



## ESTUDIO DEL JUNCO PARA USO EN MALLA COMO REFUERZO EXTERNO EN MUROS DE TIERRA

Luis Bryan Terrones Chumpitaz<sup>1</sup>, María Teresa Méndez Landa<sup>2</sup>, Juan Carlos Gonzales Levano<sup>3</sup>

Centro de Estudios para Comunidades Saludables, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, <sup>1</sup>lbterrone@hotmail.com;

<sup>2</sup>maria.mendezl@urp.edu.pe; <sup>3</sup>jkma3005@gmail.com

**Palabras clave:** junco, ensayos a tracción, trenza de junco, refuerzo externo en muros

### Resumen

La tierra es el material más usado en construcción por su bajo costo y adecuación medio ambiental, motivo por el cual el 35% de viviendas rurales en Perú son de tierra. Debido al alto grado de vulnerabilidad sísmica de Perú, los últimos sismos en la Costa Sur causaron el colapso de muchas edificaciones en tierra, con pérdidas materiales y humanas; como consecuencia, la Norma E.080 recomienda usar refuerzos externos a muros de adobes. El estudio tuvo como objetivo diseñar una malla de fibra vegetal nativa (junco) para refuerzo externo en muros de adobe que responda a los requerimientos sismorresistentes. Se propone como técnica una constructiva sustentable, basada en las propiedades físicas y los parámetros mecánicos de la fibra vegetal, analizada en diversas formas: fibra, trenza y malla, mediante pruebas sucesivas. Se ha empleado un método experimental. Las muestras de fibras vegetales fueron ensayadas a tracción: primero se realizaron ensayos por fibra y luego a distintas configuraciones de trenza (incrementando cantidad de fibras por trenza) para ser usadas posteriormente en el diseño de una malla. En las fibras de junco con 5 meses de edad se obtuvo resistencias a tracción de 25,29 MPa con una elongación de 1,51%, y para edades de 8 meses tuvo una resistencia de 41,18 MPa con una elongación de 1,98%. Para trenzas de 3 fibras se obtuvo cargas máximas de 34,65 kgf y una elongación de 12,39% para trenzas de 7 fibras se obtuvo cargas máximas de 67,78 kgf y una elongación de 13,83%.

### 1. INTRODUCCIÓN

La tierra es el material de construcción más empleado, por su bajo costo y bondades medio ambientales. En el Perú se cuenta con restos arqueológicos de épocas preincas, los cuales se encuentran hasta la fecha sin mostrar daños significativos, siendo la admiración del mundo. Datos estadísticos muestran que aproximadamente el 35% de las edificaciones rurales del Perú son construidas con tierra; lamentablemente, el país tiene un alto grado de sismicidad debido a su ubicación geográfica, por lo que los últimos sismos en el Sur del país generaron el colapso de muchas edificaciones en tierra, ocasionando pérdidas materiales y de vida. Problema causado debido a que la técnica tradicional de construcción en tierra y en especial con adobe se ha ido perdiendo las técnicas en el tiempo, bajo la influencia de sistemas constructivos modernos, confundiéndose los principios de comportamiento de los sistemas ancestrales e incrementando su vulnerabilidad sísmica.

Como consecuencia, ha sido modificada la norma de construcción en tierra E.080 (2017, p.14), mencionando en cuanto a refuerzos y conexiones:

- a) La conexión entre el muro y la cimentación debe realizarse uniendo las mallas de refuerzo de los muros al sobrecimiento.
- b) La conexión entre el muro y el techo debe realizarse amarrando los muros y vigas collares con las mallas de refuerzo de los muros y luego clavando o amarrando las vigas collares a las vigas principales o tijerales del techo.
- c) Los refuerzos deben cumplir lo indicado en el numeral 6.10 del artículo 6.

Con el fin de encontrar una alternativa de solución, se plantea desarrollar un sistema de refuerzos para muros de adobe, que responda a los requerimientos sismorresistente de la Norma E.080 (2017), considerando la identidad cultural, hábitat, medio ambiente y salud.

Se propone el diseño de una malla de tejido de fibra vegetal nativa, junco (*Schoenoplectus americanus*), para su empleo como refuerzo externo en muros de adobe y, cuyas características deberán cumplir con los requerimientos sismorresistente de la norma actual (E.080 2017, p.6). Para su elaboración se requiere el estudio de las propiedades y comportamiento de la fibra, a fin de estandarizar sus características. Se ha considerado el junco como el material más apropiado para su utilización en refuerzo de muros de adobe, debido al empleo de fibras vegetales en culturas peruanas ancestrales (Shicras de Caral<sup>1</sup>).

El presente trabajo se basa en un estudio realizado el año 2010 por el Centro de Estudios para Comunidades Saludables (CECOS-BRIGURP), acorde al Anexo 1 de la norma E.080 vigente hasta el año 2017, en el cual se propuso la configuración de una malla de junco para refuerzo en construcciones de adobe (Méndez et al., 2010). El proyecto contó con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)

El presente estudio abre un nuevo campo orientado hacia el empleo de fibras vegetales nativas en campos relacionados a la industria de la construcción. Así también, incentiva la industria con materiales vegetales en Perú, promoviendo la ciencia de materiales naturales y una industria sustentable, una de cuyas metas es su empleo para reforzamiento estructural tanto en edificaciones de adobe, como en mejoramiento y estabilización de taludes. Permite proponer una metodología de trabajo multidisciplinario para el estudio de cualquier fibra vegetal que requiera de hallar sus especificaciones técnicas para su posible empleo en la industria.

El objetivo del trabajo es hallar las características de la fibra de junco para ser usada en un tejido en malla para ser empleada como refuerzos externos en muros de tierra, basado en técnicas constructivas ancestrales del Perú como una técnica innovativa de constructiva sustentable

### **Marco Teórico**

Como mencionan Arteaga, Medina y Gutiérrez (2011, p.67) “los materiales que emplean tierra perdurarán en la construcción, por su economía, porque son resistentes –con un estudio del material y la estructura, y con un diseño coherente–, y porque la tierra es un material abundante, reciclable y productivo”. Asimismo, Serrano (2016. p.1) menciona que, “la ausencia de refuerzo sísmico en las viviendas de adobe construidas de manera tradicional se ha convertido en un problema de difícil solución, que ocasiona que millones de personas vivan en condiciones de vulnerabilidad sísmica inaceptables”.

Las técnicas actuales sobre reforzamiento de adobe han aumentado en los últimos años. Se ha realizado propuestas con cuerdas de nylon (Blondet et al., 2013; Sarmiento, 2016), malla electrosoldada (Blondet; Villa García; Svetlana, 2003), fibras de henequén (Torres, 2016), geomalla (Solís et al., 2015), entre otras.

La geomalla es la que presenta mejores resultados estructurales, sin embargo, la poca accesibilidad a este material en comunidades rurales impide la asimilación masiva de la geomalla como refuerzo sísmico para viviendas de adobe (Blondet; Aguilar, 2007)

Asimismo, la mayoría de los materiales que se propone en la actualidad no son oriundos de la zona, lo que no lo hace asequible al poblador ni tampoco sustentable por ser un material polimérico (en el caso de la geomalla).

Cabe señalar que uno de los peligros en construcciones de adobe es que, ante movimientos sísmicos, las unidades de adobe pueden desprenderse y caer a los pobladores. Lo que va en contra de la filosofía de ingeniería sismorresistente, la cual indica que: “a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños

---

<sup>1</sup> Las shicras son bolsas tejidas con mallas de soguillas a las que rellenan con piedras. Fueron creadas con materiales locales y accesibles. Esto permitió que fueran utilizadas por distintas generaciones posteriores a Caral, a lo largo de la costa peruana. Alrededor de 400 km de longitud abarcó el uso de shicras rellenas con piedras como cimentación de las construcciones masivas (Ortiz, 2018, p.12)

importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto” (Norma E.030, 2016, p. 576295).

Torres (2016), usando SAP200<sup>2</sup>, realizó simulaciones virtuales de muros de tierra reforzado externamente con la fibra natural del henequen (*Agave fourcroydes* Lem.) y menciona que “la fibra natural es un buen elemento que ayuda y complementa el trabajo del adobe, ya que le provee mayor ductilidad y rigidez lateral para resistir mejor la acción en tracción producida en un movimiento telúrico” (p.6).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Juncus

Martínez, (1989, p.7) indica que “las plantas acuáticas emergentes (carrizos, juncos, eneas, etc.) son plantas anfibas que viven en aguas poco profundas, arraigadas en el suelo, y cuyos tallos y hojas emergen fuera del agua”. Asimismo, Aponte (2009, p.39) afirma que “*Schoenoplectus americanus* es una especie perenne [..], los tallos pueden llegar hasta 1,5 m, son erectos, cespitosos, lisos, agudamente trígonos”.

#### a) Características físicas de una fibra de junco

Se analizó la microestructura del junco en estudio, para ello se obtuvo fotografías super macro de la sección transversal y longitudinal con cámara fotográfica Olympus SZ-30MR.

La anatomía y fisiología del tallo determinan las propiedades estructurales y físicas, respectivamente. Las sustancias químicas que componen estas estructuras determinan las propiedades observables tales como la elasticidad, la tensión, entre otras (figuras 1 y 2).

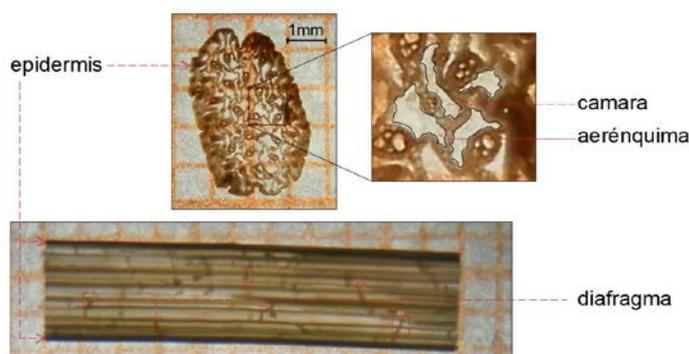


Figura 1. Microestructura de sección transversal y longitudinal de un tallo de junco en estudio (crédito: L. B. Terrones, 2019)

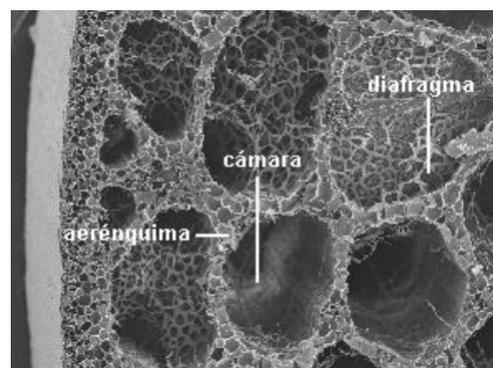


Figura 2. Transcorte de tallo de junco (<http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Tema11.pdf>, p.224)

Arbo (2019, p.224) afirma sobre la microestructura del junco que, “las cámaras están dispuestas a lo largo del tallo y del pecíolo. Están atravesadas perpendicularmente por placas transversales de pocas células de espesor llamadas diafragmas, que al mismo tiempo que dan mayor solidez a la estructura”.

En una primera etapa se estudiaron 14 muestras compradas en el distrito de Surco con edad aproximada de 5 meses. Posteriormente se estudiaron 38 muestras obtenidas del juncal Albufera de Medio Mundo<sup>3</sup> con una edad aproximada de 8 meses.

<sup>2</sup> SAP2000, software comercial de cálculo estructural basado en el método de elementos finitos con interface gráfica 3D, orientado a objetos.

<sup>3</sup> Albufera de Medio Mundo es una laguna costera de agua salobre ubicada en el distrito de Végueta, provincia de Huaura, departamento de Lima en Perú. Corresponde a uno de los juncuales más importantes de la costa peruana. Actualmente está protegido como área de conservación regional mediante D.S. N° 006-2007-AG.

La longitud de los tallos de estas muestras midió aproximadamente entre 1,2 m (Surco) a 1,5 m (Albufera de Medio Mundo). Dado que, para poder ser ensayadas las muestras, estas deben medir entre 20 y 30 cm aproximadamente, por lo cual se optó por dividir el tallo en 3 partes: base, medio y punta, ello con el objetivo de evaluar la diferencia de resistencia en cada segmento del tallo.

De tal manera se obtuvo las muestras para fibras (F) y muestras para trenzas (T). Para las muestras de trenzas se realizó el tejido en diferentes cantidades de fibras: 3, 4, 5, 6 y 7 fibras, para no complicar el proceso constructivo (tabla 1).

Tabla 1 Variables analizadas de la fibra y trenza de junco

Tipo	N° Fibras	Estado	Grosor visual	Ubicación	Calidad
Fibra (F)	no aplica (-)	no aplica (-)	delgado (D)	base (B)	Sin daños (S)
			grueso (G)	medio (M)	1 daño (1)
				punta (P)	2 daño (2)
Trenza (T)	3 fibras (3)	Entero (E)	Delgado (D)	base (B)	Sin daños (S)
	4 fibras (4)	1 empalme (1)	Grueso (G)	medio (M)	1 daño (1)
	5 fibras (5)	2 empalme (2)		punta (P)	2 daño (2)
	6 fibras (6)				
	7 fibras (7)				

Nomenclatura de muestra M=F-DM(1), lo cual indica: una muestra de fibra delgada obtenido de la zona media del tallo y presenta daño 1

Para calcular el área neta de la sección se descontó el área de las cámaras, ya que presentan vacío y no aporta rigidez a su microestructura, para ello se tomó fotografías usando el microscopio Leica CME<sup>4</sup>, con cámara Leica EC3 Camera (figura 3). Se usó el software libre ImageJ<sup>5</sup> para seleccionar y medir las áreas brutas y áreas de vacíos.

Como metodología para obtener dichas áreas se obtuvo las áreas de ambos extremos de la muestra, adicionando al nombre de la muestra el sufijo "s" si era el extremo superior y el sufijo "i" si era el extremo inferior, obteniéndose 12 secciones por cada muestra, 6 para cada extremo y siendo el área el promedio de dichas secciones. Posteriormente se calculó el esfuerzo considerando el área neta y área bruta para estudiar su relación.

<sup>4</sup> El microscopio Leica CME usado fue prestado por el Laboratorio de parasitología de la Facultad de Biología de la Universidad Ricardo Palma (URP).

<sup>5</sup> "ImageJ es un programa de procesamiento de imágenes Java de dominio público inspirado en NIH Image para Macintosh" (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>), fue desarrollado en el National Institutes of Health.

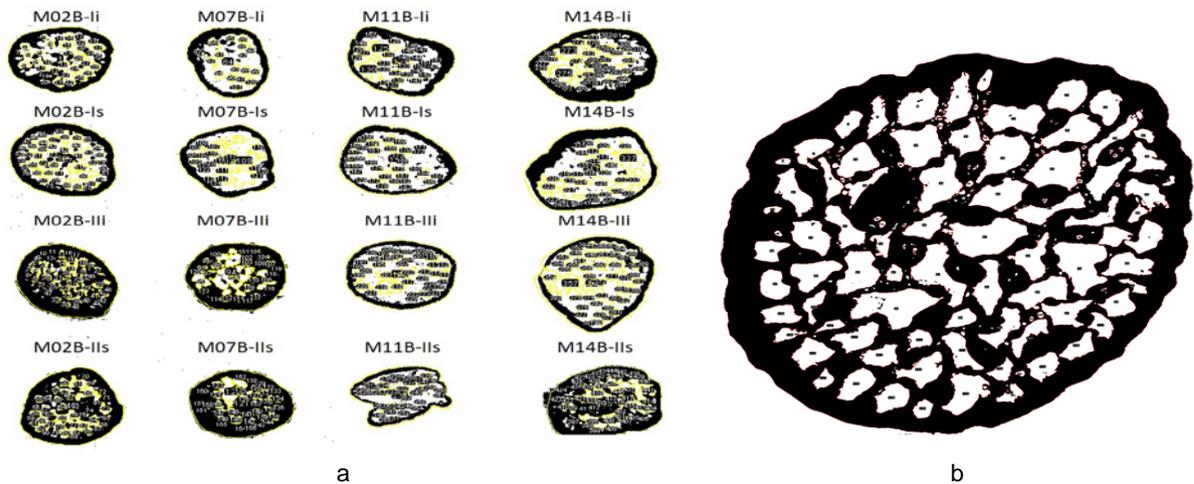


Figura 3. a) Secciones transversales de muestras de junco; b) Sección transversal de una muestra (crédito: L. B. Terrones, 2019)

De la figura 4a se observa que el área es aproximadamente constante a lo largo del tallo considerando la misma edad de las muestras (5 meses), sin embargo, como indica la figura 4b hay un incremento del porcentaje de vacíos proporcional a la edad.

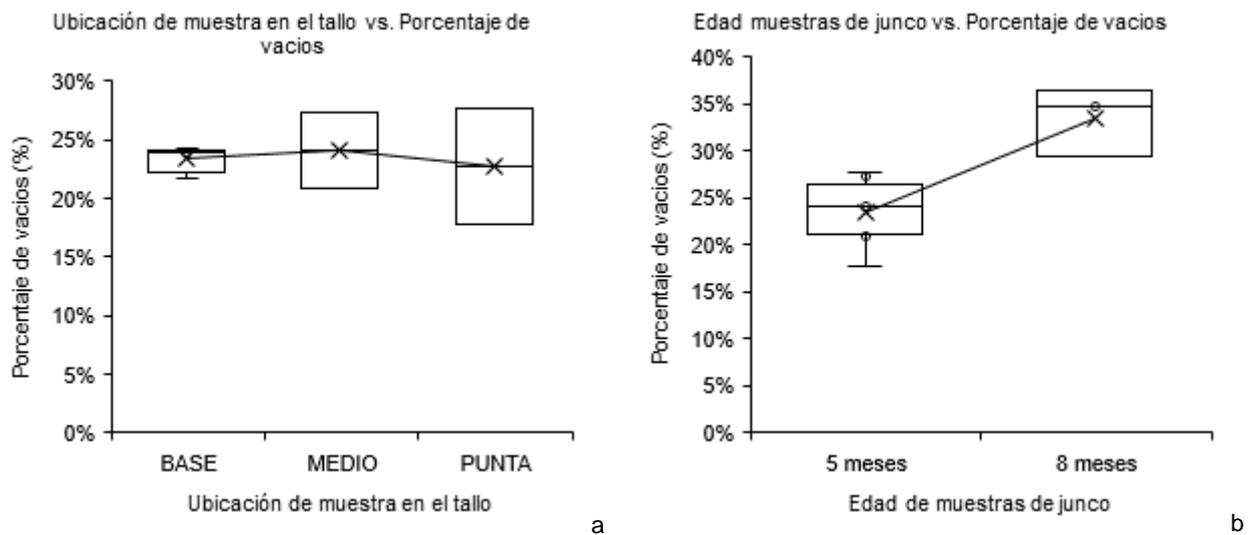


Figura 4. a) Ubicación de muestra en el tallo versus porcentaje de vacíos para muestras de 5 meses; b) Edad muestras de junco versus porcentaje de vacíos

**b) Características mecánicas de una fibra de junco**

Al no encontrarse normas ni guías para ensayo a tracción de fibras orgánicas, se tomó como referencia la norma de plásticos ASTM D638-14 (2014). Para la realización del ensayo se aplicó una velocidad de 20mm/min, para lo cual se empleó una máquina de tracción universal Zwick / Roel Z010 del Laboratorio de Ciencias Naturales (LABICER) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

En la mayoría de los ensayos a tracción, la fibra se rompió donde previamente habría sufrido un doblez que dejó marca, esto debido a la manipulación, tal como transporte, trenzado, etc. (figura 5).

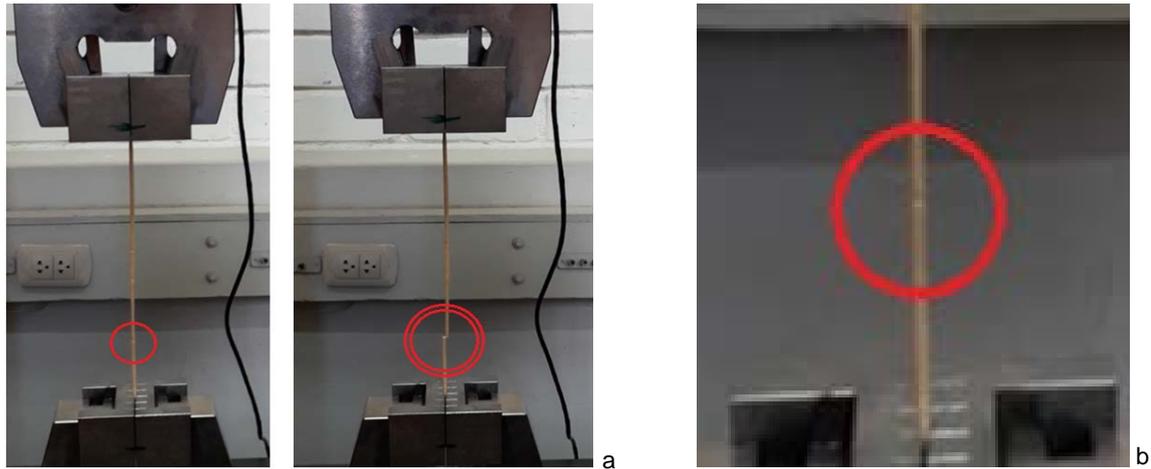


Figura 5. a) Ensayo a tracción de muestras de fibras de junco; b) Detalle de daño previo (crédito: L. Terrones, 2019)

Se realizaron las pruebas de esfuerzos a las muestras de Surco. Posteriormente se hizo una evaluación solo a carga máxima con las muestras obtenidas de Albufera de Medio Mundo. Asimismo, se adicionó la característica grosor visual, variable usada entre los artesanos, la cual fue adoptada para poder clasificar las muestras a ensayar. Finalmente se calculó el área bruta y el área neta.

En la tabla 2 se muestran los resultados de las muestras ensayadas, tales como resistencia máxima, carga máxima, para muestras obtenidas de Surco y Albuferas.

Tabla 2 Resultados finales para las fibras de junco

Muestra	F máx (kgf)	Elongación (%)	Area bruta (mm <sup>2</sup> )	Area neta (mm <sup>2</sup> )	Vacios (%)	Resistencia a tracción (MPa)
Surco (5 meses)	8,38±1,23	1,51±0,44	4,31±0,74	3,3±0,54	23,41±3,29	25,29±4,22
Albuferas (8 meses)	17,00±3,81	1,98±0,63	6,09±0,62	4,06±0,47	33,44±3,71	41,18±8,15

La figura 6 confirma que la edad de la planta para su cosecha es determinante para obtener la carga máxima de rotura, llegando a ser de 8,38 kg para muestras de 5 meses y 17,00 kg para muestras de 8 meses.

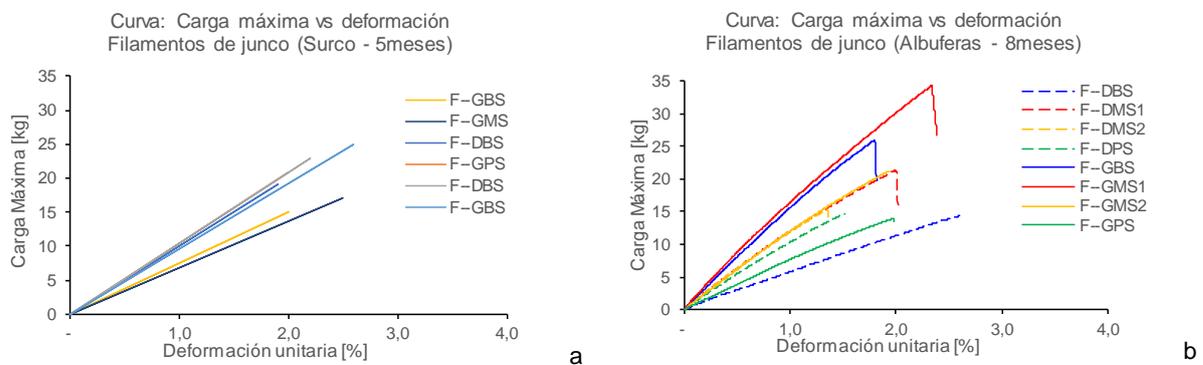


Figura 6. Curva carga máxima versus deformación a) Muestras de Surco con edad de 5 meses; b) Muestras de Albuferas con edad de 8 meses

La tabla 2 y la figura 7 muestran que la resistencia a la tracción de las fibras aumenta conforme aumenta su edad, alcanzando el valor de 25,29 MPa para muestras de 5 meses y 41,18 MPa para muestras de 8 meses, sin embargo, la elongación es casi constante siendo 1,51% para muestras de 5 meses y 1,98% para muestras de 8 meses.

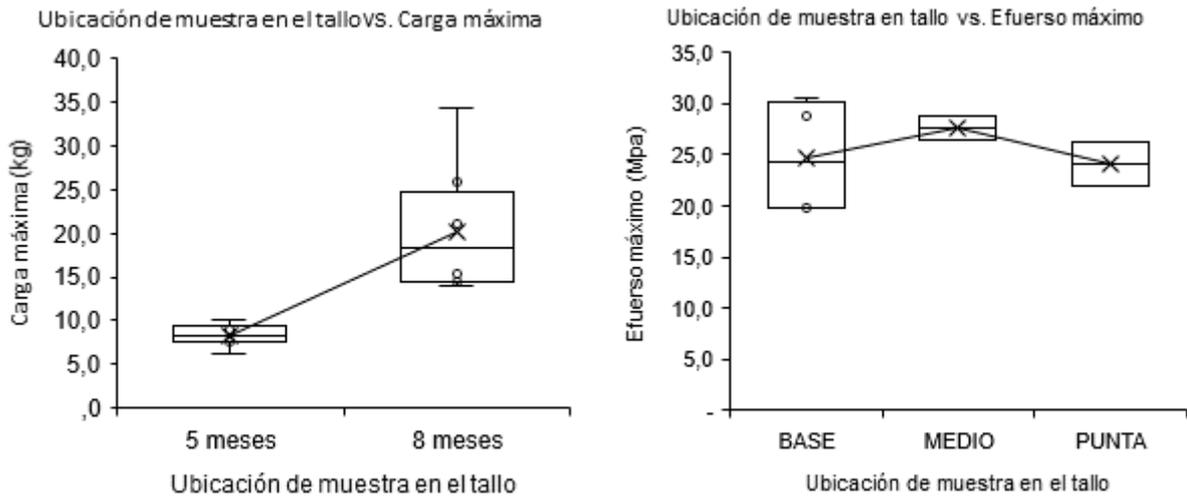


Figura 7. a) Ubicación de muestras en los tallos versus carga máxima por edad; b) Ubicación de muestras en los tallos vs esfuerzo a tracción, para muestras de 5 meses

**c) Características físicas de una trenza de junco**

Se calculó el área bruta de la trenza siguiendo los contornos de las fibras que la conforman (figura 8). Para fines prácticos no se consideró los porcentajes de vacío de los canales, debido a que, por el armado de trenzas, las fibras se comprimen y los vacíos son casi despreciables. Al área bruta solo se restó las áreas de vacío entre fibras teniendo como resultante un área neta tentativa (área neta').



Figura 8. Trenza ensayadas de Surco con 5 meses de edad (crédito: L. B. Terrones, 2019)

**d) Características mecánicas de una trenza de junco**

Las muestras de trenzas obtenidas de Surco se ensayaron a tracción obteniéndose las curvas esfuerzo versus deformación (figura 9) y cuyos resultados son mostrados en la tabla 3.

Dado que las 6 muestras de trenza de Surco no aportaron datos muy relevantes y tenían características muy arbitrarias se decidió evaluar 30 muestras de trenzas procedentes de la muestra de Albuferas. En la figura 10 muestra las curvas de carga máxima versus deformación de algunas muestras ensayadas y cuyos resultados de los ensayos son mostrados en la tabla 4.

Tabla 3. Resultados de los ensayos a tracción de trenza de junco a edad de 5 meses (Surco)

MUESTRA	F máx (kg)	Elongación (%)	Area bruta (mm²)	Area neta' (mm²)	Resistencia a tracción (MPa)
T51GAS	20,64	10,22	26,10	25,90	7,82
T61GAS	32,78	13,31	25,00	24,50	13,12
T61GAS	35,58	12,82	25,30	25,20	13,85
T61GAS	40,49	10,59	24,90	24,50	16,21
T81DAS	33,82	12,09	25,70	25,00	13,27
T81DAS	27,96	10,87	24,40	23,50	11,67
Surco (5 meses)	31,88±6,84	11,65±1,27	25,23±0,61	24,77±0,81	12,65±2,79

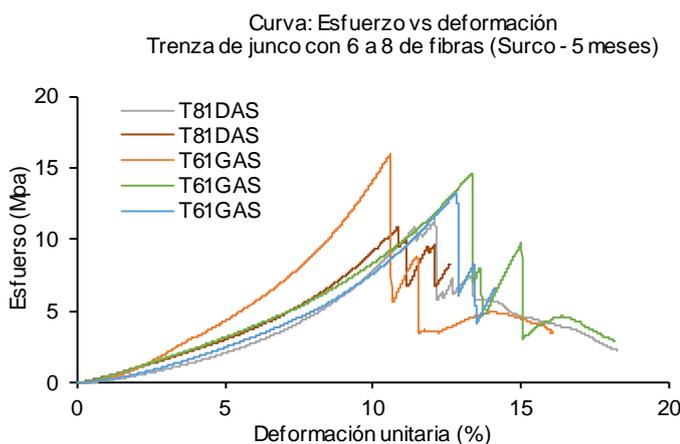


Figura 9. Curva esfuerzo versus deformación de la trenza de junco con 6 a 8 de fibras (Muestras de Surco – 5 meses)

Tabla 4. Resultados de los ensayos a tracción de trenza de junco a edad de 8 meses (Albuferas)

Nº de fibras por trenza	Estado	Carga máxima (kgf)	Elongación (%)
3 F	Entero	34,65±8,69	12,39±5,65
4 F	Entero	36,64±14,19	14,45±3,29
5 F	Entero	53,25±19,99	11,36±2,24
6 F	Entero	60,68±7,91	14,97±2,30
7 F	Entero	67,78±18,46	13,83±3,84

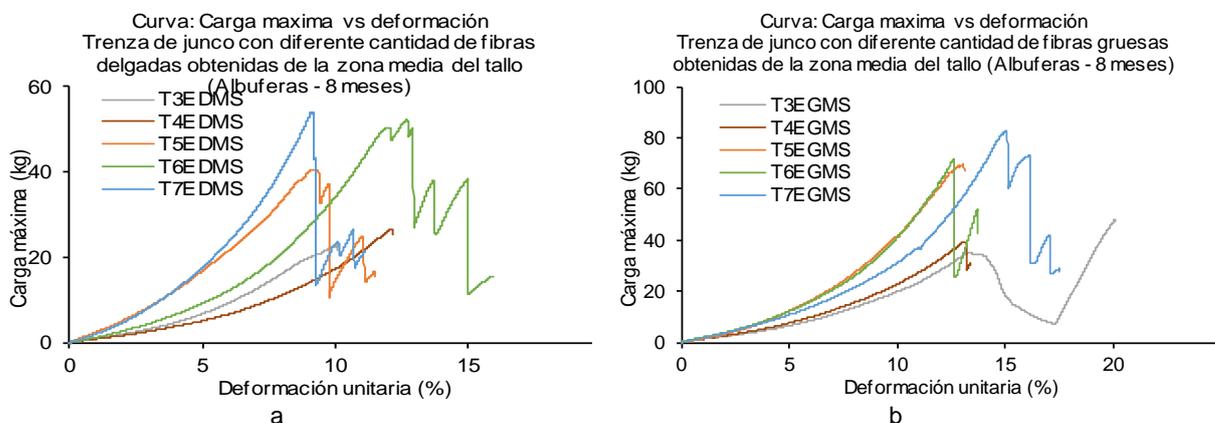


Figura 10. Carga máxima versus deformación trenza de junco de Albuferas (8 meses) con diferente cantidad de fibras de la zona media de tallo: a) fibras delgadas; b) fibras gruesas

En los gráficos se observan los picos producidos por las fallas de las fibras que componen las trenzas.

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos de las 30 muestras (6 por tipología) de Albufera, observándose un incremento proporcional de carga máxima por aumento de fibras, presentando un rango de 34,65kg para trenzas de 3 fibras y 67,78kg para trenzas de 7 fibras (figura 11a), sin embargo, todas las trenzas mantienen una elongación casi constante tal como se aprecia en la figura 11b.

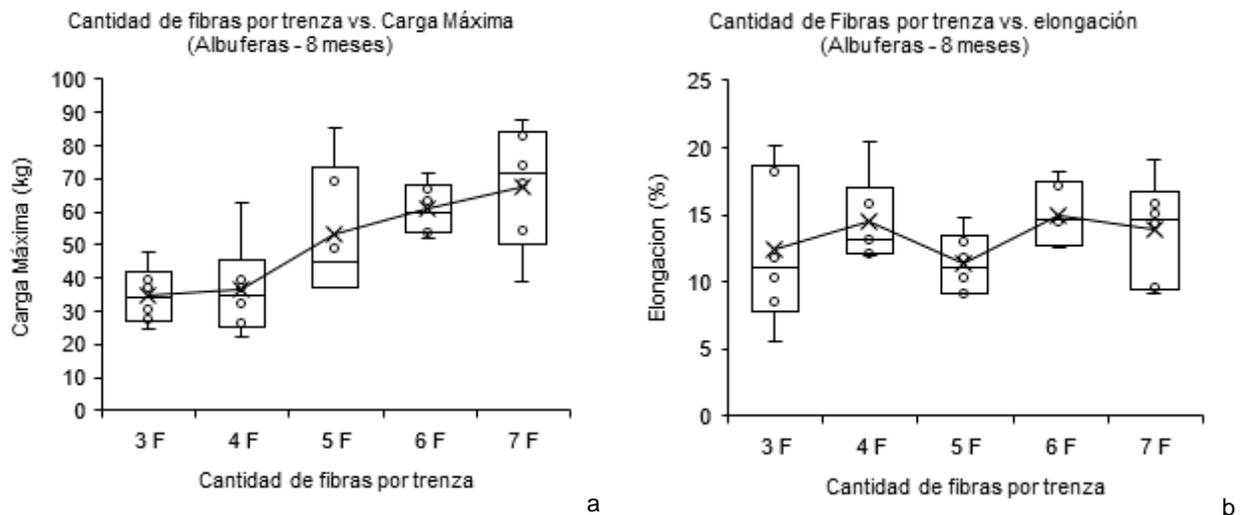


Figura 11. a) Cantidad de fibras por trenzas versus carga máxima; b) Cantidad de fibras por trenza versus elongación

Adicionalmente se observó que, en la mayoría de veces, la rotura se ubicaba en la sección donde finalizaba o iniciaba la fibra, es decir la zona de empalme (figura 12).

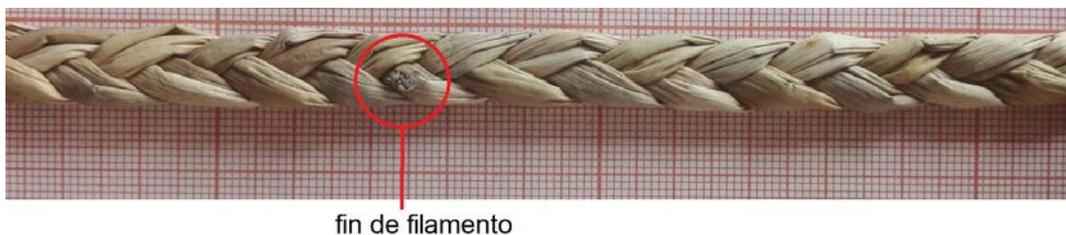


Figura 12. Inicio (o fin) de fibra en trenza de junco, para posterior empalme (crédito: L. B. Terrones 2019)

Posteriormente para estudiar la importancia de los empalmes, se escogió trenzas de 3 fibras debido a que por procesos de armado presenta menos zonas de empalmes, para lo cual se trabajó con muestras de Albuferas por presentar mayores resistencias, sin embargo, el paquete de fibras no fue el mismo de las muestras estudiadas en el análisis de cantidad de fibras.

Se sometió 15 muestras a ensayos a tracción, donde se evaluó trenzas sin empalme (enteras), con 1 empalme y con 2 empalmes, para cada tipología se contó con 5 muestras similares (tabla 5 y figura 13).

Como muestran la figura 13, la carga máxima de las muestras no presentó mucha variación debido a los empalmes, sin embargo, mostraron mucha dispersión, esto es debido al proceso de armado de trenza, pues las longitudes de empalme y la fuerza de tensado varían entre cada trenza, sin embargo, comparando la tabla 4 con la tabla 5 se observa que las trenzas de 3 fibras no tienen la misma resistencia. Esto puede ser producido porque la muestra tuvo otro origen y por tanto una distinta edad de planta que no pudo ser registrada.

Tabla 5. Resultados de trenza de junco considerando empalmes

N° de fibras por trenza	Estado	Carga máxima (kgf)	Elongación (%+)
3 F	Entero	17,43±2	8,35±1,51
3 F	1 empalme	14,23±5,04	7,78±2,00
3 F	2 empalme	16,02±4,01	9,17±1,52

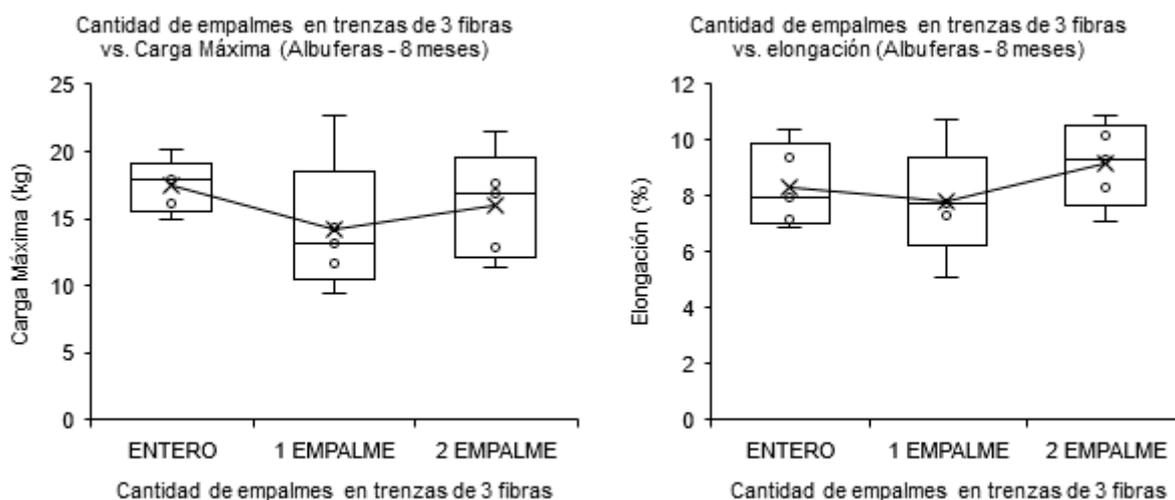


Figura 13. a) Cantidad de empalmes en trenzas de 3 fibras versus carga máxima; b) Cantidad de empalmes en trenzas de 3 fibras versus elongación

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

El comportamiento elástico de una fibra de junco presenta una tendencia elástico lineal hasta la rotura. La resistencia a tracción alcanzada en las fibras de junco para edades de 5 meses fue de 25,29 MPa con una elongación de 1,51%, y para edades de 8 meses tuvo una resistencia de 41,18 MPa y una elongación de 1,98%, con aumentos de 62% de la resistencia a tracción y 31% de la elongación.

El comportamiento elástico de una trenza es aproximadamente elástico lineal hasta el primer fallo, posteriormente sigue presentando elasticidad lineal con la misma pendiente inicial, pero cada vez con resistencia menor debido a que las fibras se rompen. Para trenzas de 5 meses se obtuvo resistencias de 12,65 MPa, observando así que para muestras de la misma edad (5 meses) las fibras otorgan mayor resistencia (25,29 MPa) que las trenzas.

Asimismo, se observó que para trenzas de 3 fibras con edades de 8 meses se obtuvo cargas máximas de 34,65kg y una elongación de 12,39% y para trenzas de 7 fibras se obtuvo cargas máximas de 67,78kg con una elongación de 13,83%, con aumentos de 95% de la resistencia a tracción y 12% de la elongación..

Los presentes resultados son las bases para futuras investigaciones y posterior diseño de una malla de junco para ser usado como refuerzo externo en muros de tierra, logrando así una técnica constructiva sustentable.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aponte, H. (2009) El junco: clasificación, biología y gestión. Revista Científica 6(1). Universidad Científica del Sur. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/288653602\\_El\\_junco\\_clasificacion\\_biologia\\_y\\_gestion](https://www.researchgate.net/publication/288653602_El_junco_clasificacion_biologia_y_gestion)

Arbo, M; et al (2019). Botánica Morfológica. Morfología de plantas vasculares - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Nordeste, Corrientes, Argentina. Disponible en <http://www.biologia.edu.ar/botanica/print/Hipertextos-2019.pdf>

Arteaga, K. T.; Medina, O. H.; Gutiérrez, O. J. (2011). Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Revista Facultad de Ingeniería, 20 (31), p. 55-68. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3914194.pdf>

ASTM D638-14. (2014) Método de prueba estandar para propiedades de tracion de plasticos. USA: ASTM International. [www.astm.org](http://www.astm.org)

Blondet, M.; Aguilar, R. (2007). Seismic protection of earthen buildings. Conferencia Internacional de Ingeniería Sísmica. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.581.4791&rep=rep1&type=pdf>

Blondet, M.; Villa Garcia, M., G.; Svetlana, B. (2003). Construcción de adobe resistentes a los terremotos: Tutor. USA: Earthquake Engineering Research Institute. Disponible en [http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe\\_Tutorial\\_Spanish\\_Blondet.pdf](http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial_Spanish_Blondet.pdf)

Blondet M.; Vargas J.; Sosa C.; Soto J. (2013). Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes. New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. September 11-14, Istanbul, Istanbul Aydin University.

Martínez, I. (1989). Depuración de aguas con plantas emergentes. España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1989\\_16.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1989_16.pdf)

Méndez, M. T.; Palacios, P.; Machuca, D.; Sosaya, G.; Cevallos, E. A. B.; Fabrizio G. Ortíz, F. G. (2010). Malla de junco como refuerzo para construcciones en adobe. 3º Congreso de Arqutetura e Construção com Terra no Brasil. TerraBrasil 2010. Campo Grande, Brasil: TerraBrasil/UFMS.

Norma E.030 (2016). Diseño Sismorresistente. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Peruano, 24 de enero de 2016. p.576293-576322. Disponible en <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=1930>

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Ortiz, M. E. (2018). Estudio comparativo de ensambles de shicras rellenas con piedras usadas como sobrecimiento de muros de tierra. Tesis. Perú: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica del Perú. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12391>

Sarmineto, J. C. (2016) Propuesta de método de diseño para refuerzo sísmico de muros de adobe con malla de cuerdas. Tesis de Maestría. Perú: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica del Perú. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7016>

Serrano, M. A. (2016). Herramientas para la capacitación en reforzamientos con la malla de cuerdas de viviendas de adobe autoconstruidas en áreas sísmicas. Tesis de Maestría. Perú: Facultad de Ingeniería, Universidad Católica del Perú. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7019>

Solís, M; Torrealva, D; Santillán, P; Montoya, G. (2015). Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas. Informes de la construcción, 67 (539): e092, Disponible en <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.141>.

Torres, R. (2016). Las fibras naturales como refuerzo sísmico en la edificación de viviendas de adobe en la costa del departamento de Ica. Tesis pregrado. Perú: Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2486>

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades de la Universidad Ricardo Palma, en la persona del Doctor Iván Rodríguez Chávez, en su calidad de Rector de la institución por el apoyo recibido y a los miembros del Vice Rectorado de Investigación URP.

## AUTORES

Luis Bryan Terrones, bachiller de ingeniería de la Universidad Ricardo Palma en la especialidad de ingeniería civil. Miembro en Centro de Estudios de Comunidades Saludables Cecos – Brigurp desde 2017 orientado al estudio del junco. Asimismo, cuenta con experiencia como proyectista BIM/VDC y tecnologías Point Cloud orientado a ingeniería inversa de infraestructura civil e industrial. También ha trabajado en diversa área de residencia, supervisión de edificaciones e inspección técnica de proyectos inmobiliarios a nivel nacional, elaboración de informes técnicos especializados en estructura y estimación de pérdidas económicas debido a siniestros, colaboración en auditoria de obras de infraestructura viales, hidráulicas.

María Teresa Méndez, arquitecta de la Universidad Nacional de Ingeniería, con Maestría y Doctorado en Educación por la USMP. Especializada en temas sobre Comunidades Saludables desde el 2001, con trabajos de investigación en Materiales Constructivos No Convencionales ha participado en Conferencias Internacionales TerraBrasil 2008, 2010, 2012, 2014 y 2016. SIACOT 2009, 2015, 2016, 2017. NOCMAT 2013. Ekotectura 2014. CICIC 2018. Es miembro de la Red Iberoamericana ProTERRA y Representante del Colegio de Arquitectos del Perú ante la Comisión de Actualización de la Norma E-0.80 de Construcción en Tierra-Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú-Ministerio de Vivienda del Perú.

Juan Carlos Gonzáles, Ingeniero de la Universidad Ricardo Palma en la especialidad de Ingeniería Electrónica. Participante del congreso de TerraBrasil 2012 realizado en Fortaleza estado Ceará-Brasil. Miembro del Equipo de Fabricación Digital FABLAB. Coordinador del Centro de Estudios de Comunidades Saludables Cecos - Brigurp 2010-2014. Ganador del Concurso de Investigación Aplicada organizado por Fincyt, en la actualidad Innóvate Perú, con el proyecto "Diseño y Construcción de un Sistema Electrohidráulico de Simulación Sísmica para evaluación de comportamiento Sismo-Resistente". Actualmente se encuentra laborando como Investigador Principal y técnico administrativo del Laboratorio de Evaluación de Sismo-Resistencia de la Universidad Ricardo Palma.