la Variación dimensional de la longitud del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición del CBCA,

Elaboración Propia

Nótese en la Figura 29 que al adicionar el 10% CBCA adquiere una mayor variación dimensional obteniendo de la Longitud del Bloque de Adobe con un valor promedio de 3.37% con respecto a la Adición de 5% CBCA y 15% CBCA, obteniendo valores promedios de 2.85% y 3.13% respectivamente.

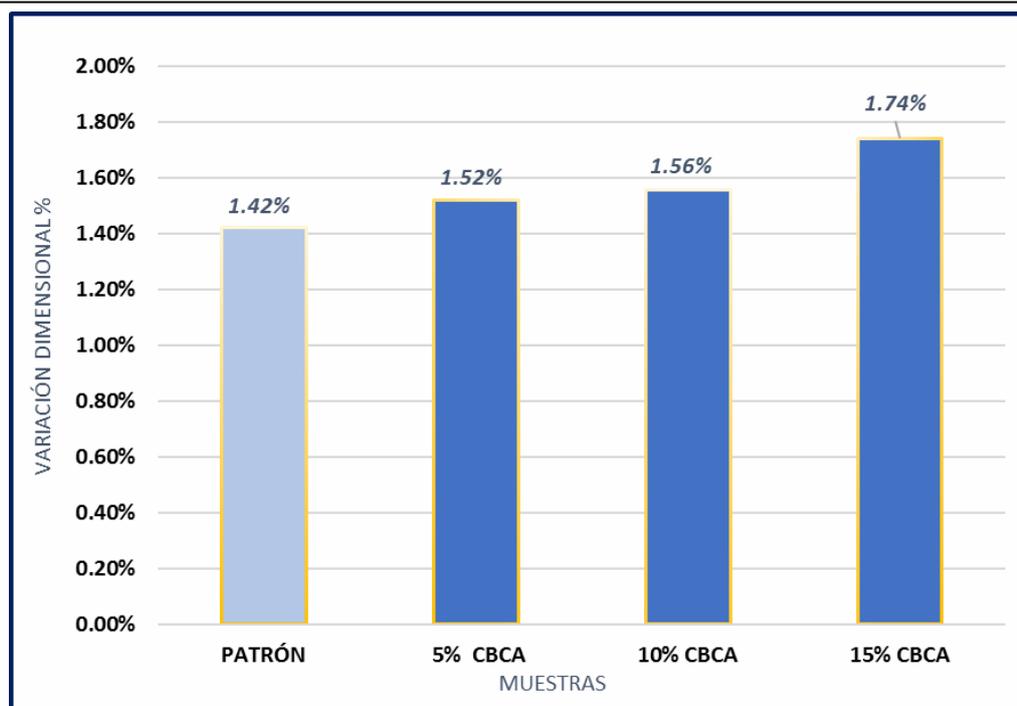


Figura 30: Comparación de la Variación dimensional del Ancho del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición de CBCA.

Elaboración Propia

Se aprecia en la Figura 30 que al adicionar ascendentemente los distintos porcentajes de CBCA se adquiere mayores variaciones dimensionales con respecto al Ancho del bloque de adobe; obteniéndose valores promedio de 1.52%, 1.56%, 1.74, al adicionar el 5% CBCA, 10% CBCA y 15% CBCA respectivamente.

Así también se verifica que los valores obtenidos al adicionar distintos porcentajes del CBCA son mayores al valor promedio de los Bloque de Adobe Patrón con respecto al Ancho.

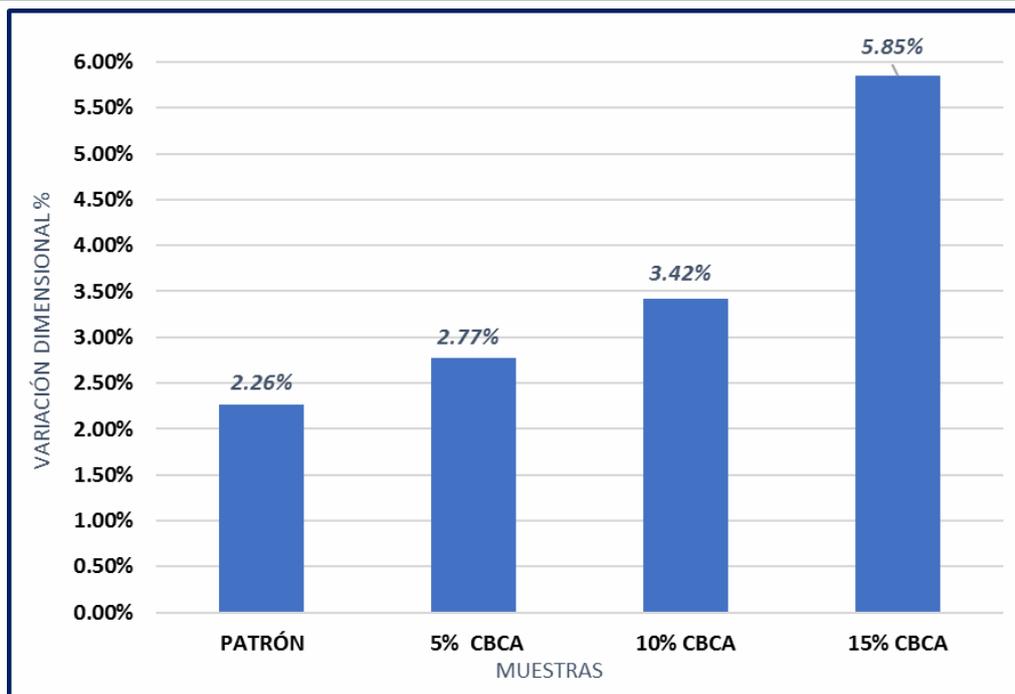


Figura 31: Comparación de la Variación dimensional de la Altura del Bloque de Adobe con distintos porcentajes de adición de CBCA.

Elaboración Propia

Se aprecia en la Figura 31 que al adicionar ascendentemente los distintos porcentajes de CBCA se adquiere mayores variaciones dimensionales con respecto a la Altura del bloque de adobe; obteniéndose valores promedio de 2.77%, 3.42%, 5.85, al adicionar el 5% CBCA, 10% CBCA y 15% CBCA respectivamente.

Así también se verifica que los valores obtenidos al adicionar distintos porcentajes del CBCA son mayores al valor promedio de los Bloque de Adobe Patrón con respecto a la Altura.

4.1.3.2 Ensayo de Absorción.

Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos mencionadas en el acápite 2.4.2.

Es preciso señalar que ningún adobe, tanto el Patrón como los adicionados con CBCA (Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar) resistieron el tiempo indicado que

es de un día (24 horas) de sumersión; es así que imposibilitó obtener su porcentaje de Absorción.

Sin embargo, se tiene el registro del tiempo que resistieron antes de que cada bloque colapse totalmente bajo el agua; en consecuencia, esta información se considerará como una referencia acerca de su resistencia respecto al agua.

a. Adobe tradicional.

Los Adobes (Patrón) de 10x20x40 cm tuvieron poca resistencia al efecto del agua, debido a que el proceso de degradación se evidenció en los primeros minutos de iniciado el ensayo, desintegrándose parte del bloque y perdiendo así su forma original.

En consecuencia, se convirtió en una masa pastosa así también el agua se tornó turbia; ya que dificultaron la supervisión visual de las mismas; así como se apreciar en la figura 32.



Figura 32: Inmersión en agua del Adobe Patrón .

Elaboración Propia



Tabla 14

Duración del Adobe Patrón en Agua.

ESPECIMEN	DURACIÓN (hr : min)					PROMEDIO
	ADITIVO	P1	P2	P3	P4	
Patrón	01:45	01:25	01:35	01:40	01:33	01:33

Fuente: Elaboración Propia.

Los adobes (Patrón) de 10x20x40 cm, tuvieron una duración promedio de 01 33 minutos como se aprecia en la Tabla N° 14.

b. Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Los Adobes (Patrón) de 10x20x40 adicionado con CBCA al momento de ser sumergidos se observó relativamente un buen comportamiento debido a que no produjeron signos de deterioro y/o descomposición de las mismas, marcando una ventaja con los adobes Tradicionales y/o Patrón.

Es preciso señalar que después una hora de inicio del ensayo comenzaban a cambiar de apariencia, deteriorándose ligeramente las caras laterales.

Tabla 15

Duración en agua del Adobe adicionado con CBCA.

ESPECIMEN	DURACIÓN (hr : min)					PROMEDIO
	ADITIVO	m1	m2	m3	m4	
5% CBCA	01:49	01:48	01:53	01:41	01:38	01:49
10% CBCA	02:05	02:18	01:53	01:41	02:08	02:02
15% CBCA	02:25	02:48	02:33	02:18	02:18	02:35

Fuente: Elaboración Propia.

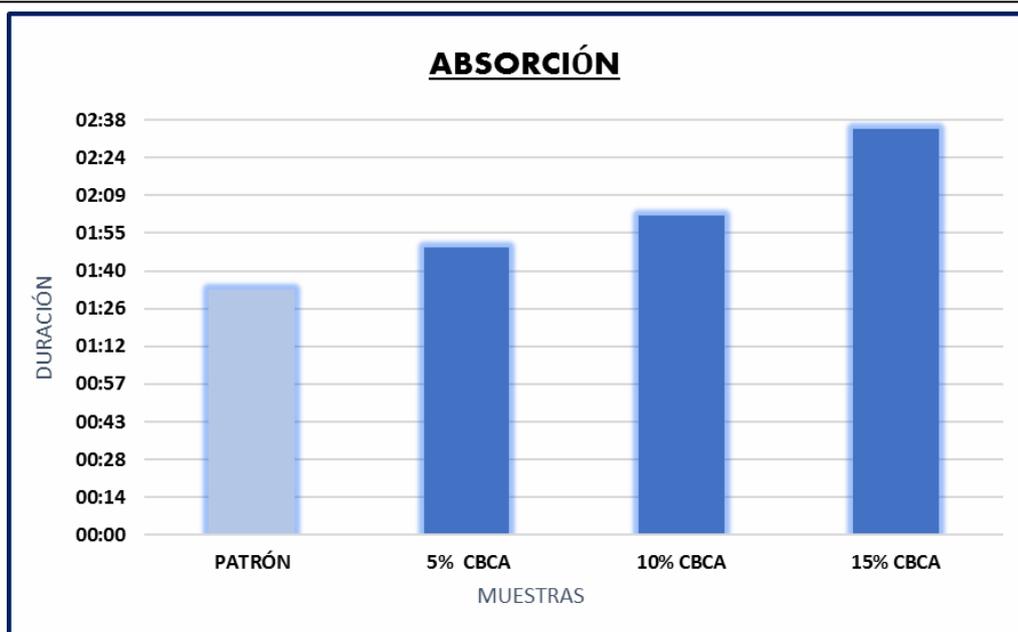


Figura 33: Duración del Adobe adicionado con CBCA

Elaboración Propia

El mejor comportamiento frente al agua de los Adobes usando la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar fueron los bloques del 15% CBCA obteniendo un promedio de **02 horas 35 minutos**, a diferencia de los adobes con el 5% CBCA, 10% CBCA y Patrón.

4.1.4 Ensayos Mecánicos al Bloque de Adobe.

4.1.4.1 Ensayo de la Resistencia a la Compresión

a. Adobe tradicional (Patrón).

Las muestra de los Adobes Patrón obtuvieron resistencia inferiores a la norma especificada en la E-080, la cual menciona que la resistencia debe ser mínima de 10.20 kg/cm^2 .

Es así que la Resistencia promedio de los cubos Patrón de 10 cm ha sido de 9.27 kg/cm^2 .



Tabla 16

Resistencia a la Compresión del Adobe Patrón

ESPECIMEN	RESISTENCIA Kg/cm ²					PROMEDIO	
	ADITIVO	m1	m2	m3	m4		m5
Patrón		9.29	9.29	9.22	9.41	9.11	9.27

Fuente: Elaboración Propia.

b. Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Tabla 17

Resistencia a la Compresión del Adobe estabilizado con CBCA

Muestras	RESISTENCIA kg/cm ²		
	5% CBCA	10% CBCA	15% CBCA
m1	11.76	14.19	10.92
m2	11.94	14.16	11.69
m3	12.14	13.79	11.89
m4	12.06	13.51	11.02
m5	11.94	13.47	11.21
m6	11.31	14.22	11.10
m7	11.52	14.86	10.63
m8	11.97	14.50	10.75
m9	11.76	14.06	10.95
m10	11.97	14.91	10.70
m11	11.12	14.24	9.78
m12	10.90	14.83	9.94
m13	11.74	14.24	10.75
m14	11.34	14.67	11.76
m15	11.72	14.98	10.87
m16	11.56	14.71	10.57
m17	11.92	14.64	10.90
m18	12.03	13.93	10.82
m19	11.80	14.93	10.75
m20	11.88	14.88	11.19
Promedio	11.72	14.39	10.91

Fuente: Elaboración Propia.

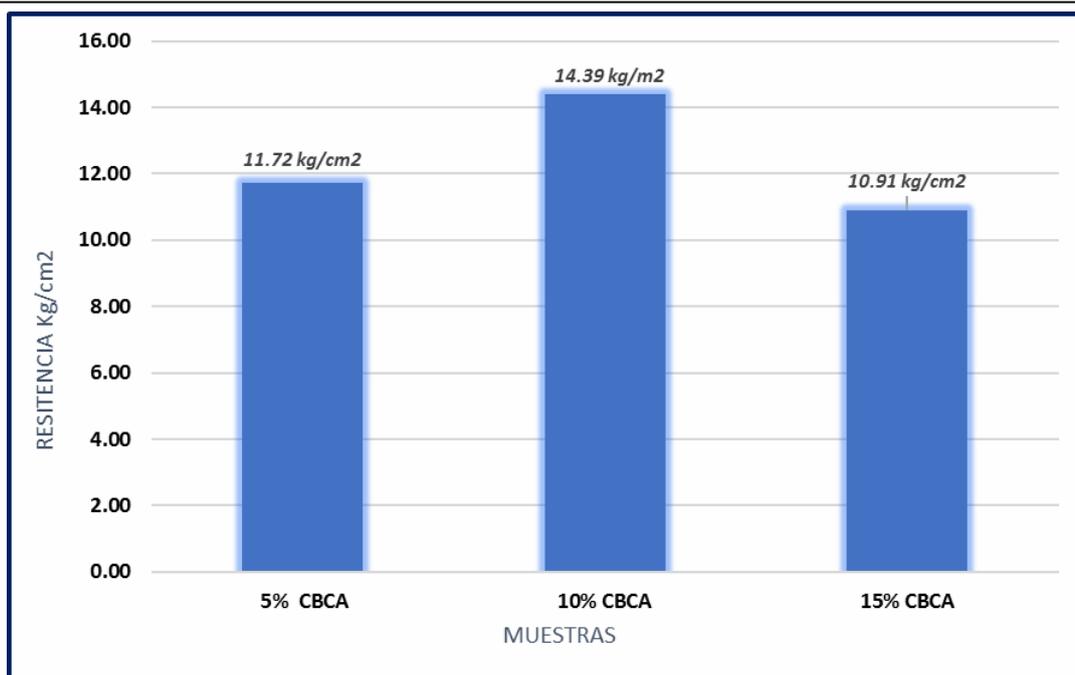


Figura 34: Resistencia a la compresión del Adobe estabilizado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Elaboración Propia

En la Figura 30, nótese la comparación entre las 3 dosificaciones empleadas con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar, sus resultados son mejores a diferencia del Adobe Patrón, así también superan la Resistencia de 10.20 kg/cm² mencionada en la Norma E-080.

La dosificación que obtuvo una mayor resistencia fue la adición de 10% CBCA, obteniendo una resistencia promedio de 14.39 kg/cm².

Nótese de igual manera que al adicionar 15%CBCA, obtiene una resistencia promedio menor a los otros porcentajes del mismo tipo de 10.91 kg/cm²; a pesar de eso sus valores superan al adobe Patrón y al mínimo que la Norma Estipula.

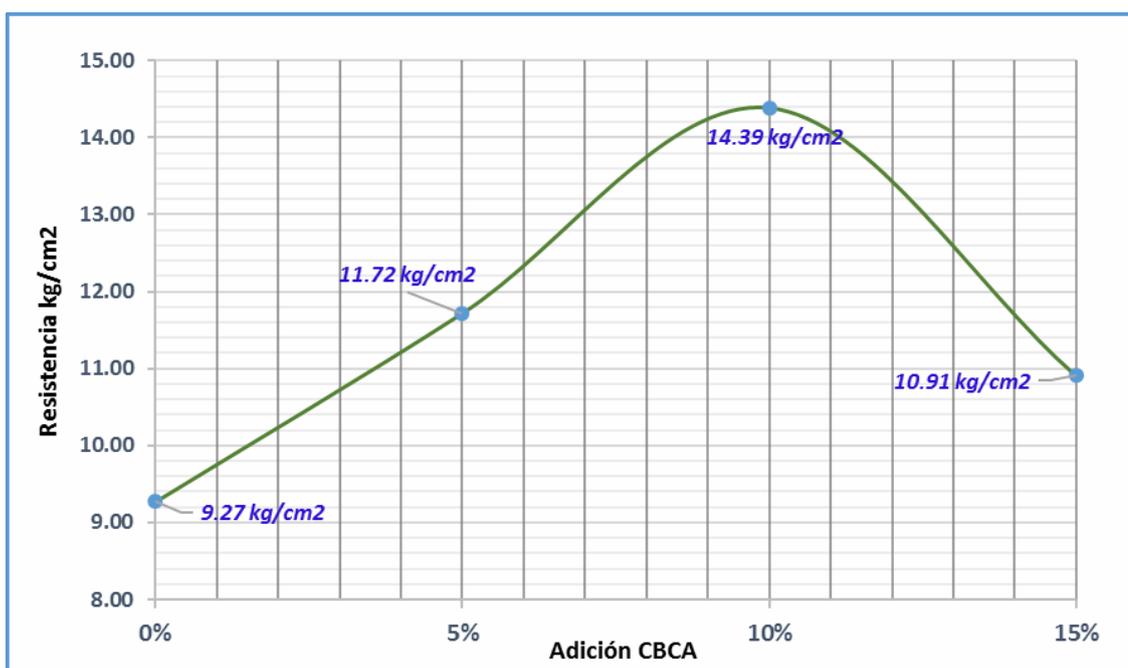


Figura 35: Gráfica del comportamiento del Adobe estabilizado con CBCA.

Elaboración Propia

En la Figura 31 muestra el comportamiento de la Adición CBCA vs RESISTENCIA, en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA; cabe resaltar que entre el intervalo de 0% CBCA – 10% CBCA, la resistencia aumenta constantemente; sin embargo, sucede todo lo contrario en el rango de 10% CBCA – 15% CBCA, la resistencia ya tiende a disminuir.

Por otra parte la gráfica nos ayuda a obtener visualmente una resistencia promedio al adicionar un porcentaje de CBCA en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA, es decir si se desea obtener una resistencia promedio al adicionar 7% CBCA , se obtiene un valor aproximado de 13.10 kg/cm², entre otros.

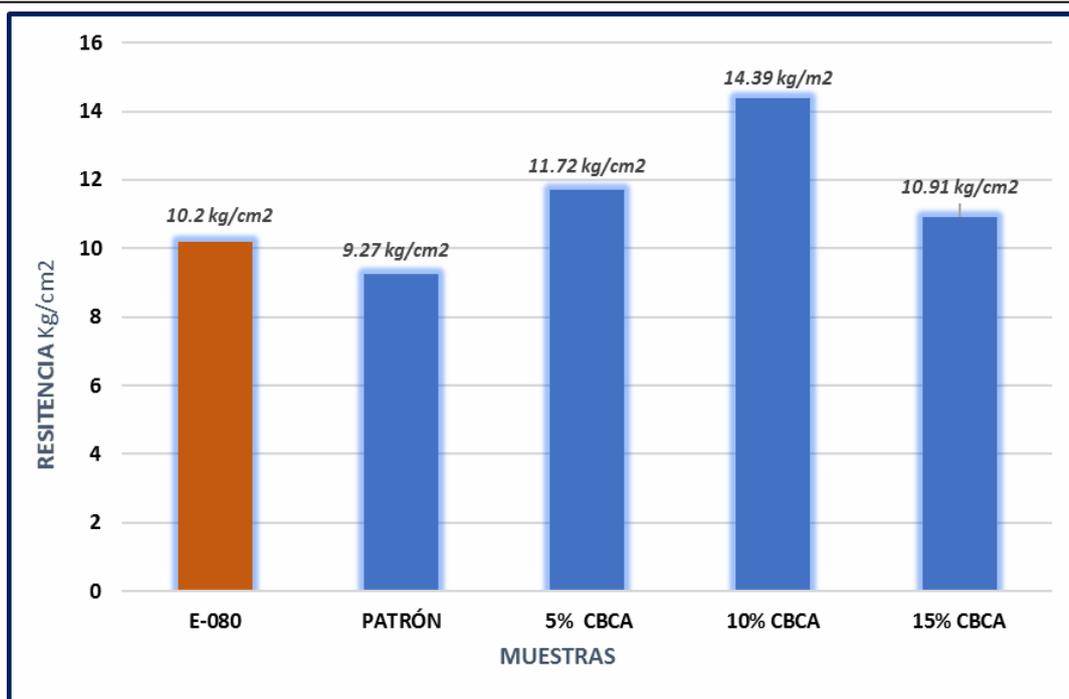


Figura 36: Comparación entre las Resistencia a la Compresión de los Bloques de Adobe de cada porcentaje del CBCA.

Elaboración Propia

La Resistencia a la Compresión de los Adobes Tradicionales y/o Patrón no cumplió con la Resistencia estipulada en la respectiva Norma (10.2 kg/cm^2), por el contrario fueron los adobes estabilizado en sus distintos porcentajes que todos pasaron en gran manera la resistencia mínima y de los Adobes Patrón.

4.1.4.2 Ensayo de la Resistencia a la Tracción.

Para evaluar y/o medir la Resistencia del material tierra a la Tracción se siguió el procedimiento mencionado en el acápite 2.3.2.

a. Adobe tradicional o Patrón.

Las muestras de los Adobes Patrón obtuvieron resistencias ligeramente superiores a la citada norma en la E-080 como se puede apreciar en la Tabla, la cual mencionar que la Resistencia a la Tracción ultima debe ser a 0.81 kg/cm^2 .



La resistencia promedio de la Probetas de Adobe Patrón fue de 0.86 kg/cm^2 .

Tabla 18

Resistencia a la Tracción del Adobe Patrón.

ESPECIMEN	RESISTENCIA Kg/cm ²					PROMEDIO	
	ADITIVO	PP1	PP2	PP3	PP4		PP5
Patrón		0.88	0.84	0.82	0.89	0.88	0.86

Fuente: Elaboración Propia.

b. Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Tabla 19

Resistencia a la Tracción del Adobe estabilizado con CBCA

Muestras	Resistencia a la Tracción kg/cm ²		
	5% CBCA	10% CBCA	15% CBCA
m1	0.96	1.03	0.83
m2	0.92	1.00	0.82
m3	0.92	0.99	0.81
m4	0.92	0.98	0.82
m5	0.94	1.04	0.82
m6	0.95	1.05	0.83
m7	0.96	1.08	0.83
m8	0.95	1.10	0.83
m9	0.97	1.11	0.83
m10	0.98	1.12	0.83
Promedio	0.95	1.05	0.83

Fuente: Elaboración Propia.

La adición con mejores resultados como se aprecia en la Tabla 19 fue la de 10% CBCA, obteniendo un valor promedio de Resistencia a la Tracción de 1.05 kg/cm^2 .

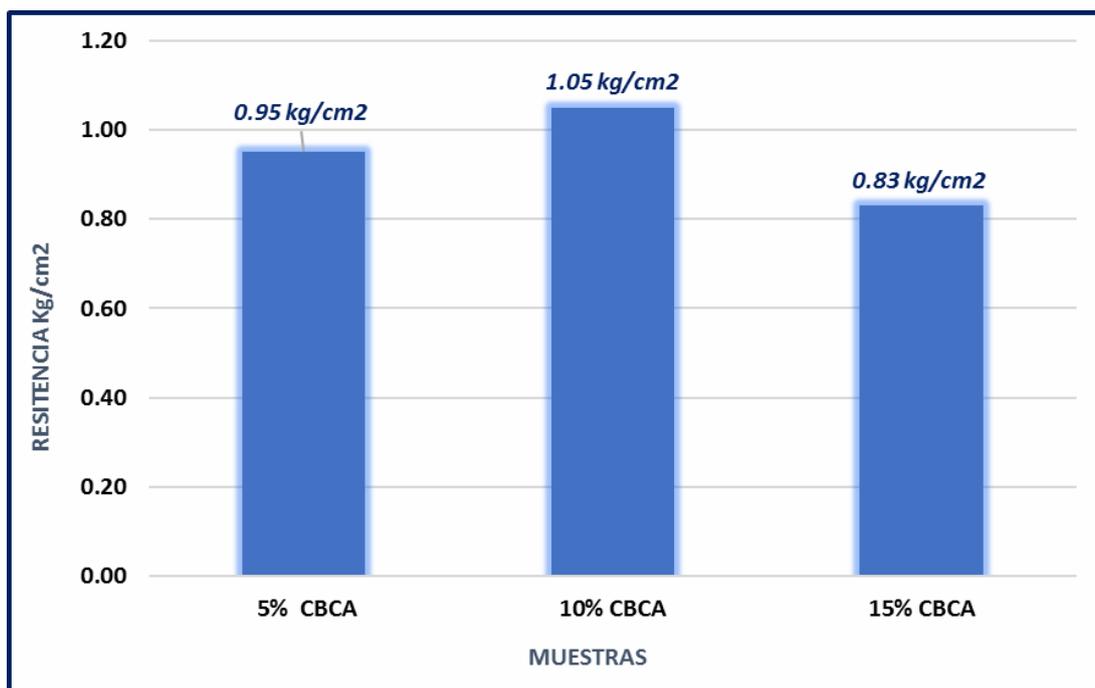


Figura 37: Resistencia a la Tracción del Adobe estabilizado con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar.

Elaboración Propia

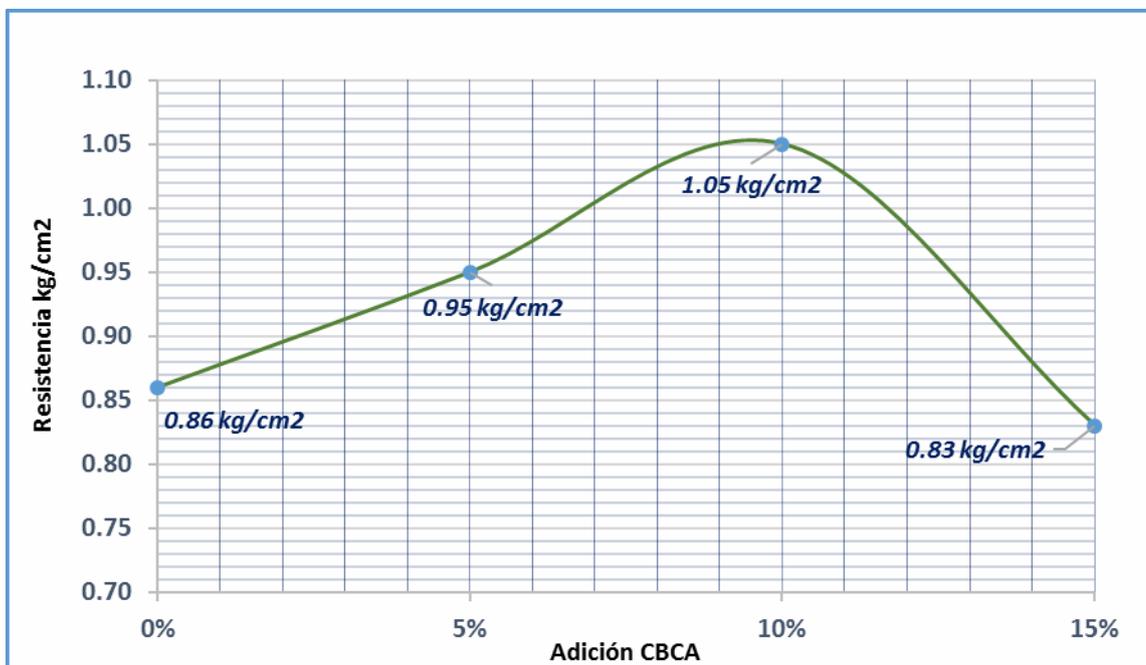


Figura 38: Gráfica del comportamiento del Adobe estabilizado con CBCA, Resistencia a la Tracción.

Elaboración Propia

En la Figura 38 muestra el comportamiento de la Adición CBCA vs RESISTENCIA a la Tracción, en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA; cabe resaltar que entre el intervalo de 0% CBCA – 10% CBCA, la resistencia aumenta constantemente; sin embargo, sucede todo lo contrario en el rango de 10% CBCA – 15% CBCA, la resistencia disminuye.

Por otra parte la gráfica nos ayuda a obtener visualmente una resistencia a la Tracción promedio al adicionar un porcentaje de CBCA en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA, es decir si se desea obtener una Resistencia a al adicionar 7% CBCA, se obtiene un valor de 1.00 kg/cm^2 , entre otros.

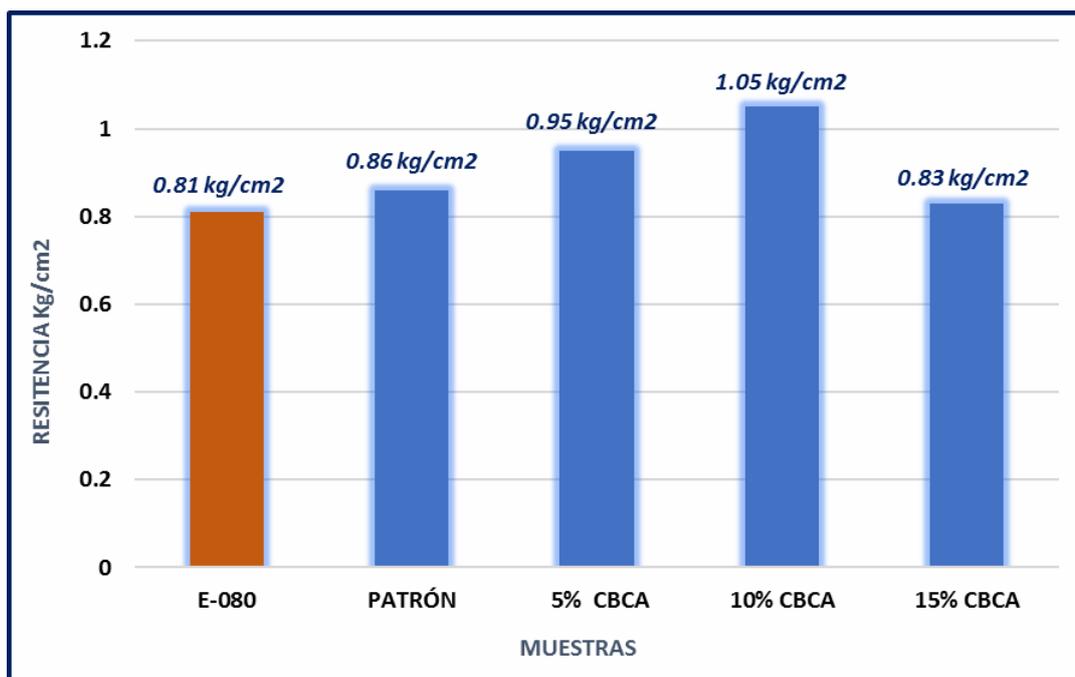


Figura 39: Comparación entre las Resistencias a la Tracción de los adobes de porcentaje de CBCA.

Elaboración Propia

Se puede apreciar en la figura 39 que la Resistencia a la tracción de los Adobes Tradicionales y/o Patrón y los estabilizados con CBCA con sus distintos porcentajes supera la Resistencia a la tracción estipulada en la respectiva Norma



(0.81 kg/cm²), sin embargo es preciso mencionar que la adición con 15% CBCA obtiene un promedio de 0.83 kg/cm² siendo inferior a las Probetas Patrón pero sigue siendo superior a la resistencia mencionada en la Norma E-080.

4.1.4.3 Ensayo de Compresión (Muretes de Adobe).

Para evaluar y/o el ensayo de Compresión en Muretes de Adobe se realizaron Muretes escalados y se hizo la comparación entre las mismas con sus distintos porcentajes de adición del CBCA.

a. Murete tradicional

Tabla 20

Resistencia a la Compresión en Muretes de Adobe (Patrón).

Muestras	Resistencia kg/cm ²
	PATRÓN
m1	6.46
m2	6.42
m3	6.31
m4	6.32
m5	6.56
m6	6.62
m7	6.60
m8	6.82
m9	6.80
m10	6.30
Promedio	6.52

Fuente: Elaboración Propia.

Los Muretes de Adobe elaborados con unidades a escala 1:3 sin adición de algún material adquieren un Esfuerzo de compresión admisible del Murete de **6.52** kg/cm²

b. Murete de Adobe estabilizado con Cenizas de Bagazo de Caña de Azúcar.

Tabla 21

Resistencia Murete a la Compresión estabilizado con CBCA

Muestras	Resistencia kg/cm ²		
	5% CBCA	10% CBCA	15% CBCA
m1	8.39	9.81	7.56
m2	8.66	9.91	7.83
m3	8.83	9.79	8.31
m4	9.01	9.70	7.30
m5	9.52	9.82	7.31
m6	9.31	10.10	7.66
m7	9.02	10.14	7.66
m8	9.03	10.20	8.08
m9	9.35	10.42	8.11
m10	8.67	9.57	7.72
Promedio	8.98	9.95	7.75

Fuente: Elaboración Propia.

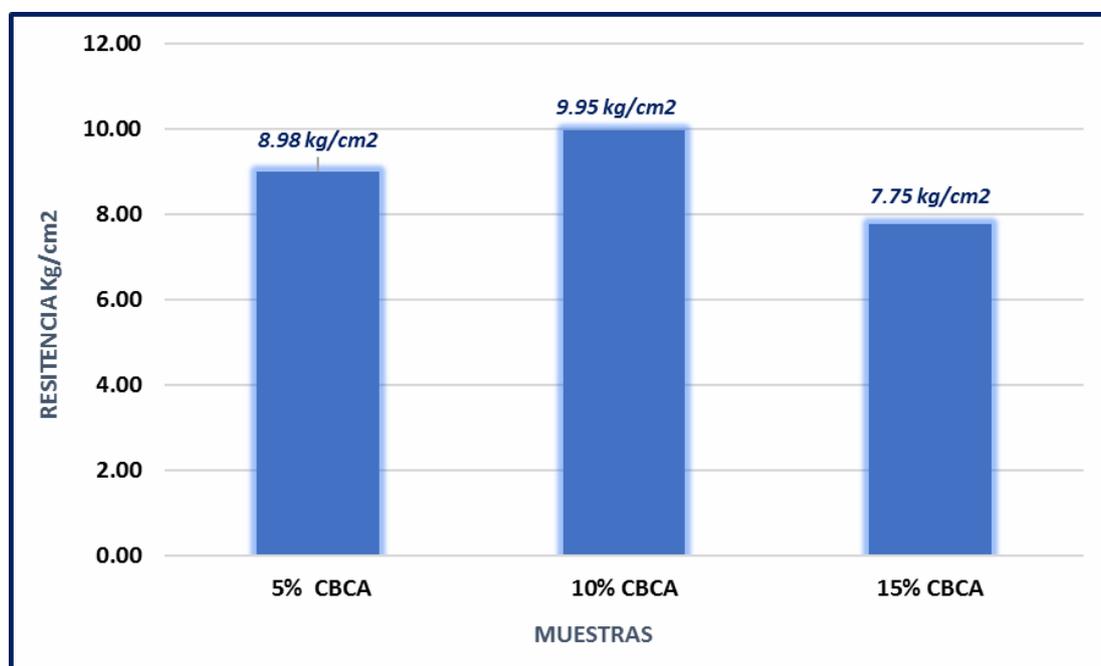


Figura 40: Comparación de Resistencias a la Compresión en Muretes de Adobe, estabilizado con CBCA.

Elaboración Propia

Los Muretes de Adobe realizados con unidades a una escala de 1:3 con los distintos porcentajes añadidos de CBCA adquieren una Resistencia a la compresión promedio (5% CBCA - 8.98 kg/cm²), (10% CBCA – 9.95 kg/cm²), (15% CBCA – 7.75 kg/cm²); siendo la mayor Resistencia al adicionar 10% CBCA con un esfuerzo promedio de 9.95 kg/cm².

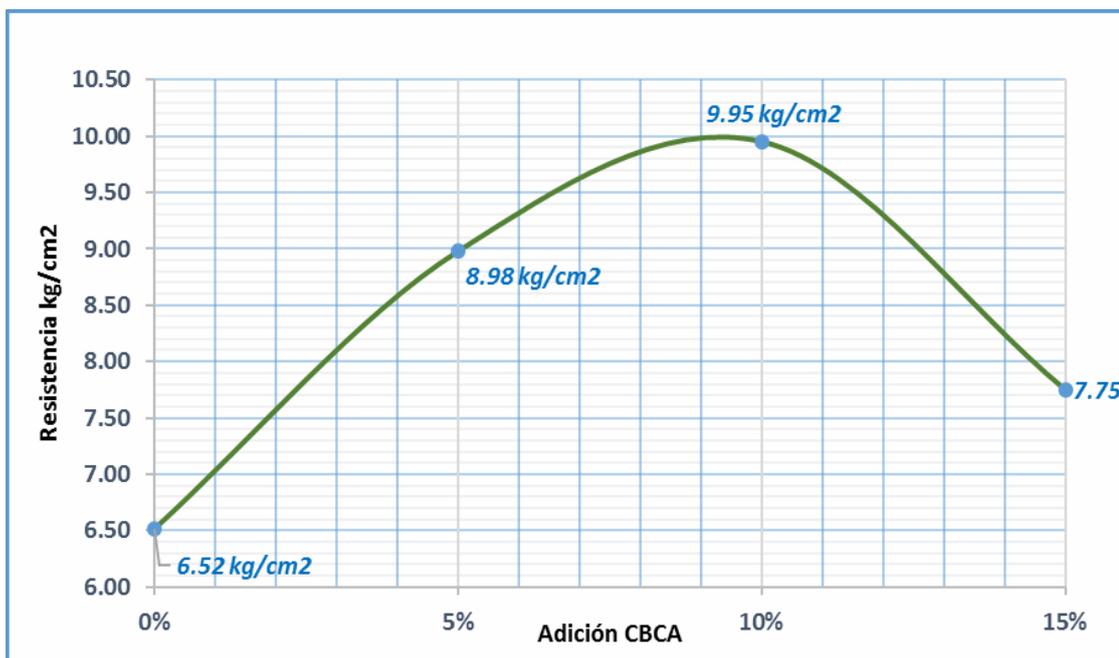


Figura 41: Gráfica del comportamiento del Ensayo de Compresión en Muretes de Adobe estabilizado con CBCA.

Elaboración Propia

En la Figura 41 muestra el comportamiento de la Adición CBCA vs RESISTENCIA de Compresión en Muretes de Adobe, en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA; asimismo se puede apreciar que entre el intervalo de 0% CBCA – 10% CBCA, la resistencia aumenta constantemente; sin embargo, es todo lo contrario en el rango de 10%CBCA – 15%CBCA, la resistencia disminuye, pero es superior al esfuerzo de compresión con unidades sin CBCA.

Por otra parte la gráfica nos ayuda a obtener visualmente resistencias promedio a la Compresión promedio en Muretes de Adobe al adicionar un porcentaje de CBCA en el rango de 0% CBCA – 15% CBCA, es decir si se desea obtener una Resistencia al adicionar 6% CBCA, se obtiene un valor aproximadamente de 9.30 kg/cm^2 , asimismo podemos obtener resultados en cualquiera de los porcentajes.

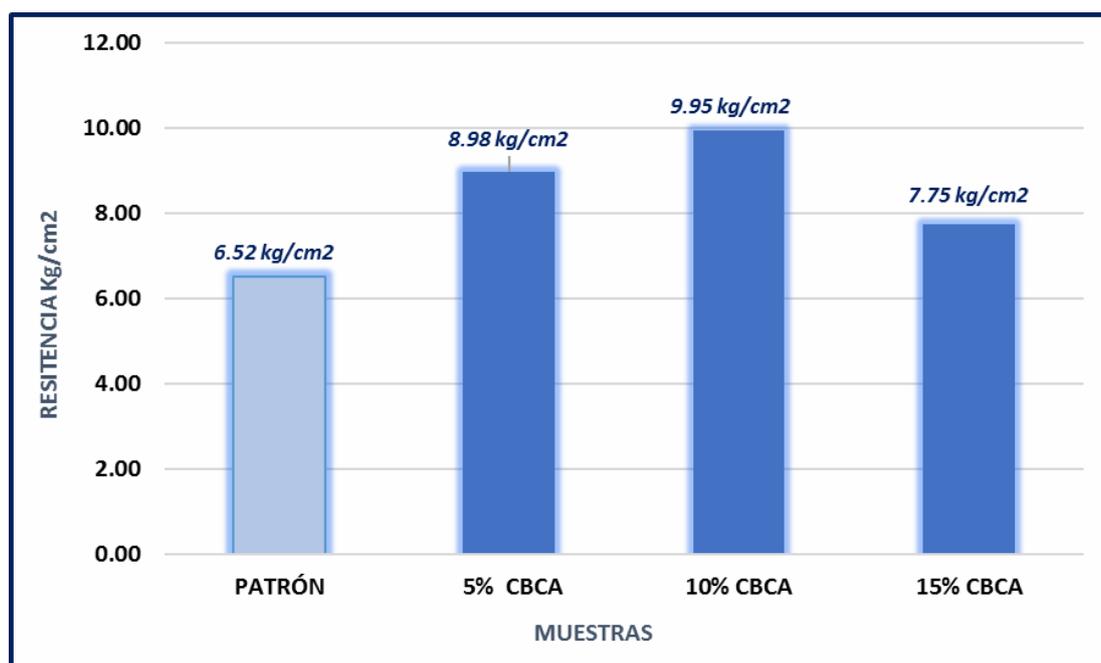


Figura 42: Comparación entre las Resistencias de compresión de los Muretes de adobe con porcentajes del CBCA.

Elaboración Propia

Nótese en la Figura 42 las Resistencias promedio de los muretes de Adobe elaborado con unidades a escala 1:3 obteniéndose valores mayores los adicionados con CBCA a comparación del Patrón, asimismo se verifica que al adicionar el 15%CBCA la resistencia disminuye con un valor de 7.75 kg/cm^2 siendo inferior al de 5% CBCA pero superior a los muretes elaboración sin CBCA que tiene un valor de 6.52 kg/cm^2 .



4.2 Discusiones.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación nos demuestran que la hipótesis propuesta es correcta. Se afirma que si adicionamos ceniza de bagazo de caña de azúcar para la elaboración de las unidades de adobe se mejorarán las propiedades técnicas, lo cual hace que las unidades de adobe elaboradas con este aditivo natural sean más resistentes y duraderas, lo cual influye considerablemente en la eficiencia de construcción de las viviendas en el centro poblado de Tambar.

Relacionado los resultados obtenidos en el acápite 4.1.3.1. Jara Rodríguez, R & Palacios Ambrosio, R. (2015) obtuvieron en sus resultados que a mayor porcentaje de CBCA, mayor era la absorción de las unidades de albañilería, debido a que el CBCA genera pequeños huecos en la mezcla, aumentando la porosidad de las unidades.

Los resultados que obtuvimos en el ensayo de absorción fueron muy limitados, debido a que este ensayo se realiza comúnmente a las unidades de albañilería, mas no existe algún ensayo para determinar la absorción exacta de las unidades de adobe, por tal motivo al realizar el ensayo las unidades se disolvieron mucho antes de las 24 horas de inmersión en agua; cabe mencionar que tal vez este ensayo pueda realizarse si se adiciona cemento en el proceso de elaboración de las unidades de adobe.

En lo que respecta al ensayo de compresión de muretes mostrado en el acápite 4.1.4.3. respectivamente, Calcedo, S., Libreros, J. & Ramírez, A. (2015) obtuvieron una mejora considerable en las propiedades mecánicas al utilizar 10%, 20% y 30% de CBCA en relación al peso del cemento para la elaboración de morteros, determinando así que el CBCA es un material que se puede utilizar para mejorar la resistencia de morteros y asimismo influir considerablemente en la resistencia a la



compresión de muros, esto se ve reflejado en la figura 41: *Gráfica del comportamiento del ensayo de compresión en muretes de adobe estabilizado con CBCA*, donde se nota un mejoramiento en la resistencia a la compresión a razón de adición de CBCA para la elaboración del adobe.

Respecto a los ensayos de resistencia a la compresión y tracción mostrados en los acápite 4.1.4.1., 4.1.4.2. Jara Rodríguez, R & Palacios Ambrosio, R. (2015), obtuvieron resultados negativos al sustituir en 10%, 20% y 30% de CBCA en relación al cemento para la elaboración de ladrillos, con un 10% alcanzaron resistencias similares a las unidades patrón, por otro lado en la presente investigación al adicionar un 5%, 10% y 15% respecto al peso de la tierra, se obtuvieron mejoras considerables tanto en la resistencia a la compresión tal y como se puede apreciar en la figura 36: *Comparación entre la resistencia a la compresión de los bloques de adobe de cada porcentaje del CBCA*, y en la resistencia a la tracción tal y como se observa en la figura 39: *Comparación entre las Resistencias a la Tracción de los adobes de porcentaje de CBCA*, esto se debe a que al sustituir el cemento el cual tiene mayores propiedades puzolánicas en comparación con el CBCA las resistencias van a disminuir, en comparación con la adición, en la cual se añade el CBCA sin sustituir ningún material para la elaboración de la mezcla, debido a esto se comprueba que el CBCA es un material el cual puede mejorar las propiedades mecánicas del adobe.

Por tal motivo se puede deducir que la diferencia en la mejora de las resistencias obtenidas por Jara Rodríguez, R & Palacios Ambrosio, R. y la presente investigación se debe a las distintas metodologías que se emplearon, es decir entre la sustitución y la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se evaluó las propiedades de las unidades del adobe convencional y a los que se adicionó ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). A las unidades de adobe de 10x10x10 cm se le sometió al ensayo de resistencia a la compresión, obteniendo el adobe convencional (patrón) una resistencia promedio de 9.27 kg/cm², mientras que a las unidades de adobe con adición de CBCA al 5%, 10% y 15% obtuvieron una resistencia promedio de 11.72kg/cm², 14.39 kg/cm² y 10.91kg/cm² respectivamente.
- Respecto al ensayo para medir la Resistencia del material tierra a la Tracción se encontró que el adobe convencional (patrón) obtuvo una resistencia promedio de 0.86 kg/cm², mientras que las unidades con adición al 5% CBCA, 10% CBCA y 15% CBCA obtuvieron una resistencia de 0.95 kg/cm², 1.05 kg/cm² y 0.83 kg/cm², respectivamente.
- Para el ensayo de Resistencia del murete a la Compresión se demostró que el adobe convencional (patrón) obtuvo una resistencia promedio de 6.52 kg/cm², mientras que los muretes elaborados con las unidades con adición de CBCA al 5%, 10% y 15% obtuvieron una resistencia promedio de 8.98 kg/cm², 9.95 kg/cm² y 7.75 kg/cm², respectivamente.
- Finalmente se observó que la duración de las unidades de adobe ante el efecto del agua varía según su porcentaje de adición de CBCA, obteniéndose que el adobe convencional (patrón) obtuvo una duración promedio de 01h 33 min., mientras que



- las unidades con adición al 5% CBCA, 10% CBCA y 15% CBCA obtuvieron una duración promedio de 01 h 49 min., 02 h. 02 min. y 02 h. 35 min, respectivamente.
- Se elaboraron unidades de adobe con cuatro dosificaciones distintas, los cuales fueron los adobes convencionales o también llamados adobe “patrón”, adobes con adición al 5% de CBCA, adobes con adición al 10% de CBCA y adobes con adición al 15% de CBCA, asimismo por cada una de las dosificaciones se elaboraron cubos de 10 cm., bloques de adobe de 10x20x40 cm., probetas cilíndricas de D=15 cm. H=30 cm. y unidades de adobe de 3.3x6.7x13.3 cm. con los cuales se construyeron los muretes.
 - Se realizó el ensayo de Resistencia a la Compresión a los cubos de 10 cm. logrando mejorar la resistencia del adobe convencional del centro poblado de Tambar. Dichas mejoras se pueden observar en los resultados obtenidos, teniendo una resistencia promedio de 11.72kg/cm², 14.39 kg/cm² y 10.91kg/cm² con 5%, 10% y 15% de adición del CBCA respectivamente frente a los 9.27 kg/cm² que se obtiene de las unidades elaboradas de manera convencional (patrón) y los 10.20 kg/cm² que indica la norma E.080. Obteniendo así un aumento considerable en la resistencia a la compresión de 26.43% con adición del 5% de CBCA, 55.23% con adición del 10% de CBCA y 17.69% con adición del 15% de CBCA respecto al adobe convencional, y por otro lado 14.90% con adición del 5% de CBCA, 41.08% con adición del 10% de CBCA y 6.96% con adición del 15% CBCA respecto a lo estipulado en la norma E.080.
 - Respecto al ensayo de la Resistencia a la tracción se realizó a las probetas cilíndricas, obteniéndose también una mejora con las dosificaciones de 5% y 10% de CBCA que se elaboró, esto se puede verificar en los resultados obtenidos, adquiriendo una



resistencia promedio de 0.95kg/cm² y 1.05kg/cm² con 5% y 10% de adición de CBCA respectivamente, frente a los 0.86 kg/cm² que se obtiene de las unidades elaboradas de manera convencional y los 0.81 kg/cm² que indica la norma E.080. Obteniendo así un aumento considerable en la resistencia a la tracción del 10.47% con adición de 5% de CBCA y 22.09% con adición del 10% de CBCA respecto al adobe convencional y por otro lado 17.28% con adición del 5% de CBCA y 29.63% con adición del 10% de CBCA respecto a lo estipulado en la norma E.080.

Por otro lado, con una adición del 15% de CBCA se obtuvo una resistencia a la tracción de 0.83kg/cm² siendo menor al adobe convencional pero mayor a lo indicado en la norma E.080, teniendo así una disminución de -3.49% frente al adobe convencional y un aumento de 2.47% ante lo estipulado en la norma E.080.

- Se realizó el ensayo de Resistencia a la compresión de muretes para lo cual se utilizaron los unidades de adobe de 3.3x6.7x13.3 cm., con los cuales se elaboraron muretes siguiendo las indicaciones estipuladas en la norma E.080, se comparó los resultados obtenidos, verificando que existe una mejora considerable del adobe convencional, teniendo una resistencia promedio de 8.98kg/cm², 9.95kg/cm² y 7.75kg/cm², con el 5%, 10% y 15% de adición del CBCA respectivamente; frente a los 6.52kg/cm² que se obtiene de las unidades elaboradas de manera convencional, obteniendo así un aumento considerable en la resistencia el murete a la compresión de 37.73 % con adición del 5% de CBCA, 52.61% con adición del 10% de CBCA y 18.87% con adición del 15% de CBCA respecto al adobe convencional.
- Se comprobó que las unidades de adobe con adición de CBCA tienden a tener una mejor respuesta y duración frente a los efectos del agua, los resultados obtenidos nos demuestran que las unidades con adición de CBCA al 5%, 10% y 15% obtuvieron



una duración promedio de 01 h 49 min., 02 h. 02 min. y 02 h. 35 min. respectivamente frente al adobe convencional (patrón) que obtuvo una duración promedio de 01h 33 min., teniendo así un aumento de 17.20% con adición de 5% de CBCA, 31.18% con adición de 10% de CBCA y 66.67% con adición 15% de CBCA respecto al adobe convencional.

- Se determinó mediante términos técnicos y económicos que las unidades de adobe con CBCA tienen un mayor costo unitario de elaboración que el adobe convencional. Siendo los costos unitarios con adición del 5% CBCA S/. 0.12, con adición del 10% CBCA S/. 0.21 y con el 15% CBCA S/.0.30; a diferencia del Adobe Patrón teniendo un costo unitario de S/.0.00.
- Se determinó que el porcentaje ideal para la elaboración de adobes con adición del CBCA es del 10%, debido a que con esta dosificación se obtuvo una mayor resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y resistencia a la compresión de muretes en comparación a las unidades con 5% y 15% de CBCA; los adobes elaborados con 15% de CBCA presentaron un mejor comportamiento ante efectos del agua, pero esto se descompensa debido a que las resistencias tienden a disminuir conforme al aumento de la adición del CBCA; asimismo se comprobó que hay una probabilidad de que un 97.72% de los bloques de adobe con Adición del 10% de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) alcancen una resistencia a la compresión superior a 13.44 kg.f/cm², en consecuencia se concluye que el porcentaje ideal a utilizar para la elaboración de unidades de adobes es del 10% de adición de CBCA (10% CBCA).



5.2 Recomendaciones

Debido a que la presente investigación es algo nuevo, que da la posibilidad de innovación en el campo de la construcción con adobe, se desea que los investigadores interesados en continuar con estudios similares a la presente investigación puedan tener en consideración las siguientes recomendaciones y/o sugerencias:

- Antes de realizar los adobes se recomienda elaborar moldes de prueba para verificar la variación dimensional al momento del secado, de esta manera se tiene en cuenta esa variación para el diseño de los moldes con las medidas adecuadas para la elaboración de las unidades de adobe.
- Al momento de preparar la mezcla, se debe mezclar en seco la tierra con el aditivo hasta obtener una consistencia homogénea y finalmente adicionar el agua hasta hidratar completamente la mezcla para llegar a formar el barro.
- Se recomienda dejar reposar el barro luego de prepararlo entre 24 y 48 horas, esto ayuda a que las partículas de la mezcla se reaccionen correctamente al proceso de hidratación y asimismo facilita el proceso de moldeo y desmolde de las unidades de adobe.
- Es recomendable que los aditivos que se empleen para la elaboración de unidades de adobe sean de partículas finas, debido a que le da una mayor consistencia a la mezcla y puede haber mejor homogenización con las partículas de arcilla de la tierra a emplearse.
- Se recomienda para los ensayos de resistencia a la compresión de muretes, realizar estos a escala real, de tal manera los resultados serán más exactos y representativos.



- Se recomienda realizar un estudio económico más exacto, para determinar el costo real teniendo en cuenta cada uno de los factores mencionados en la presente investigación y/o en investigaciones posteriores a esta, si en un futuro se desea implementar el CBCA en la elaboración de adobes como alternativa en el mercado.
- Finalmente se recomienda a las futuras investigaciones realizar un estudio del adobe utilizando CBCA en distintas zonas geográficas donde el empleo de este material de construcción es común y de esta manera poder lograr determinar cuan influyente es el tipo de suelo en la elaboración de unidades de adobe con adición CBCA.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

Armando Romero, C., Urrego Vargas, E. & Acosta Reátegui, J. (2017). *Producción de caña de azúcar en el Perú, perspectivas*. (Dirección general de políticas agrarias). Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú.

Benites Zapata, V. (2017). Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Frurcaea Andina*). (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Piura, Perú.

Cid Falceto, J. (2012). *Durabilidad de los bloques de tierra comprimida. Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción*. (Tesis Doctoral), Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, España.

Cid, J., Mazarrón, F. & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277834793_las_normativas_de_construccion_con_tierra_en_el_mundo.

Cotrado Flores, D. (2001). *Muros de Adobe Mejorados con Supervisión son mejores que Muros de Ladrillo sin Control ni Supervisión*. (Tesis de Maestría en Ingeniería). Universidad Privada de Tacna, Tacna.

De la Peña Estrada, D. (1997). *Adobe, características y sus principales usos en la construcción*. (Tesis de pregrado), Instituto Tecnológico de Construcción, Mexico D.F.

Herrera Ocmin, M. (2007). *Producción, exportación e importación de la caña de azúcar en el Perú*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos45/produccion-azucar-peru/produccion-azucar-peru2.shtml>.

Jara Rodríguez, R. & Palacios Ambrosio, R. (2015). *Utilización de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del cemento en la elaboración de ladrillos de concreto*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra* (Segunda ed.). (R. Loayza, Trad.) Kassel, Alemania: FIN DE SIGLO.



Morales M. Roberto, Yamashiro K. Ricardo, Sánchez O. Alejandro & Torres C. Rafael (1993). *Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe*. (Informe de Investigación). CISMID –FIC- UNI, Lima.

Muñiz Huanco, H. (2013). *Evaluación y alternativas de mejoramiento de las viviendas autoconstruidas de adobe de la zona rural del distrito de Sicuani – Cusco*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Quintana Choqueluque, D. & Vera Salizar, M. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

Rios Gonzales, E. (2011). *Empleo de ceniza de bagazo de caña de azúcar como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración de concreto hidráulico*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad Veracruzana, México.

Rubiños Montenegro, A. (2009). *Propuesta de reconstrucción post – terremoto de viviendas de adobe reforzado*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Ruiz Rodríguez, A. (2015). *Resistencia a compresión del mortero cemento – arena incorporando ceniza de cascara de arroz, afrecho de cebada y bagazo de caña de azúcar*. (Tesis para el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.



CAPÍTULO VII

ANEXOS



ANEXO N° 1

PANEL FOTOGRAFICO



Imagen 01: Excavación de calicata en el centro poblado Tambar.



Imagen 02: Transporte de tierra para la elaboración de adobes.



Imagen 03: Cuarteo del material antes de realizar los ensayos de laboratorio.



Imagen 04: Ensayo de granulometría del suelo.



Imagen 05: Ensayo de granulometría del suelo por lavado.



Imagen 06: Ensayo para la determinación del límite líquido.



Imagen 07: Ensayo para la determinación del límite plástico.



Imagen 08: Prueba de cinta de barro.



Imagen 09: Prueba de la resistencia seca.

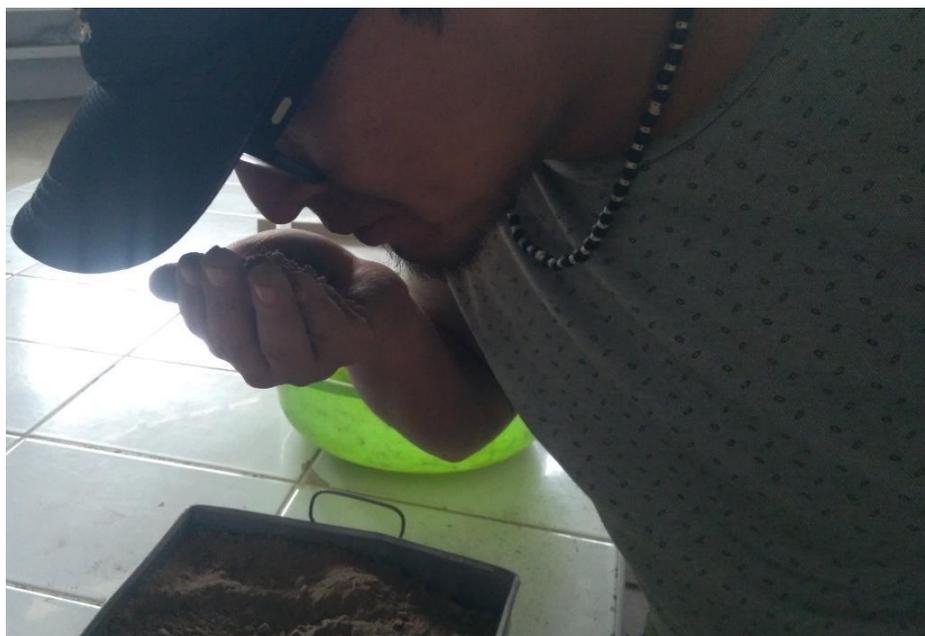


Imagen 10: Prueba de olfato.



Imagen 11: Proceso del zarandeo de la tierra por el Tamiz N°10.



Imagen 12: Hidratación y mezclado de la tierra para la elaboración de la mezcla.



Imagen 13: Etapa de dormir, reposar, o fermentar el barro por dos días.



Imagen 14: Recolección de CBCA en Agroindustrias San Jacinto.



Imagen 15: Transporte del CBCA de Agroindustrias San Jacinto.



Imagen 16: Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).



Imagen 17: Adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).



Imagen 18: Mezcla en seco con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA).



Imagen 19: Moldes utilizados para la elaboración del adobe.



Imagen 20: Moldeo y desmoldeo de los bloques de adobe.



Imagen 21: Moldeo y desmoldeo de probetas de adobe.



Imagen 22: Proceso de secado de los bloques de adobe.



Imagen 23: Momentos de inspección por parte del ingeniero jefe de laboratorio.



Imagen 24: Medida del peso de las unidades de adobe.



Imagen 25: Medida de las longitudes para variación dimensional.



Imagen 26: Muretes de adobe para ensayo a compresión.



Imagen 27: Bloques de adobe de 10x20x40 cm.



Imagen 28: Probetas de adobe de 15x30cm con adición de 10% de CBCA.



Imagen 29: Cubos de adobe de 10x10x10 cm para ensayo a compresión.



Imagen 30: Prensa utilizada para los ensayos a compresión y tracción.



Imagen 31: Ensayo a la compresión de cubos (10x10x10 cm).



Imagen 32: Ensayo a la compresión de cubos “patrón” (10x10x10 cm).



Imagen 33: Ensayo a la compresión de cubos (10x10x10 cm) con 5% de CBCA.



Imagen 34: Ensayo a la compresión de cubos (10x10x10 cm) con 10% de CBCA.



Imagen 35: Ensayo a la tracción mediante probetas (15x30 cm).

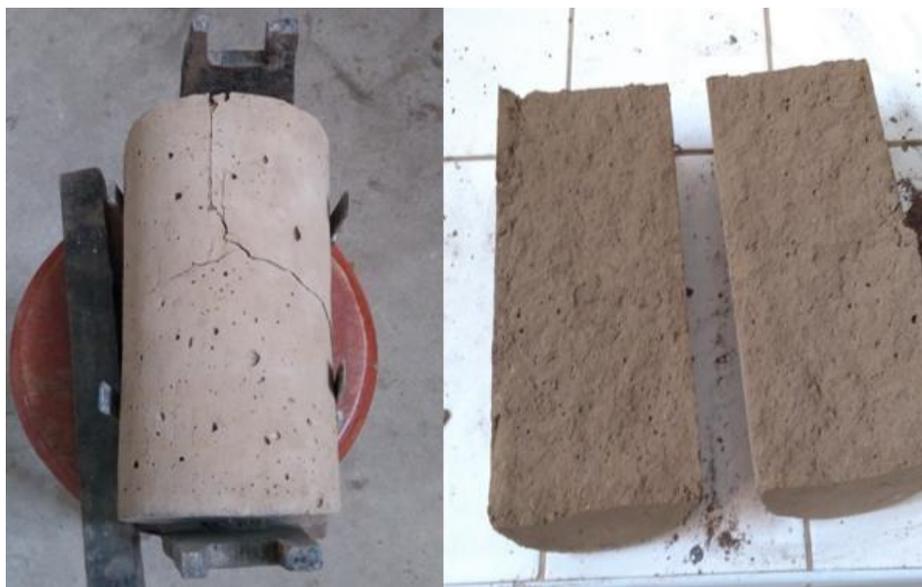


Imagen 36: Ensayo a la tracción de probetas “patrón” (15x30 cm).



Imagen 37: Ensayo a la tracción de probetas (15x30 cm) con 5% de CBCA.



Imagen 38: Ensayo a la tracción de probetas (15x30 cm) con 10% de CBCA.



Imagen 39: Ensayo a la compresión de muretes.



Imagen 40: Falla de muretes después del ensayo a la compresión.



Imagen 41: Inspección por parte del ingeniero jefe de laboratorio al momento de los ensayos a compresión y tracción.



Imagen 42: Ensayo de absorción a los bloques de adobe.



Imagen 43: Estado del bloque de adobe “patrón” luego de 30 minutos sumergido en agua.



Imagen 44: Estado del bloque de adobe con 15% de CBCA luego de 30 minutos sumergido en agua.