

Analysis of the Physical and Mechanical Properties of Adobe with the Addition of Sugarcane Bagasse

Carlos Eduardo Vásquez Arteaga, Bachiller¹, Victor Andreé Ocas Oyarce, Bachiller¹, Carlos Mario Fernández Díaz, Doctor¹, Marco Antonio Cerna Vasquez, Doctor¹, Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor¹, Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora¹

¹Universidad César Vallejo (UCV). Perú, Varteagace@ucvvirtual.com.pe, vianocoy@ucvvirtual.edu.pe, cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe, mcernav@ucvvirtual.edu.pe, ssotoa@ucv.edu.pe, calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe

Abstract- *The objective of this research was to determine the behavior of the physical and mechanical properties of adobe with the addition of sugarcane bagasse (BCA), Morrope 2022, using an applied methodology and experimental design. The sample consisted of 195 adobe units and 10 walls with the addition of (BCA) in dosages of 0%, 0.5%, 1.0%, 2% and 3%, designated for tests such as absorption, suction, dimensional variation, warping, resistance to wear by dripping, compressive strength in cubes and walls; laboratory forms were used to collect data from these tests. The results showed that the absorption and suction increased as the (BCA) content increased having an increase of 31.25% and 126.67% respectively, the dimensional variation and warping decreased with the incorporation of (BCA) having more balanced values with the dosage of 2.0% of (BCA), with a dimensional variation of 0.53% in length, 0.70% in length, 1.10% of height and a warping of 7.20 mm, the depth of perforation by erosion decreased by 30.94% and 47.67% with the dosages of 2.0% and 3.0% respectively, which exceeded the test, likewise, the optimum compressive strength was obtained with the 2.0% of (BCA), increasing by 48.96% for adobe cubes and 23.85% for adobe walls with respect to the standard adobe. It was concluded that the optimum dosage of (BCA) is 2%, improving both the physical and mechanical properties of the adobe.*

Keywords: *Adobe, sugar cane bagasse, drip wear resistance, compressive strength.*

Identificador de Objeto Digital:(solo para trabajos completos, insertados por LACCEI).
ISSN, ISBN:(a ser insertado por LACCEI).

Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Adobe Adicionando Bagazo de Caña de Azúcar

Carlos Eduardo Vásquez Arteaga, Bachiller¹, Victor Andreé Ocas Oyarce, Bachiller², Carlos Mario Fernández Díaz, Doctor³, Marco Antonio Cerna Vasquez, Doctor¹, Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor¹, Flor Alicia Calvanapón-Alva, Doctora¹

¹Universidad César Vallejo (UCV). Perú, Varteagace@ucvvirtual.com.pe, vianocoy@ucvvirtual.edu.pe, cmfernandezd@ucvvirtual.edu.pe, mcernav@ucvvirtual.edu.pe, ssotoa@ucv.edu.pe, calvanaponfa@ucvvirtual.edu.pe

Resumen- En esta investigación se consideró como objetivo determinar el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar (BCA), Mórrope 2022, empleando una metodología de tipo aplicada y de diseño experimental. La muestra estuvo compuesta de 195 unidades de adobes y 10 muretes con la incorporación de (BCA) en dosificaciones de 0%, 0.5%, 1.0%, 2% y 3%, designadas para la realización de ensayos como absorción, succión, variación dimensional, alabeo, resistencia al desgaste por goteo, resistencia a la compresión en cubos y muretes, para la recolección de datos de dichos ensayos se emplearon formatos de laboratorio. Los resultados mostraron que la absorción y succión aumentaban a medida que el contenido (BCA) aumentaba teniendo un incremento del 31.25% y 126.67% respectivamente, la variación dimensional y alabeo disminuyeron con la incorporación de (BCA) teniendo valores más equilibrados con la dosificación del 2.0% de (BCA), con una variación dimensional de 0.53% de largo, 0.70% de largo, 1.10% de altura y un alabeo de 7.20 mm, la profundidad de perforación por erosión disminuyó en 30.94% y 47.67% con las dosificaciones de 2.0% y 3.0% respectivamente, las cuales superaron el ensayo, asimismo, la resistencia a la compresión óptima se obtuvo con el 2.0% de (BCA), incrementando en 48.96% para cubos de adobe y 23.85% para muretes de adobe con respecto al adobe patrón. Se concluyó que la dosificación óptima de (BCA) es del 2%, mejorando tanto las propiedades físicas y mecánicas del adobe.

Palabras clave: Adobe, bagazo de caña de azúcar, resistencia al desgaste por goteo, resistencia a la compresión.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción de adobe es común en lugares cálidos y áridos, tiene propiedades valiosas como el aislamiento acústico y retención de calor [23], y es resistente y duradera [24], [25]. Sin embargo, es propenso a desestabilizarse cuando se expone al agua, por lo que se han investigado diversos tipos de fibras para estabilizarlo y mejorar sus propiedades. Recientemente se ha considerado el uso de fibras de residuos agrícolas como refuerzo en el adobe, ya que pueden mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad, y tratar problemas de sostenibilidad. Se ha prestado atención especial a las fibras de bagazo de caña de azúcar debido a su

abundancia y capacidad para unir las partículas de suelo.

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y educación del Riesgo de Desastres en Perú [1] señala que el material predominante de las paredes de vivienda en el distrito de Mórrope es el adobe, seguido de ladrillo o bloque de cemento, quinchá, esteras, madera, piedra o sillar con cal o cemento, piedra con barro y otros materiales. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil [2], debido a las intensas lluvias registradas el 4 de mayo de 2022, varias familias han sido afectadas, declarando las autoridades que 4 viviendas son inhabitables y 17 viviendas están afectadas, y 10 personas se han visto damnificadas y 52 afectadas. Es por ello por lo que se plantea la investigación para estabilizar el adobe con fibras de bagazo de caña de azúcar para mejorar la resistencia física y mecánica del adobe y así atender a la problemática causada por la poca resistencia del adobe frente a la acción de la erosión por lluvias. Los problemas específicos son: el comportamiento de la absorción y succión del adobe con bagazo de caña de azúcar, el comportamiento de la variación dimensional y alabeo del adobe con bagazo de caña de azúcar, el comportamiento de la resistencia al desgaste por goteo del adobe con bagazo de caña de azúcar, y el comportamiento de la resistencia a la compresión del adobe con bagazo de caña de azúcar.

Esta investigación es una continuación a lo que ya se ha iniciado por Bock-Hyeng [26]. De esta manera se apoya al procedimiento científico para la fabricación de adobe con fibra de bagazo de caña de azúcar. La justificación teórica se presenta cuando el investigador trata de generar un debate académico de un conocimiento ya existente con la finalidad de refutar teorías y resultados para avanzar con la línea de investigación. Esta investigación aportará a crear un nuevo conocimiento sobre el comportamiento del adobe al incorporarle fibra de bagazo de caña. Por último, la justificación social se relaciona con el hecho de que esta investigación puede ayudar a resolver problemas que perjudican a un grupo en particular. Al comprobar y validar mediante el método científico que el adobe con fibra de bagazo de caña de azúcar ve incrementada su resistencia a la erosión, cualquier institución privada o pública podría elaborar viviendas a las personas de más bajo recursos que soporten las lluvias intensas propias de su región.

Identificador de Objeto Digital:(solo para trabajos completos, insertados por LACCEI).
ISSN, ISBN:(a ser insertado por LACCEI).
NO OUITAR

Se planteo como objetivo general: Determinar el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar, Mórrope 2022, y como objetivo específico OE1: Determinar el comportamiento de la absorción y succión del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar, Mórrope 2022, OE2: Determinar el comportamiento de la variación dimensional y alabeo del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar, Mórrope 2022, OE3: Determinar el comportamiento de la resistencia al desgaste por goteo del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar, Mórrope 2022 y OE4: Determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión del adobe adicionando bagazo de caña de azúcar, Mórrope 2022”.

Existen diversas investigaciones realizadas referente a estudios de propiedades físicas, mecánicas, térmicas, fractura y durabilidad de la incorporación de la fibra de yute en el adobe [3]; así mismo también estudiaron el comportamiento mecánico del adobe con la incorporación de fibra de jacinto de agua, [4]; igualmente se estudió las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del adobe incorporando fibras de plumas de pollo y fibra de bagazo de caña de azúcar [5]; de igual manera también se estudió las propiedades mecánicas del adobe tradicional y con la incorporación de fibra de cabuya para incrementar su resistencia a la compresión y flexión para ser utilizados en viviendas [6]; también se investigó las propiedades del adobe con la adición de fibra PET en su composición [7], pero no se ha realizado exactamente con los componentes de la presente investigación.

El adobe tradicional puede obtener una resistencia a compresión de hasta unos 4 MPA lo que es un valor suficiente para elaborar estructuras con mucha seguridad de no gran altura, no obstante, cuando el adobe es humedecido tiende a perder su resistencia a compresión llegando a un valor cercano a 0 [8] La Norma E 0.80 [9], indica que el ensayo para unidad de adobe se realiza en cubos de 0.10 m x 0.10 m x 0.10 m y cuya resistencia mínima se expresa en $f_o = 10.2 \text{ kg/cm}^2$, y cuya resistencia última se obtendrá con el promedio de las 4 mejores muestras de 6 muestras elaboradas.

Del mismo modo la Norma E 0.80 [9] señala que para el ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta la resistencia mínima será de 0.025 kg/cm^2 , dichas muestras tendrán unas dimensiones de 0.65 m x 0.65 m x e_m y la resistencia última será obtenida con el promedio de las 4 mejores muestras de 6 muestras elaboradas.

El problema principal de los elementos elaborados a base de suelo es su débil resistencia al agua, dado que las lluvias e inundaciones o cualquier otra eventualidad por problemas de filtraciones puede reducir de manera abrupta la resistencia mecánica del suelo ocasionando erosión en la estructura, provocando problemas de colapsos o fallas irreversibles [10] Para el ensayo de erosión acelerada o por sus siglas en inglés (SAET) la UNE 41410 [11] indica que se deberá de escoger dos adobes enteros al azar que han sido curados durante un periodo de 28 días, se colora el adobe en una posición

inclinada de 27° al cual se le dejara caer una corriente de agua por un tubo de cristal de 5 mm conectado a un tanque de agua ubicado a 1.5 m por un tiempo de 10 min, posteriormente se clasificara a la muestra como apta o no apta según el criterio de la tabla.

TABLA I
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE RESISTENCIA A LA EROSIÓN

Propiedad	Criterio	Resultados
D (Profundidad de oquedad en mm)	$0 < D < 10$	Bloque apto
	$D > 10$	Bloque no apto

Fuente: (UNE 41410) [11].

Variable independiente: El bagazo de caña de azúcar es empleado usualmente para fines industriales azucareros, dicho material es un desecho que es reutilizado como combustible en las industrias azucareras para la generación de calor en calderas y eléctricas [12]. El bagazo de caña de azúcar se compone principalmente por biopolímeros de carbohidrato, los cuales están constituidos por casi el 50 % de celulosa, 25 % de hemicelulosa y de 25 % de lignina, al mismo tiempo dichos polímeros se componen por polisacáridos [13].

Las fibras de bagazo de caña de azúcar en los últimos tiempos han recibido mucha atención por los investigadores a causa de su abundancia en el planeta, y gracias a sus polisacáridos que se conocen por sus propiedades de unión en las partículas de suelo [14]. Las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de bagazo de caña de azúcar fueron estudiados [15] obteniendo los siguientes valores.

TABLA II
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS FIBRAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Propiedades	Fibra de bagazo de caña de azúcar
Resistencia a la tracción (MPa)	20 - 50
Módulo de Young (GPa)	2.70
Densidad (gr/cm ³)	0.40 - 0.55
Diámetro (μm)	120 - 700
Alargamiento de rotura (%)	0.90 - 1.10

Fuente: Ramlee y otros [15]

II. METODOLOGÍA

Esta investigación es aplicada dado que se deseó encontrar una solución ante la erosión del adobe, por lo que se incorporó fibras de bagazo de caña de azúcar, diseño experimental [16].

La población para esta investigación estuvo compuesta por las unidades de adobe y muros de adobe con porcentajes de 0 % (patrón), 0.5 %, 1 %, 2 % y 3% de fibra de bagazo de caña de azúcar con respecto al peso de la mezcla. La muestra para esta investigación estuvo conformada por un total de 195 unidades de adobe divididas para ensayos de absorción, succión, variación dimensional, alabeo, resistencia a

compresión, resistencia al desgaste por goteo, además de 10 muestras de muros de adobe que fueron ensayados a resistencia a compresión diagonal.

Se utilizó un muestreo no probabilístico para la realización de esta investigación, dado que la cantidad de muestras elaboradas estuvieron asociadas al criterio del investigador el cual se basó en los requerimientos de las normas técnicas peruanas (NTP) y reglamento de edificaciones (e.080).

Como técnicas se utilizó la observación directa es cuando el investigador se pone en contacto con evento o fenómeno de estudio que se desea analizar con la finalidad de obtener información [17].

Instrumentos de recolección de datos son los apoyos para que las técnicas cumplan con su propósito [18]. En la investigación se optó por las fichas para la recolección de la información resultante en los ensayos de laboratorio, las cuales fueron: Ficha para el ensayo de análisis granulométrico (NTP 339.128), Ficha para el ensayo de contenido de humedad (NTP 339.127), Ficha para el ensayo de Límite de consistencia (NTP 339.129). Ficha para el ensayo de absorción (NTP 399.613), Ficha para el ensayo de Succión (NTP 399.613), Ficha para el ensayo de Variación dimensional (NTP 399.613), Ficha para el ensayo de alabeo (NTP 399.613), Ficha para el ensayo de Resistencia a la compresión (unidad) (E 0.80), Ficha para el ensayo de Resistencia a la compresión diagonal (muro) (E 0.80), Ficha para el ensayo de Resistencia al desgaste por goteo (UNE 41410).

III. RESULTADOS

Desarrollo de los resultados con respecto a objetivos específicos.

OE1: Para llevar a cabo el ensayo de absorción y succión se dispuso de la normativa NTP 339.604, cumpliendo con los requisitos en el número de muestras y procedimientos establecidos. Ensayo de absorción del adobe patrón y adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar (BCA) en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%

TABLA III

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA)

Denominación de muestras	Absorción (%)	Absorción prom (%)
Adobe patrón	0.16	
Adobe patrón +0.5% BCA	0.08	(-) 50.00
Adobe patrón +1.0% BCA	0.14	(-) 12.50
Adobe patrón +2.0% BCA	0.18	(+) 12.50
Adobe patrón +3.0% BCA	0.21	(+) 31.25

Se observa que las muestras de adobe convencional incrementan su porcentaje de absorción a medida que la incorporación de bagazo de caña de azúcar aumenta obteniendo un valor máximo de 0.21% con la muestra de adobe con 3.0% de bagazo de caña lo que equivale a un incremento del 31.25% con respecto al adobe patrón que obtuvo un valor de 0.16%.

Ensayos de succión en adobe patrón y adobe con incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%

TABLA IV

RESUMEN DEL ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA)

Denominación de muestras	Succión (%)	Succión prom (%)
Adobe patrón	0.60	
Adobe patrón +0.5% BCA	0.66	(+) 10.00%
Adobe patrón +1.0% BCA	0.58	(-) 3.33%
Adobe patrón +2.0% BCA	0.72	(+) 20.00%
Adobe patrón +3.0% BCA	1.36	(+)126.67%

Se observa que el adobe patrón obtuvo un porcentaje de succión del 0.60%, mientras que, las muestras de adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar aumentaron su succión a mayor dosificación.

OE2: Para la realización del ensayo de variación dimensional y alabeo se utilizó como base la norma NTP 331.202 y INTITEC 331.017, teniendo en cuenta sus requisitos y parámetros establecidos con incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%

TABLA V

RESUMEN DEL ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL EN EL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA)

Denominación	Var.Largo (%)	Var.Ancho (%)	Var.Altura (%)
Adobe patrón	0.69	0.93	1.62
Adobe patrón + 0.5% BCA	0.23	0.83	0.90
Adobe patrón + 1.0% BCA	0.71	0.85	1.54
Adobe patrón + 2.0% BCA	0.53	0.70	1.11
Adobe patrón + 3.0% BCA	0.22	0.82	1.19

Se observa que la variación dimensional del adobe patrón y de los adobes con la incorporación de bagazo de caña de azúcar cumplen con la normativa NTP 331.017

Ensayo de alabeo del adobe patrón y adobe con incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%. Para este ensayo se tuvo como

base las normas NTP 339.613 y INTITEC 331.017, cumpliendo sus requerimientos y parámetros permitidos.

TABLA VI

RESUMEN DEL ENSAYO DE ALABEO EN EL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA)

Denominación de muestras	Alabeo máximo (mm)
Adobe patrón	7.10
Adobe patrón + 0.5% BCA	8.15
Adobe patrón + 1.0% BCA	7.55
Adobe patrón + 2.0% BCA	7.20
Adobe patrón + 3.0% BCA	8.15

Se observa que el alabeo máximo en todas las muestras de adobe tanto patrón como con la incorporación de bagazo de caña de azúcar obtienen valores menores a 10 mm como lo especifica la norma INTITEC 331.017, cumpliendo con dichos requisitos.

OE3: Para la realización del ensayo de resistencia al desgaste por goteo se basó en la normativa española UNE 41410, donde se establece el tiempo y profundidad de desgaste por erosión permitida para las muestras. Del ensayo de desgaste por goteo del adobe patrón y adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0% se encontró:

TABLA VII

RESUMEN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE POR GOTEO DEL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA).

Denominación de muestras	Profundidad de perforación promedio (mm)	Variación (%)
Adobe patrón	13.51	
Adobe patrón + 0.5% BCA	11.52	14.73
Adobe patrón + 1.0% BCA	10.40	23.02
Adobe patrón + 2.0% BCA	9.33	30.94
Adobe patrón + 3.0% BCA	7.07	47.67

Se muestra los valores promedio de la profundidad de perforación obtenida del ensayo de la resistencia al desgaste por goteo del adobe patrón y adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar, obteniendo su menor valor de 7.07 mm con la dosificación de adobe patrón con 3.0% de bagazo de caña de azúcar.

OE4: Para el ensayo de resistencia a compresión en cubos y muretes se realizó según la norma E0.80, la cual establece los parámetros de resistencia mínima y dimensiones de las muestras. del ensayo de resistencia a compresión en cubos del adobe patrón y adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%.

TABLA VIII

RESUMEN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CUBOS DEL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA).

Denominación de muestras	Prom. (kg/cm ²)	Variación (%)	Des.Est (kg/cm ²)	Coef. De var. (%)
Adobe patrón	12.99		0.57	4.39
Adobe patrón+0.5% BCA	14.53	11.86	0.32	2.19
Adobe patrón+1.0% BCA	16.15	24.33	0.76	4.72
Adobe patrón+2.0% BCA	19.35	48.96	0.57	2.92
Adobe patrón+3.0% BCA	18.13	39.57	0.37	1.67

se observa que el mayor valor obtenido es de 19.35 kg/cm² correspondiente al adobe patrón con la incorporación de 2.0% de bagazo de caña de azúcar, asimismo, los valores obtenidos en desviación estándar son menor a 14.20 kg/cm² y en coeficiente de variación menor al 10% indicando un excelente grado de control y precisión en las pruebas de laboratorio.

Ensayo de resistencia a compresión en muretes del adobe patrón y adobe con incorporación de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 2.0% y 3.0%.

TABLA IX

RESUMEN DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN MURETES DEL ADOBE PATRÓN Y ADOBE CON LA INCORPORACIÓN DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (BCA).

Denominación de muestras	Prom. (kg/cm ²)	Variación (%)	Des.Est (kg/cm ²)	Coef. De var. (%)
Adobe patrón	1.09		0.03	2.90
Adobe patrón+0.5% BCA	1.12	2.75	0.03	2.57
Adobe patrón+1.0% BCA	1.26	15.60	0.05	3.59
Adobe patrón+2.0% BCA	1.35	23.85	0.04	3.22
Adobe patrón+3.0% BCA	1.06	2.75	0.05	4.82

Se observa que el mayor valor obtenido es de 1.35 kg/cm² correspondiente al adobe patrón con la incorporación de 2.0% de bagazo de caña de azúcar, asimismo, los valores obtenidos en desviación estándar son menor a 14.20 kg/cm² y en coeficiente de variación menor al 10% indicando un excelente grado de control y precisión en las pruebas de laboratorio.

IV. DISCUSIÓN

Se consideró como objetivo específico determinar el comportamiento de las propiedades de absorción y succión del adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar, dichas propiedades son muy significativas y son definidas por Condori y Solano [19] como una propiedad que está vinculada al tamaño y distribución de los poros en la matriz del adobe. De los resultados obtenidos en la presente investigación, se

observó que a medida que aumentaba la incorporación de bagazo de caña en el adobe la absorción crecía conjuntamente, teniendo un incremento máximo con respecto al adobe patrón del 31.25% con la mayor dosificación, del mismo modo, la propiedad de succión en el adobe siguió la misma tendencia que la absorción cuando se le incorporaba bagazo de caña obteniendo un incremento máximo del 126.67% con respecto al adobe patrón. Los resultados coinciden con la investigación de Araya-Letelier y otros [3], quienes estudiaron la incorporación de fibra de yute en el adobe, descubriendo en sus resultados que la absorción aumentaba producto de la incorporación de la fibra por los espacios generados en la matriz del adobe y la propia absorción de la fibra, esto se reafirma por Ratchakrom y Rodvinij [4] cuya investigación consistió en analizar el comportamiento mecánico del adobe con fibra de jacinto, observando que en la realización del ensayo de absorción las unidades de adobe no soportaron al sumergirse en agua durante 24 horas. De la contrastación de los antecedentes con la presente investigación se demuestra que la incorporación de fibras en el adobe muestra una tendencia a absorber una mayor cantidad de agua propio de su naturaleza.

En este objetivo específico se planteó determinar el comportamiento de la variación dimensional y alabeo del adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar, estas propiedades son esenciales para la determinación del espesor de las juntas de mortero y definir la concavidad de la albañilería para evitar la disminución de la resistencia de los muros [20] [21]. Los resultados mostraron que la variación dimensional del adobe disminuyó con la incorporación de bagazo de caña de azúcar teniendo un comportamiento más equilibrado con la dosificación del 2.0% cuya variación dimensional fue de 0.53% de largo, 0.70% de ancho y 1.10% de altura, en tanto, en el ensayo de alabeo del adobe se observó que la dosificación del 2.0% de bagazo de caña de azúcar brindó un mejor comportamiento obteniendo un alabeo de 7.20 mm. Los resultados muestran la misma tendencia que lo investigado por Correa y Puican [22] quienes estudiaron las propiedades del adobe con la incorporación de fibra de cabuya y PET, y cuyos resultados del análisis individual de la incorporación de fibra de cabuya en el adobe con una dosificación óptima del 1.25%, observo que la variación dimensional y alabeo disminuían, obteniendo una variación de 2% para el largo, 5% para el ancho y 10% para el alto y un alabeo de 1.67 mm. Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación evidencian que la incorporación de fibras naturales mejora la unión de partículas de la mezcla de suelo, haciendo que sea más compacta y uniforme.

Se planteó como objetivo específico determinar el comportamiento de resistencia al desgaste por goteo del adobe incorporando bagazo de caña de azúcar, este busca determinar si la muestra de adobe es resistente a la erosión, dado que uno de los principales problemas de los elementos producidos a base de suelo tiene una reducida resistencia al agua dada por las lluvias e inundaciones [10]. Para la realización de este ensayo se fundamentó de la normativa UNE 41410 [11] Los

resultados mostraron que las muestras de adobe patrón y del adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar en 0.5% y 1.0% no superaron la prueba dado que la erosión producida en dichas muestras era mayor a 10 mm, mientras que, el adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar en 2.0% y 3.0% superaron la prueba, obteniendo una disminución de profundidad de perforación del 30.94% y 47.67% con respecto al adobe patrón. Los resultados expuestos siguen la misma tendencia a lo investigado por Araya-Letelier et al y otros [3] quienes estudiaron la incorporación de fibra de yute en el adobe en dosificaciones de 0.5% y 2.0%, donde obtuvieron como resultado que la profundidad de erosión hídrica disminuyó en un 93% y 92% respectivamente. De lo observado se evidencia que la incorporación de fibra en el adobe brinda una mejor resistencia a la erosión dado que hace que las partículas de suelo tengan una mejor cohesión.

Se consideró como objetivo determinar el comportamiento a resistencia a la compresión en cubos y muretes de adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar, para la realización de este ensayo se fundamentó en la norma E 0.80 de diseño y construcción con tierra reforzada. Los resultados mostraron que el adobe ganaba mayor resistencia a medida que la incorporación de bagazo de caña aumentaba, teniendo como dosificación óptima el 2.0%, alcanzando un incremento del 48.96% y 23.85% para cubos y muretes de adobe con respecto al adobe patrón. Los resultados presentes en la investigación siguen la tendencia de mejorar las propiedades mecánicas del adobe con la incorporación de bagazo de caña de azúcar, pero varían en cuanto a la dosificación óptima como lo expuesto por Salih y otros [5] obtuvo una mejora de resistencia a la compresión del 78.70% en cubos de adobe con una dosificación óptima del 5.0% de bagazo de caña de azúcar, asimismo, esta tendencia se reafirma con lo obtenido por López y otros [6] que en su investigación estudio las propiedades mecánicas del adobe con la incorporación de fibra de cabuya, obteniendo una mejora en resistencia a compresión del 40% con una dosificación de 1.75%, siendo este valor más cercano al obtenido en la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] CENEPRED. Informe de Evaluación del riesgo por inundación pluvial por lluvias intensas en el área urbana del distrito de Mórrope - Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque. *sigrid.cenepred.gob.pe*. [En línea] 05 de mayo de 2017. http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/4097_informe-de-evaluacion-del-riesgo-por-inundacion-pluvial-por-lluvias-intensas-en-el-area-urbana-del-distrito-de-morrope-provincia-de-lambayeque-departa.pdf. 2017.
- [2] INDECI. Lluvias Intensas en el Distrito Mórrope - Lambayeque. *indec.gob.pe*. [En línea] 04 de mayo de 2022. <https://portal.indec.gob.pe/wp-content/uploads/2022/05/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-4473-11MAY2022->

LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DISTRITO-DE-M%C3%93RROPE-LAMBAYEQUE-2.pdf. 2022.

- [3] Araya-Letelier, G, et al., *Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers*. Construction and Building Materials, Vol. 276, pág. 122127.2021.
- [4] Ratchakrom, Chotikan Y Rodvinij, Pisut, *Mechanical behavior of adobe bricks reinforced with water hyacinth fiber*. 85. International Journal of GEOMATE, Vol. 21, págs. 10-16.2021.
- [5] Salih, Mahgoub, et al. *Constitutive models for fibre reinforced soil bricks*. Construction and Building Materials, Vol. 240, pág. 117806. 2020.
- [6] Lopez, Ximena, et al., 2019. *Benefits of cabuya fiber in the mechanical properties of compacted adobe*. 8943685, 2019, 2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC), págs. 455 - 460.2019.
- [7] Ordoñez, Deny, et al., *Influence of PET Fibers on Compressive Strength, Water Absorption Percentage and Density of Adobe* 2022, Key Engineering Materials, Vol. 913, págs. 119 - 124. 2022.
- [8] Dao, Kalifala, et al. *Thermal, hydric and mechanical behaviours of adobes stabilized with cement*. 2018, Construction and Building Materials , Vol. 158, págs. 84–96. 2018.
- [9] E 080, Diseño y Construcción con tierra reforzada. *cdn-web.construccion.org*. [En línea] 05 de abril de 2017. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E.080.pdf. 2017.
- [10] Ouedraogo, K, et al., 2020. *Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant?* Construction and Building Materials, Vol. 236, pág. 117578. 2020.
- [11] UNE 41410. Bloques de tierra comprimida para muros y tabique: Definición, especificaciones y método de ensayo. <http://www.bioarkiteco.com/>. [En línea] 2008. http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une_414102008.pdf. 2008
- [12] Sharma, Sajan Y Gurdaspur, Punjab. *Partial replacement of cement with sugarcane bagasse ash in concrete*. 4. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, Vol. 4, págs. 87-93. 2455-2143. 2019.
- [13] Talavera-Pech, W, et al. *Improvement in the Carbonation Resistance of Construction Mortar with Cane Bagasse Fiber Added*. 8, 2021, Materials, Vol. 14, pág. 2066. 2021.
- [14] Kumar, Nitin Y Barbato, Michele, *Effects of sugarcane bagasse fibers on the properties of compressed and stabilized earth blocks*. Construction and Building Materials, Vol. 315, pág. 125552. 2022.
- [15] Ramlee, N, et al., *Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites*. 4, 2019, Journal of Materials Research and Technology, Vol. 8, págs. 3466-3474. 2019.
- [16] MISHRA, S y ALOK, S. *Handbook of Research Methodology: A Compendium for Scholars & Researchers*. Delhi: eBooks2go Incorporated, 2017. 978-1-5457-0340-3.2017
- [17] Hernández-Sampieri, Roberto Y Mendoza, Christian, *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: Mcgraw-Hill Interamericana, 2018. 978-1-4562-6096-5.2018.
- [18] Baena, Guillermina, *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: 3a. ed., 2017.
- [19] Condori, Anylu Y Solano, Yair, *Influencia de la fibra de maguey en la compresión, tracción y absorción del adobe*". Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica: s.n., 2019. Para optar el título profesional de Ingeniero Civil.2019.
- [20] Apaza, Alfredo, *Calidad de propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de 18 huecos comercializados en el distrito de Juliaca -2021*". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad César Vallejo. Lima: s.n., 2021. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.2021.
- [21] Briceño, Leslie Y Marcos, Angel, *Efecto del porcentaje de la fibra tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional del adobe, Trujillo, 2018*. Facultad de Ingeniería, Universidad César Vallejo. Trujillo: s.n. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero Civil. 2019.
- [22] Correa, Alex Y Puican, Paulo, *Caracterización física y mecánica del adobe incorporando fibras de cabuya y polímero reciclado PET en la ciudad de Ferreñafe, Lambayeque*. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad César Vallejo. Chiclayo: s.n. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. 2021.
- [23] Abanto, G. A., Karkri, M., Lefebvre, G., Horn, M., Solis, J. L., & Gómez, M. M. (2017). *Thermal properties of adobe employed in Peruvian rural areas: Experimental results and numerical simulation of a traditional bio-composite material*. *Case Studies in Construction Materials*, 6, 177–191. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.02.001>
- [24] Serrano, S., Barreneche, C., & Cabeza, L. F. (2016). *Use of by-products as additives in adobe bricks: Mechanical properties characterisation*. *Construction and Building Materials*, 108, 105–111. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.044>
- [25] Muñoz, P., Letelier, V., Muñoz, L., & Bustamante, M. A. (2020). *Adobe bricks reinforced with paper & pulp wastes improving thermal and mechanical properties*. *Construction and Building Materials*, 254, 119314. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>
- [26] Bock-Hyeng, et al. *Mechanical Properties of Sustainable Adobe Bricks Stabilized With Recycled Sugarcane Fiber Waste*. https://www.ijera.com/papers/Vol6_issue9/Part-3/G0609035059.pdf