



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TOTORA: análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTA

AUTORA

- MARTHA ELIZABETH ZAMBRANO FLORES

DIRECTOR

- MSC. ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ

CO - DIRECTOR

- MSC. ING. JUAN MEDARDO SOLÁ QUINTUÑA

2018

TOTORA

Análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.

La totora es una fibra natural que desde tiempos remotos ha sido utilizada para la ornamentación y generación de elementos decorativos, artesanías, embarcaciones, entre otros; siendo una planta de raíz acuática que crece en lagos y humedales con presencia de suelo fangoso, su longitud promedio es de 3.5m y diámetro de 2.5cm; su capacidad de renovación de las plantaciones es de crecimiento muy rápido, pudiendo volver a cosecharse cada seis meses. Tiene una estructura porosa al interior, formada por vasos que la vuelve un material muy liviano y con propiedades aislantes. Al no existir aplicaciones con tecnologías constructivas del uso de estas fibras, carece de manuales técnicos sobre el empleo y manejo de la totora. El presente estudio comprende un análisis sobre la composición estructural donde se han realizado ensayos de laboratorio físico – mecánicos de tracción, flexión, compresión y humedad a probetas de distintos diámetros y alturas, obteniendo datos técnicos comparativos con fibras naturales de similitud procedencia, como son: la guadua, la madera y el bambú, para la formulación de un documento informativo y técnico sobre la estructura de totora que permita su futura ejecución en elementos de construcción.

Palabras Clave: FIBRAS DE TOTORA, MATERIALES ECOLÓGICOS, ANÁLISIS ESTRUCTURAL, ENSAYOS DE TOTORA

TOTORA

Analysis of their behavior as material in construction for future applications

The totora is a natural fiber that since ancient times has been used for ornamentation and the generation of decorative elements, crafts, boats, among others; an aquatic root plant that grows in lakes and wetlands with the presence of muddy soil, with an average length of 3.5m and diameter of 2.5cm; Its ability to renew the plantations is very fast growing, and can be harvested every six months. It has a porous structure inside, formed by vessels that make up air chambers, which makes it a very light material with insulating properties. In the absence of applications with constructive technologies for the use of these fibers, cadence of technical manuals on the use and management of totora.

The present study includes an analysis of the structural structure in which physic - mechanical laboratory tests of tensile, bending and compression of probes of different parameters and heights have been carried out, generating technical data that allow their future planning of constructive elements.

Keywords: TOTORA FIBERS, ECOLOGICAL MATERIALS, STRUCTURAL ANALYSIS, TOTORA TESTS

ABSTRACT

Yo, Martha Elizabeth Zambrano Flores, declaro bajo juramento que el presente trabajo aquí descrito, es de mi autoría y que los resultados obtenidos son auténticos y originales. Las referencias bibliográficas provenientes de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad académica y legal de los contenidos del presente trabajo de titulación.

Martha Elizabeth Zambrano Flores

DECLARACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Martha Elizabeth Zambrano Flores, bajo mi supervisión

Arq. MSc. José Francisco Pesántez Pesántez.

DIRECTOR

CERTIFICACIÓN

TOTORA: análisis de su comportamiento como

(4)

Dedico este trabajo de graduación, de una manera muy especial a Dios, a Pablo Xavier, a mis padres: Néstor y Eulalia; a mi hermano Carlos, quienes incondicionalmente siempre están dispuestos a apoyarme en todas las actividades que emprendo, brindándome su amor, ternura, firmeza y paciencia, pilares que han sabido guiarme por la vida...

DEDICATORIA

Un reconocimiento especial al Arq. José Francisco Pesántez e Ing. Juan Solá; quienes tutelaron con profesionalismo este trabajo; gracias por el apoyo de:

Ing. Moisés Tamariz.

Arq. Edison Castillo.

Arq. Patricio Hidalgo.

Arq. Juan Fernando Hidalgo.

Sr. Atanacio Jara.

Y a todas las personas que de una u otra manera estuvieron involucrados, durante este camino universitario, brindándome su cariño y amistad; todos, han sembrado en mi corazón, momentos inolvidables, gracias a los amigos, compañeros, profesores y familiares.

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE

DECLARACIÓN	3
CERTIFICACIÓN	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
ÍNDICE	7
INTRODUCCIÓN	9
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	11
METODOLOGÍA	12
PROBLEMA	13
MARCO TEÓRICO	14
ANÁLISIS DE CASOS	22
EXPERIMENTACIÓN	31
RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	56
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación taxonómica. Fuente: Galiano, L. "Productividad primaria de la totora (Scirpus totora, Kunt) sector Puno"(1987). Elaboración: propia.	15
Tabla 2 esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad guadua. Fuente: MIDUVI 2016. Elaboración: propia.....	19
Tabla 3: Ensayos a tracción. Fuente: propia. Elaboración: propia.	34
Tabla 4: Ensayos a tracción (a). Fuente: propia. Elaboración: Propia.	36
Tabla 5: Ensayos a tracción (b). Fuente: propia. Elaboración: propia.	36
Tabla 6: Ensayos a tracción de bandas (c). Fuente: propia. Elaboración: propia.	37
Tabla 7: Aglutinantes. Fuente: propia. Elaboración: propia.....	39
Tabla 8: Ensayos a compresión - U. Cuenca. Fuente: propia. Elaboración: propia.	41
Tabla 9: Ensayos a compresión - U. Católica. Fuente: propia. Elaboración: propia.	42
Tabla 10: Ensayos a compresión. Fuente: propia. Elaboración: propia.	44
Tabla 11: Ensayos a flexión. Fuente: propia. Elaboración: propia.	46
Tabla 12: Pesos y Valores de humedad. Fuente: propia. Elaboración: propia.	47
Tabla 13: porcentajes de humedad. Fuente: propia. Elaboración: propia.	48
Tabla 14: Muestras de distintos días de secado. Fuente: propia. Elaboración: propia.....	49
Tabla 15: Esfuerzos admisibles. Fuente: Normas técnicas. Elaboración: Propia.	52
Tabla 16: Esfuerzos admisibles de totora. Fuente: propia. Elaboración: propia.....	53
Tabla 17: Datos comparativos a flexión. Fuente: propia. Elaboración: propia.	53
Tabla 18: datos comparativos a tracción. Fuente: propia. Elaboración: propia.	53

Tabla 19: datos comparativos a tracción. Fuente: propia. Elaboración: propia.	54
Tabla 20: datos comparativos a tracción. Fuente: propia. Elaboración: propia.	54
Tabla 21: Ficha de maquinaria de ensayos. Fuente:(AGUILAR ALBERCA,EDDY DANIEL; QUEZADA ZAMBRANO, 2017) . Elaboración: propia.	59

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Isla Flotante de los Uros, Puno - Perú. Fuente: propia	17
Fotografía 2: plantaciones de totora Cuenca. fuente: propia	18
Fotografía 3: Viviendas de totora Los Uros - Puno - Perú. Fuente: propia.....	24
Fotografía 4: Panorámica isla de los Uros. Fuente: José Pesántez.....	25
Fotografía 5: Vivienda de totora, Puno - Perú. Fuente: José Pesántez.	25
Fotografía 6: Detalle de cubierta - totora. Fuente: propia.....	27
Fotografía 7: Habitantes de los Uros-Puno-Perú. Fuente: propia	28
Fotografía 8: Preparación de probetas. Fuente: Propia	32
Fotografía 9: Máquina de ensayos a tracción. Fuente: propia.....	33
Fotografía 10: Muestras para fibras de ensayos. Fuente: propia.	35
Fotografía 11: Métodos de ensayos a tracción. Fuente: propia	35
Fotografía 12: Máquina de ensayos a compresión. Fuente: propia.....	38
Fotografía 13: Absorción por inmersión y capilaridad. Fuente: propia.	40
Fotografía 14: Probetas para ensayos a compresión. Fuente: propia.	43
Fotografía 15: máquina de ensayos a flexión. Fuente: propia.	45
Fotografía 16: Xilohigrómetro. Fuente: propia.	47
Fotografía 17: muestras para pruebas de ensayo. Fuente: Propia.	48
Fotografía 18: Fibras de ensayos de humedad. Fuente: propia.....	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Despiece y sección constructiva vivienda de totora. Fuente: propia.....	26
Ilustración 2: Cubo de totora. Fuente: ARCHQUID.....	29
Ilustración 3: Elevación con puerta abierta - Cubo de Totora. Fuente: ARCHQUID.....	30
Ilustración 4: Cubo de totora. Fuente: ARCHQUID.....	30

TOTORA

Análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.

En los últimos años han surgido tendencias como la arquitectura verde o ecológica en el campo de la construcción, que tratan de contrarrestar los efectos de la contaminación, por medio de la utilización de materiales ecológicos en armonía con los materiales tradicionales, con el objeto de optimizar el manejo de recursos, técnicas constructivas y estrategias bioclimáticas. Es así, que la Totorá, a pesar de haberse utilizado desde tiempos ancestrales para la confección de artesanías, mobiliarios, embarcaciones y en algunos lugares para la construcción, en la actualidad ha ido perdiendo su uso y aplicación, no ha sido considerada como una fuente alternativa, por la falta de interés, que paulatinamente ha disminuido en la actualidad su uso y aplicación.

Tradicionalmente, el uso de la Totorá, tiene una especial aplicación como fibra vegetal, con resultados efectivos para el hábitat, en el Lago Titicaca, específicamente en las Islas flotantes de los Uros (Perú); lugar en el cual, el uso de la totora se armoniza de manera adecuada con el entorno, denotando un paisaje cargado de tradición y cultura, que permiten disfrutar de islas flotantes sustentadas totalmente en estas fibras, constituyéndose en un encanto natural de creación empírica y su perdurabilidad por generaciones.

El antecedente descrito, despierta un interés profesional, a fin de proponer un estudio físico y mecánico que permita conocer: características, comportamientos y posibles condiciones óptimas para futuras aplicaciones de estas fibras en la construcción, mediante ensayos de laboratorio, en el que, se tomará como base normas técnicas, tales como: la NEC-SEGUADUA y la norma técnica colombiana NTC-5525, las que tratan sobre las distintas pruebas mecánicas realizadas a la caña guadua; siendo una fibra natural de similitud procedencia que la totora, para tratar de generar un instrumento técnico sobre las características de estas fibras.

INTRODUCCIÓN

La falta de antecedentes científicos y técnicos, respecto de pruebas físicas y mecánicas con la totora, así como la inexistencia de una norma técnica para el correcto uso y aplicación de estas fibras en la construcción; justifica, la necesidad de establecer: características, resistencia y formas de uso; a efecto de proponer nuevas ideas y paradigmas, que contribuyan a innovar el uso de estas fibras naturales, adecuándolas, a las nuevas técnicas y tecnologías, con el objeto de promover su aplicación en las diferentes tendencias constructivas.

JUSTIFICACIÓN

GENERAL

Experimentar con las fibras naturales de totora mediante pruebas mecánicas de laboratorio, bajo normas técnicas, para entender el comportamiento de estas fibras y su posible aplicación en la construcción.

ESPECÍFICOS

- Revisar bibliografía existente sobre totora, uso de fibras naturales en la construcción y normas técnicas mecánicas para fibras naturales.
- Realizar experimentaciones de la fibra de totora mediante pruebas mecánicas de tensión, compresión y flexión; basados en la NEC-SE-GUADUA y la norma técnica colombiana NTC-5525.
- Presentar los resultados y conclusiones de las experimentaciones realizadas a estas fibras.

OBJETIVOS

Revisión Bibliográfica: Se llevará a cabo un estudio bibliográfico de documentos físicos y virtuales que nos permitan obtener información sobre los alcances que ha tenido las fibras de totora hasta la actualidad, en los cuales se analizará:

- Tesis.
- Artículos científicos.
- Normas técnicas.

Uso de laboratorios: Aplicación del método experimental de pruebas físicas y mecánicas a las fibras de totora en relación a:

- Flexión
- Tensión
- Compresión

Para fines de la aplicación descrita, se considerará, la norma técnica NEC-SE-GUADUA y la norma técnica colombiana NTC-5525, aplicadas a la caña guadua; considerando, además, que, respecto de este proceso, no se registran en nuestro medio, antecedentes; por lo que emprender en estas pruebas, para medir la resistencia y densidad adecuada de las fibras de totora, contribuye a generar su inclusión en la construcción.

Al ser la totora un material empleado para mobiliario, artesanías, embarcaciones, entre otros; no existe un estudio sobre la capacidad estructural ni el comportamiento de estas fibras naturales en la construcción, es por ello que este trabajo pretende realizar las debidas pruebas físicas y mecánicas.

Nuestro país tiene una gran riqueza de recursos naturales y plantaciones, que se dan cerca de lagos, lagunas, pantanos, humedales, entre otros; como son los totorales, los cuales son aprovechados por el hombre sólo en un 20%, y el 80% restante se desperdicia produciendo una gran pérdida del uso de este material, (Culcay Chérrez, 2014, p.6) ya que al ser materia prima no contaminante no es generador del problema de la huella ecológica que originan los actuales materiales en la construcción, pues éstos producen contaminación por sus tipos de procesos de fabricación, siendo factores que afectan al ecosistema.

PROBLEMA



MARCO TEÓRICO

TOTORA: análisis de su comportamiento como

HUMEDALES

Los humedales son definidos por la Convención Ramsar como: “extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad, en marea baja, no exceda de seis metros”. (Flachier, Chiriboga, John, & Catherine, 1997 p.1)

Debido a su gran aporte de suelos con nutrientes y a sus continuos periodos inundados, generan una alta productividad, además que ayudan a controlar erosiones y proteger de inundaciones; siendo una importante fuente de recursos para el ser humano, ya que algunas actividades artesanales se realizan en humedales, como es el caso de la extracción de totora para los fines pertinentes, generando un potencial para una buena economía local además de que originan una gran diversidad de hábitats en el lugar donde se ubican, por lo que el Ecuador rectificó la conservación de estos recursos en el año de 1991 en el convenio Ramsar.

TOTORA

“La “totora” es una planta de raíz acuática que crece en lagos y humedales con presencia de suelo fangoso, con una longitud promedio de 3.5m y diámetro de 2.5cm, su crecimiento es muy rápido y por lo tanto su capacidad de renovación, pudiendo volver a cosecharse cada seis meses. Tiene una estructura porosa al interior, formada por cámaras de aire como una esponja, que la vuelve un material muy liviano y con propiedades aislantes. La especie más común conocida como “totora” es la *Schoenoplectus* o *Scirpus Californicus*, pero en realidad existe una amplia gama de plantas de raíz acuática, que tienen características muy similares y han sido incluso utilizadas de la misma manera.” (Hidalgo, 2007, p. 11)

Según el Ing. Agrónomo Luis Federico Gaiano Hermoza (1978), la totora es utilizada para 3 actividades primordiales:

1. Como forraje para el ganado.
2. Como materia prima para la fabricación de balsas, esteras o quesanas, en la construcción de viviendas y en artesanías.
3. Y en la alimentación humana, la parte inferior de la fibra de color blanco (chullo).

Realizando una clasificación taxonómica:

Reino	Vegetal
División	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Ciperales
Familia	Cyperaceae
Género	Scirpus
Especie	Scirpus totora, Kunth Acosta 1979. Scirpus californicus, Britton 1982. Scirpus riparius, Clarke 1901. Scirpus titikakense, Monroy 1948.

TABLA 1: CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA. FUENTE: GALIANO, L. "PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE LA TOTORA (SCIRPUS TOTORA, KUNT) SECTOR PUNO"(1987). ELABORACIÓN: PROPIA.

Los totorales, considerado ecosistema lacustre, conformado por la macrófita *schoenoplectus totora*, ocupa áreas acuáticas en las orillas del lago Titicaca hasta una profundidad de 4m, como lo explica un guía turístico en la visita realizada a dicho lago. Donde existe un fondo fangoso rico en nutrientes; variando el diámetro del tallo desde 3cm. cerca de la raíz hasta 3mm en el ápice.

Sabemos que históricamente el hombre ha utilizado en su beneficio los productos de la naturaleza, entre ellos las especies vegetales. Estos productos en su variedad, le han servido como alimento, como material en construcción de sus viviendas, sus armas, entre otros. Entre ellos tenemos a la totora¹, que ha servido desde tiempos ancestrales en algunos pueblos del Perú, Ecuador, Bolivia, entre otros países latinoamericanos, debido a su gran manejabilidad y fácil cultivo; ha permitido que algunos pueblos conserven hasta la actualidad su uso tradicional. En Perú existen aún los famosos caballitos de totora que navegan como parte de un proyecto turístico a partir de la conocida leyenda peruana del caballito de totora que atravesó la bahía de Huachaco llegando hasta las costas de una de las islas de Indonesia”. En Bolivia la utilización de la totora fue más importante aún; en el Lago Titicaca se acostumbraba a construir las casas sobre balsas de totora y se tejía esteras para el servicio de gobernadores y caciques.

Según datos tomados de algunos libros de historia, en las provincias del Tahuantinsuyo, la totora se empleaba para confeccionar la insignia o bastón de mando denominado "tiana", que empleaba el jefe que tenía a su cargo diez tributarios”. En el Ecuador, la cultura Cara Caranqui, concentró grandes sembríos de totora, la cual reflejaba el alto valor que dicha planta tenía para la economía y cultura de los pueblos de la Región Andina. La habilidad de los antiguos indígenas ecuatorianos, junto con su situación social en cuanto a las comodidades tecnológicas que se iban desarrollando, conforme lo demandaba cada comunidad, hizo de la totora un artículo muy importante en el entorno social, económico y hasta político. (HIDALGO C, 2015, p.14).

El mayor ejemplo que ha trascendido al paso del tiempo es la comunidad de los Uros, siendo un conjunto de islas artificiales - flotantes de totora que se encuentran sobre el lago de Titicaca en el departamento de Puno (Perú). Las viviendas, como el piso y embarcaciones son confeccionadas en su totalidad con fibras de totora, renovando sus elementos cada seis meses aproximadamente, ya que se encuentran a la intemperie y sin ningún tratamiento que proteja a estas fibras del medio ambiente.

¹ Totora: Como características morfológicas se define como una planta herbácea formada por dos clases de tallos: el primero subterráneo, siendo éste un verdadero rizoma llamado vulgarmente SIPHI (rizoma maduro) y SACKA rizoma tierno blanco; el segundo tallo es aéreo que nace de la parte superior del rizoma. La estructura del tallo muestra un cilindro cortical de como espesor de color verde; el cilindro central presenta un parénquima atravesando por muchos canales tabicados, llenos de un parénquima esponjoso por donde circula el aire. La flor de la totora es hermafrodita y su fruto un acenio plano convexo; cuando su profundidad baja, menor a 1 metro entonces las plantas se totora entrelazan sus raíces y forman una especie de plataforma compacta llamado KILES. La totora se propaga por semillas y por trasplante de vástagos o retoños, al año florecen y a los 2 años ocupan un área de 0.25m²; alcanzando su mayor crecimiento en épocas de lluvias, épocas en la que la floración también es mayor, el corte de la totora se hace en los meses de agosto a septiembre, pudiendo ser también en cualquier época del año, pero se prefiere los meses indicados para dar lugar al nuevo crecimiento llamado retono, pudiéndose considerar a la totora como planta herbácea perenne y un recurso natural renovable. GALIANO HERMOZA, Luis. (1987). Productividad primaria de la totora (*Scirpus totora*, Kunthh) Sector Puno. Puno - Perú



FOTOGRAFÍA 1: ISLA FLOTANTE DE LOS UROS, PUNO - PERÚ. FUENTE: PROPIA

En la actualidad, en el Ecuador, podemos encontrar plantaciones de totora en los alrededores de lagos y lagunas que se encuentren sobre los 2500 m.s.n.m., inclusive; es decir, en la parte central de la región interandina del Ecuador; con mayor exactitud en la comunidad de San Rafael de la Laguna, perteneciente al cantón de Otavalo de la provincia de Imbabura, donde se localizan las lagunas de Colta, San Pablo y de Yaguarcocha, existiendo asociaciones de artesanos que trabajan con la totora, limitando el uso de estas fibras a elementos decorativos y artesanales.

Los Ministerios de: Medio Ambiente (MAE); y, Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP); entre sus normativas, no han definido aún, Acuerdos Ministeriales que rijan y regulen el uso, aprovechamiento y cosecha de estas fibras; este particular, limita la diligente explotación; en razón, de que las plantaciones que crecen a los alrededores de las lagunas, se extienden a terrenos privados; situación que genera una preocupación al Gobierno Autónomo Descentralizado del sector, toda vez, que la comunidad, encuentra un limitante para el acceso y explotación, provocando un alto desperdicio, que bien podría en otras circunstancias y con la normativa adecuada, promover una fuente de sustento de los pobladores de la zona; y, también un grado de sostenibilidad de los recursos naturales, a través de la explotación equilibrada, que permita una convivencia entre la naturaleza y el ser humano.

En el caso del Cuenca, se pueden encontrar plantaciones de totora en las parroquias rurales de Tarqui, Paccha, entre otras, de donde se provee de estas fibras a los artesanos de este cantón, para la confección de esteras y artesanías; además podemos evidenciar crecimiento de totora en algunos lugares aledaños a los cauces de los ríos, donde existe empozamiento de agua o humedales.



FOTOGRAFÍA 2: PLANTACIONES DE TOTORA CUENCA. FUENTE: PROPIA

Para poder estudiar estructuralmente a la totora se analizaron normas de fibras similares a esta, como son: la norma técnica ecuatoriana NEC-SE-GUADUA y la norma técnica colombiana NTC-5525, las cuales nos permiten tener parámetros iniciales en el estudio de estas fibras.

NEC-SE-GUADUA considera que, con estas fibras se puede construir viviendas de hasta dos pisos, o infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m². (MIDUVI, 2016). Además, que genera estándares para la clasificación de su identificación, selección, cultivo, transporte, preservación de la guadua, secado, almacenamiento e identificación de las fibras idóneas para la construcción, considerando que su madurez de 4 a 6 años, acompañada de una coloración que evidencia la edad adecuada para el corte y procesamiento correcto del corte (a ras del primer nudo), al momento de su transportación, se debe tener cuidado de realizarlo de la forma más cuidadosa para evitar el daño en las fibras; y, que estas se aplasten; en el caso de la preservación se evitarán daños causados por los factores bióticos.

Su secado debe alcanzar un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar, mediante dos formas: al ambiente (colocándolos de forma vertical en sitios ventilados, de este a oeste para disminuir la exposición solar; se recomienda un giro parcial y diario sobre su eje longitudinal dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo puede variar entre dos y seis meses), y secado artificial.

El almacenamiento se lo puede realizar de forma vertical (recostados e intercalados sobre un caballete) y horizontal (sobre soportes de madera; los cúmulos no sobrepasarán la altura de 2m y separaciones entre estos para facilitar la circulación de aire), evitando el contacto con la humedad del suelo, previendo que esté protegido de la radiación solar y se halle en sitios ventilados.

Para una correcta identificación de estas fibras como elemento estructural para vigas, columnas, viguetas, entramados, entrepisos, entre otros; deben estar completamente secos y con la humedad idónea, además de cumplir con los procesos citados anteriormente, no deben presentar deformaciones en sus ejes mayores al 0.33% de su longitud, si se llegan a presentar agrietamientos; debemos verificar que estos, en localizados entre los nudos, y si se pasa un nudo, su longitud no debe ser mayor al 20% del culmo, no deben presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla debida a compresión, no debe contener perforaciones, ni presentar algún grado de pudrición causada por hongos.

Los esfuerzos admisibles, F_i (MPa), $CH=12\%$ y su módulo de elasticidad se presentan en la siguiente tabla:

F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión (paralela al eje longitudinal)	F_p Compresión (perpendicular al eje longitudinal)	F_v Corte
15 MPa	19 MPa	14 MPa	1.4 MPa	1.2 MPa
Módulos percentil 5		Módulos percentil 5	Módulos percentil 5	
$E_{0.5}$		$E_{0.05}$	E_{min}	
12.000		7.500	4.000	

TABLA 2 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MÓDULO DE ELASTICIDAD GUADUA. FUENTE: MIDUVI 2016. ELABORACIÓN: PROPIA.

Al ser un material poroso e higroscópico, se debe proteger de la humedad, ya que por capilaridad, lluvias y condensación puede afectar a sus propiedades físico-mecánicas, además, se evitará el ataque de hongos y posterior putrefacción.

El acabado y mantenimiento debe realizarse de manera adecuada para que conserve su valor estético y aumenta su durabilidad, se lo debe realizar con ceras, pinturas, barnices o lacas, dependiendo de la exposición solar para determinar la frecuencia de mantenimiento; controlando el estado continuo de la estructura mediante inspecciones para evitar que agentes bióticos y abióticos afecten a los culmos, al menos una vez al año.

Mientras que la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525, “determina los métodos de ensayo para establecer las propiedades físicas y mecánicas, a fibras de guadua, que se puedan realizar en laboratorio para determinar su correcto uso como material en la construcción”. (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007).

Procedimientos generales:

- **“Medición y peso:** 10 mm para la longitud del culmo, 1 mm para la longitud o altura de la probeta, paralela al eje del culmo, 1 mm para el diámetro del culmo; en cada sección transversal, el diámetro se debe tomar dos veces, en direcciones perpendiculares entre sí; 0,1 mm para el espesor de la pared; en cada sección transversal, el espesor de la

pared se debe tomar cuatro veces en los mismos sitios en que se midió el diámetro (dos veces). 10 g por culmo; 1 g por probeta de más de 100 g, y 0,1 g por probeta de menos de 100 g”.(Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 3)

- **“Temperatura y humedad:** se deberá tener un rango de temperatura de $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de humedad relativa del aire de $70\% \pm 5\%$ ”. (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 4)
- **“Velocidad de aplicación de la carga:** la máquina de ensayos no debe tener una variación mayor a $\pm 20\%$ con respecto a la velocidad especificada para un ensayo determinado.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 4)
- **“Toma de muestras:** se deben seleccionar de diferentes rodales² en pie, los culmos deben estar sanos y libres de todo defecto y deben representar el promedio de los culmos del rodal o de la localidad. Los culmos deteriorados, quebrados o descoloridos se deben desechar.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 4)
- **“Corte, rotulado y trozado:** se deben registrar los siguientes datos: Nombre (botánico y local). Nombre de la localidad. Cantidad de rodales y culmos seleccionados. Estado de madurez de los culmos. Detalles acerca de marcas y defectos en los culmos. Número de entrenudos entre el suelo y el anillo de pintura. Fecha de corte y despacho. Nombre y firma del responsable del corte, rotulado y trozado. Se debe registrar la altura, en metros, de estos segmentos a partir del nivel donde el culmo fue cortado.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 5)
- **“Almacenamiento y despacho:** el almacenamiento se los debe realizar en un lugar con sombra, protegido de la lluvia y sin contacto con el suelo, si existe riesgo de agrietamiento, los extremos se pueden recubrir con alquitrán de hulla, cera de parafina, barniz o cualquier otro recubrimiento apropiado. Su despacho se lo realizará preferiblemente en un lapso de dos semanas después del corte.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 5)
- **“Rotulado y trozado en probetas:** la cantidad de probetas para cada ensayo no debe ser inferior a doce.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 6)
- **“Informe del ensayo:** se debe incluir la siguiente información: Nombre y dirección del laboratorio, fecha del ensayo, y nombre del responsable del ensayo. Referencia a esta NTC y a las normas nacionales aplicables; Detalles de los especímenes de ensayo. Temperatura y humedad del aire en el laboratorio. Equipo utilizado y toda información que pueda influir en el uso de los resultados del ensayo.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 6)
- **“Contenido de humedad:** las probetas se deben pesar con una exactitud de 0.01g para ser secadas en un horno a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. después de 24h, se debe registrar la masa de cada una de las probetas.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 7)

² Rodal. Conjunto de culmos que pueblan un terreno diferenciándolo de los colindantes.(Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007)

- **“Contracción:** las probetas, con una altura de 100 mm, se deben preparar a partir de secciones, que no incluyan nudos, tomadas de culmos completos de guadua. En el caso de ensayos de compresión, corte y tensión, las muestras para el ensayo de contracción se deben tomar lo más cerca posible de las muestras tomadas para compresión, corte y tensión. En el caso de ensayos de flexión, se deben tomar lo más cerca posible del sitio de falla. En cada caso, deben estar libres de grietas iniciales. Si los ensayos de contracción se hacen independientemente de otros ensayos, las muestras de ensayo se deben tomar de la sección más inferior del culmo. En cada probeta, se deben medir 4 diámetros, 4 espesores de pared (dos en cada extremo) y 2 longitudes. Se debe permitir que la probeta se seque lentamente en condiciones de humedad gradualmente decreciente y temperatura creciente. Las masas y las dimensiones se deben registrar con regularidad hasta que las dimensiones sean constantes o se termine un ciclo completo de secado. Por último, las probetas se deben poner en un horno con temperatura aproximada de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, de tal forma que se sequen completamente (como se indica en el numeral 6.5), después de lo cual, se deben tomar las dimensiones por última vez.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 10)
- **“Compresión:** los ensayos de compresión axial se deben llevar a cabo en probetas sin nudos y cuya longitud sea igual al diámetro externo; no obstante, si éste es de 20 mm o menos, la altura debe ser el doble del diámetro externo. Para determinar el módulo de elasticidad E, se debe usar alguno de los siguientes instrumentos de medición: deformímetros eléctricos, mecánicos, electromecánicos, de imagen digital, mínimo dos por probeta, cada uno de ellos en el lado opuesto de la probeta; se aplica inicialmente una carga pequeña, no mayor a 1 kN, para acomodar la probeta; el esfuerzo último promedio de la muestra de ensayo se debe calcular con aproximación de 0,5 MPa como la media aritmética de los resultados de ensayo de las probetas.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 11 - 12)
- **“Flexión:** el ensayo debe ser de flexión de cuatro puntos. La carga se debe dividir en dos mitades mediante una viga apropiada. En los soportes, se debe permitir que el culmo de guadua rote libremente. Los culmos de ensayo no deben tener defectos visibles. Para lograr una falla en flexión, el espacio libre debe ser al menos $30 \times D$, donde D es el diámetro externo. La velocidad de ensayo (preferiblemente con movimiento constante del cabezal de carga de la máquina o con incremento constante de carga) debe ser de 0,5 mm/s. Observe las grietas y describa la forma de la falla. Diagrame la deflexión con relación a la carga.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 14 - 15)
- **“Tensión:** la carga se debe aplicar continuamente durante todo el ensayo a una velocidad de movimiento del cabezal móvil de 0,01 mm/s. La carga se debe medir con exactitud del 1 % de la escala utilizada. Las muestras se deben tomar de las partes inferior, media y superior de cada culmo. Estas muestras se deben marcar con las letras I, M y S respectivamente. Los ensayos de tensión paralela a las fibras se deben hacer en probetas con un nudo, que debe estar en la porción de ensayo. Los extremos de las probetas deben tener una forma tal que garantice que la falla se produce en la porción de ensayo y que minimice la concentración del esfuerzo en el área de transición. Se

permite usar probetas con extremos laminados.” (Instituto Nacional de Normas Técnicas, 2007 pg. 18-20)

Se utilizará todos estos conceptos para la selección, tratamiento y experimentación con las fibras de totora, para obtener los resultados idóneos que permita generar bases técnicas, en relación a las diferentes pruebas y ensayos para la formulación de normas, como las citadas anteriormente.



ANÁLISIS DE CASOS

Isla flotante de los Uros



FOTOGRAFÍA 3: VIVIENDAS DE TOTORA LOS UROS - PUNO - PERÚ. FUENTE: PROPIA.

- Ubicación: Isla flotantes de los Uros, departamento de Puno - Perú.
- Clima: Su temperatura oscila entre los 7° y 13°C.(Torales, Pucha, Gonzáles, & Arévalo, 2015).
- Año del proyecto: s/f.
- Construcción: Habitantes de las Islas.
- Materialidad: Sistema de construcción mixto (estructura de madera, recubrimiento de totora).
- Fotografías: Propias.
- Descripción del proyecto: la generación de una estructura mixta, donde se propone vincular y promover el uso y la producción de totora que, en este medio, ha sido usada desde tiempos remotos.(Lerner, 2016).



FOTOGRAFÍA 4: PANORÁMICA ISLA DE LOS UROS. FUENTE: JOSÉ PESÁNTEZ.



FOTOGRAFÍA 5: VIVIENDA DE TOTORA, PUNO - PERÚ. FUENTE: JOSÉ PESÁNTEZ.

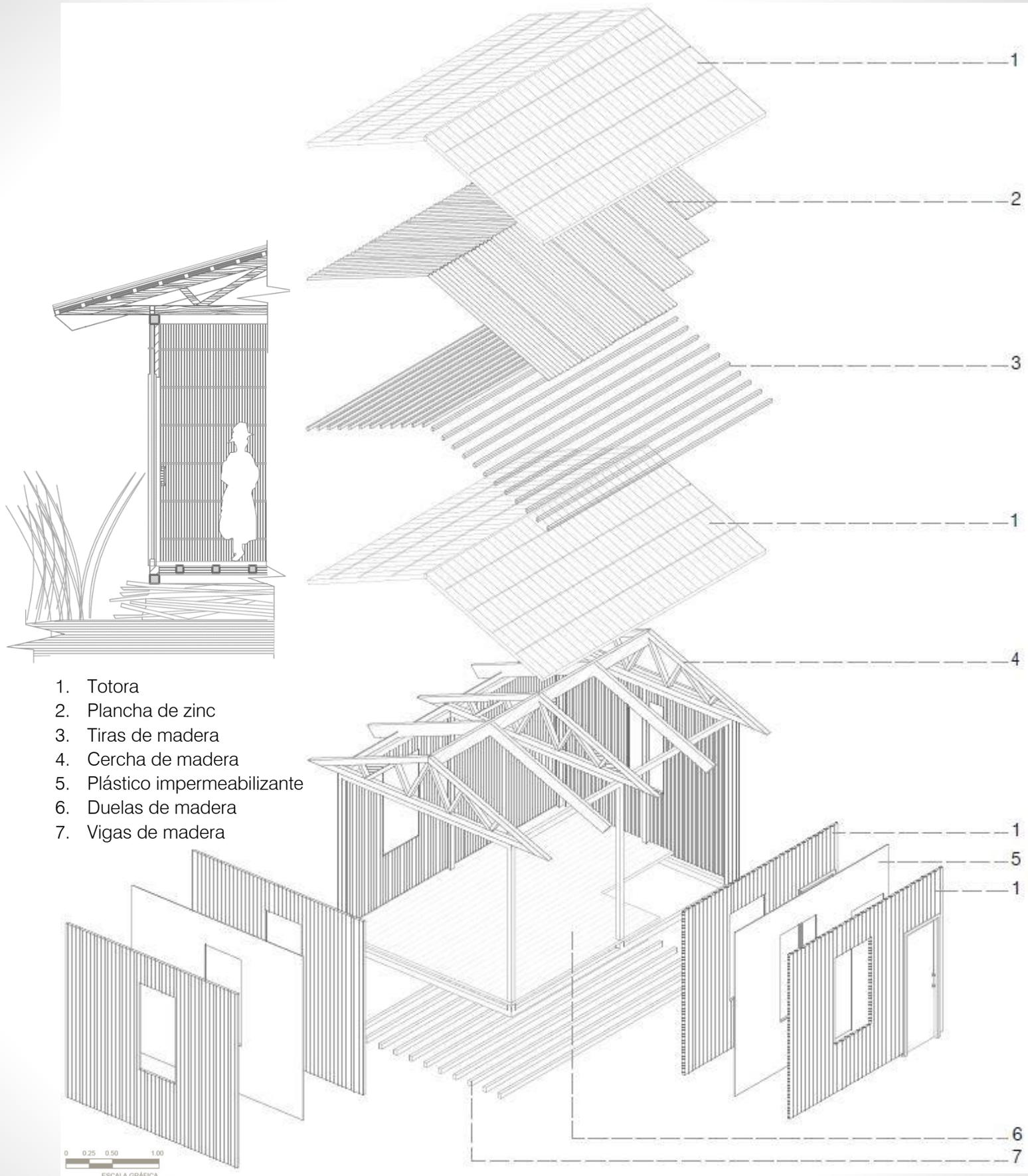


ILUSTRACIÓN 1: DESPIECE Y SECCIÓN CONSTRUCTIVA VIVIENDA DE TOTORA. FUENTE: PROPIA.



FOTOGRAFÍA 6: DETALLE DE CUBIERTA - TOTORA. FUENTE: PROPIA.

La isla de los Uros, perteneciente a la bahía de Puno, son islas artificiales flotantes de totora que se encuentran sobre 25m de profundidad, con una superficie de 9m² aproximadamente por cada isla, existen 35 islas naturales en todo el lago, la isla más grande está en el lado boliviano del Titicaca denominada Isla del Sol, mientras que, por el lado peruano, la isla de Takile y Amantarina, siendo esta última la segunda más grande del lago con 5.000 habitantes, permitiendo un turismo vivencial. En una isla pueden habitar 35 personas de 8 familias, cada una cuenta con un líder o presiente que se encarga de su organización, sumando un total de 90 islas de distintos nombres que conforman a los Uros.

Dentro del Lago Titicaca, solamente en la bahía de Puno, podemos encontrar plantaciones de totora, con una extensión de entre 30mil a 40mil H.a. Cada fin de semana los habitantes de las islas cosechan totora para realizar todo tipo de actividades, que van desde la confección o arreglos de sus casas, artesanías e incluso para su alimentación.

La raíz de la totora, denominada kili, es el material más importante para la construcción de las islas, ya que su composición le da la capacidad de flotar a una isla, y pueden durar de 25 a 30 años con esta característica, se encuentran al fondo de cada isla en forma de bloque que puede ser reemplazado cuando ya ha pasado este tiempo, los bloques pueden ser de 6x5 metros, unidos mediante cuerdas, lo consiguen cuando termina la temporada de lluvia, ya que estos bloques flotan naturalmente y de esta forma se los pueden cortar, siendo un trabajo comunal, la totora cosechada se seca sobre la isla de manera natural para luego sobreponerla sobre el piso existente, y así se renueva la superficie donde pisan constantemente.

Las edificaciones se encuentran elevadas de la superficie que pisan, por la humedad existente causada por estar sobre el lago, cada 6 a 7 meses cambian sus recubrimientos de totora dependiendo del tamaño y el uso que se le dé, sus construcciones son simples y de un solo ambiente, ya que al vivir en comunidad comparten las zonas de preparación de alimentos.

Cada espacio habitacional se estructura con bastidores de madera que lo elevan del piso y dan la forma de la vivienda, para luego ser aislados con plástico, en el caso de las paredes, zinc para los techos, y sobre estos se coloca la totora, que previamente está seca, amarrada y tejida para que proteja y genere confort a la vivienda.



FOTOGRAFÍA 7: HABITANTES DE LOS UROS-PUNO-PERÚ. FUENTE: PROPIA.

Cubo de Totora



ILUSTRACIÓN 2: CUBO DE TOTORA. FUENTE: ARCHQUID.

- Ubicación: Comunidad de San Rafael de la Laguna, Otavalo - Imbarura – Ecuador.
- Clima: Su temperatura oscila entre los 7º y 13ºC.(Toral et al., 2015).
- Año del proyecto: 2016.
- Arquitectos: Archquid think-act tank.
- Construcción: Archquid, Totora Sisa y mingas locales.
- Materialidad: Sistema de construcción mixto (estructura de madera, recubrimiento de totora).
- Fotografías: Federico Lerner y ARCHQUID.
- Descripción del proyecto: la generación de una estructura mixta, donde se propone vincular y promover el uso y la producción de totora que, en este medio, ha sido usada desde tiempos remotos.(Lerner, 2016).

Su propuesta se basa en un cubo de 3m por lado, y en cada uno de estos 9 paneles por cada cara, cada uno de estos paneles cuenta con una variada técnica de tejidos y cromáticas que fueron elaborados por los artesanos de la comunidad.

“El 'Cubo de Totora' es claramente un objeto definible: la vista que se obtiene desde el camino adyacente y su morfología y su materialidad hacen evidente sus cualidades como objeto, las quillá de los límites de la idea del 'programa arquitectónico'”.(Federico Lerner; ARCHQUID, 2017).



ILUSTRACIÓN 4: ELEVACIÓN CON PUERTA ABIERTA - CUBO DE TOTORA. FUENTE: ARCHQUID.

0 0.25 0.50 1.00
ESCALA GRÁFICA



ILUSTRACIÓN 3: CUBO DE TOTORA. FUENTE: ARCHQUID.



EXPERIMENTACIÓN

Preparación de las fibras:

La cosecha de las fibras de totora se efectuó en dos épocas, el primer corte se realizó el 15 de junio y el segundo corte el 15 de agosto, para ello se utilizó herramientas menores como tijera de jardinero, machete y oz; ya que la composición de las fibras permite un corte simple y rápido; tratando de que sea desde la parte más cercana a la raíz de fibras y que mantengan el mismo diámetro y una longitud aproximada a los 3,50m; evitando que en el almacenamiento se lleguen a torcer o trizar para garantizar la calidad de la fibra al momento de los ensayos.

Para la transportación, almacenaje y secado, se colocó las fibras en un mismo orden para amararlas con sogas de nailon; se transportó de una forma adecuada para evitar que se doble o genere trizaduras; en el primer corte se almaceno a la totora en un lugar con poca ventilación generando hongos y pudrición, generando un desperdicio del 50% de la cosecha, ya que la perdida de la humedad de las mismas fibras provoco este fenómeno, además para un correcto secado de las fibras que se pudieron rescatar se las coloco en un lugar ventilado y bajo sombra, obteniendo un secado de 75% a los 15 días, y para las totoras del segundo corte ya se colocó en un lugar adecuado para el aprovechamiento total de todas las fibras, obteniendo un secado óptimo a los 30 días.

Elaboración de las probetas:

Para garantizar el correcto secado y adherencia de las fibras a los distintos aglutinantes para la realización de las probetas se dejó secar por tres meses, cuando su contenido de humedad sea el idóneo (del 6 al 12 %); donde se seleccionaron y cortaron a las fibras tanto para tracción, flexión y compresión.



FOTOGRAFÍA 8: PREPARACIÓN DE PROBETAS. FUENTE: PROPIA

Ensayos a tracción

Se realizaron varias selecciones de muestras, ya que, al no contar con una norma definida, se experimentó con varios métodos, los ensayos a tracción fueron realizados mediante la maquina universal 100000kg.f para traccionar aceros.



FOTOGRAFÍA 9: MÁQUINA DE ENSAYOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA.

1. Selección de fibras al azar, clasificándolas según el diámetro, comprendido entre 0.8 – 1.0 cm, y de 1.2 – 1.5 cm, separando 3 muestras por cada tipo con una longitud útil de 50cm, obteniendo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A TRACCIÓN

MUESTRA	ALTO	DIÁMETRO	PESO	FUERZA	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
1	50cm	0.8 – 1 cm	4 g	102 kgf	Al ser las fibras más delgadas da mayor resistencia a la tracción	
2	50cm	0.8 – 1 cm	4 g	68 kgf	Al ser las fibras más delgadas da mayor resistencia a la tracción	
3	50cm	0.8 – 1 cm	4 g	54 kgf	Al ser las fibras más delgadas da mayor resistencia a la tracción	
4	50cm	1.2 – 1.5 cm	6 g	20 kgf	La ruptura se produjo en la unión de las fibras con las mordazas.	
5	50cm	1.2 – 1.5 cm	6 g	27 kgf	Las fibras con mayor diámetro tuvieron menor resistencia.	
6	50cm	1.2 – 1.5 cm	6 g	27 kgf	Las fibras con mayor diámetro tuvieron menor resistencia.	

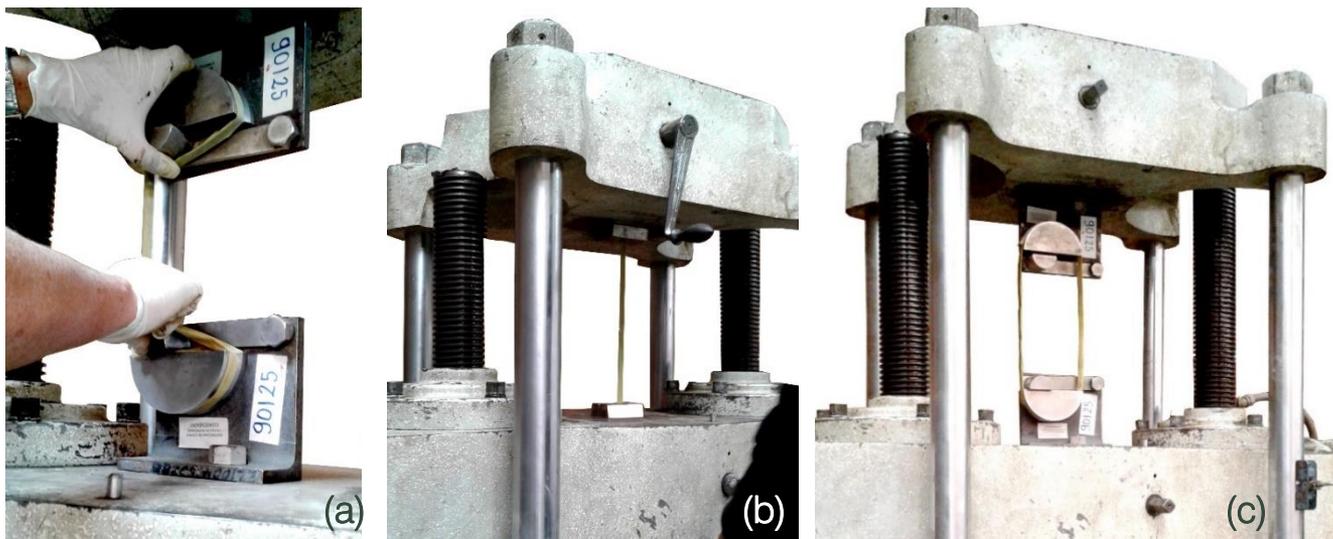
TABLA 3: ENSAYOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

2. Para los segundos ensayos, se volvió a cosechar totora en la que se tuvo un mejor manejo y cuidado con el secado y almacenamiento, tomando en cuenta la normativa analizada, se seleccionaron fibras de más de 3m de longitud para obtener tres muestras de la misma fibra.



FOTOGRAFÍA 10: MUESTRAS PARA FIBRAS DE ENSAYOS. FUENTE: PROPIA.

Aplicando este proceso a fibras de 3 meses, 21 días, 7 días y 1 día de secado, realizando distintos métodos de ensayo, mediante (a) base para ensayos de cables, (b) mordazas y (c) bandas.



FOTOGRAFÍA 11: MÉTODOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA

Obteniendo los siguientes resultados en fibras de 3 meses de secado:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A TRACCIÓN (base para ensayos de cables) (a)

MUESTRA	LONGITUD	FUERZA	OBSERVACIONES
A1	100cm	34 kgf	Al ser las fibras de tres meses de secado, perdieron mucha humedad y se generó ruptura en el vértice de la base para los ensayos
A2		Sin valor	
A3		Sin valor	
B1	100cm	48 kgf	Para estos ensayos se hidrataron a las fibras rociándoles agua, ya que en los ensayos anteriores la ruptura se efectuó en el vértice de la base, pero en la muestra B3, al ser las más delgadas, la ruptura fue igual a las muestras anteriores.
B2		54 kgf	
B3		17 kgf	
C1	100cm	43 kgf	Para estos ensayos se hidrataron a las fibras rociándoles agua, en la muestra C3, al ser las más delgadas, la ruptura fue igual a las muestras anteriores en el vértice de la base.
C2		27 kgf	
C3		17 kgf	
D1	100cm	41 kgf	Para estos ensayos se hidrataron a las fibras rociándoles agua, en la muestra D2 y D3, la ruptura fue igual a las muestras anteriores en el vértice de la base.
D2		41 kgf	
D3		24 kgf	

TABLA 4: ENSAYOS A TRACCIÓN (A). FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

En estos nuevos ensayos a tracción, se colocaron en los bordes de las fibras mangueras para proteger y evitar que la ruptura se genere en la mordaza, a fibras de 3 meses (F), 21 días (M) y 5 días (N) de secado, obteniendo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A TRACCIÓN (mordazas) (b)

MUESTRA	LONGITUD	FUERZA	OBSERVACIONES
F1	70cm	27 kg.f	Al ser las fibras de tres meses de secado, la muestra del centro dio la mayor resistencia en relación al resto de la fibra.
F2		99 Kg.f	
F3		34 Kg.f	
M1	70cm	71 kgf	La muestra M3, al ser la más delgada de la fibra, no dio resultado, ya que se rompió al momento de insertarla en la máquina.
M2		41 kgf	
M3		Sin valor	
N1	70cm	85 kgf	Las muestras más anchas en relación a la fibra, dieron resultados similares.
N2		85 kgf	
N3		24 kgf	

TABLA 5: ENSAYOS A TRACCIÓN (B). FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Al observar que la ruptura generada en las muestras utilizadas en la base para ensayos de cables, se daba en el vértice de ésta, se optó por realizar bandas de totora, con una longitud de 1m y traslape de 10cm por cada muestra, uniéndolas con PEGATUBO (adhesivo para tubería de PVC de adheplast), ya que al tener un recubrimiento plástico natural de la superficie de las fibras de totora, este pegamento permitió realizar los ensayos sin generar desplazamiento ni ruptura de las fibras en la unión, obteniendo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A TRACCIÓN (bandas) (c)			
MUESTRA	LONGITUD	FUERZA	OBSERVACIONES
A1 A2	70cm	37 kg.f 41 Kg.f	Al ser las fibras de 3 meses de secado, los resultados fueron bajos en relación a las otras fibras.
E1 E2 E3	70cm	65 kgf 68 kgf 65 kgf	Las muestras dieron resultados muy similares al ser fibras de 21 días de secado.

TABLA 6: ENSAYOS A TRACCIÓN DE BANDAS (c). FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Se puede observar que la mayor carga que resistió fue de 102kg.f y que la menor fue de 20 Kg.f en fibras de 3 meses de secado, pero sin tener las consideraciones de la norma, mientras que en los segundos ensayos la mayor resistencia fue de 99Kg.f y la menor de 17Kg.f.

Ensayos a compresión

Para estos ensayos se realizaron 2 etapas. Las primeras se realizaron con distintos aglomerantes a probetas de un mismo diámetro y altura; mientras que, en la segunda etapa, los ensayos fueron realizados con los aglutinantes que dieron mejores resultados a probetas de distintos diámetros. Los ensayos a tracción fueron realizados mediante la maquina ADR TOUCH – ELE Internacional 100000kgf para la compresión de hormigones, adobes y ladrillos.



FOTOGRAFÍA 12: MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN. FUENTE: PROPIA.

1. Luego de la selección de las fibras, se cortó cada una con un alto de 26cm, indistintamente de la longitud total de la totora, para la conformación de probetas tipo cilindro de 7.5cm de diámetro, y en las cuales se probaron pegantes naturales como artificiales, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

AGLUTINANTES

PEGANTE	NOMBRE COMERCIAL	FORMA DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
NATURAL	<ol style="list-style-type: none"> 1) Goma arábica. 2) Cola granulada (de cartílago) 3) Cola corvina (nombre común); cola huagra; Acémila o cola de caballo (según Arq. Cesar Piedra) 	<p>Se realizaron 3 formas de aplicación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Una mano de pegante por el exterior de la probeta utilizando una brocha. 2) Inmersión de las fibras en este pegante por 10 min. 3) Fusión de las dos formas anteriores. 	<p>La preparación de los 3 pegantes naturales se la realizó mediante baño maría, un día después de haberla dejado en remojo en relación de 1 galón de agua por 1 libra de pegante.</p>	
ARTIFICIAL	Pegante para madera Q1K	<p>Se realizaron 3 formas de aplicación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una mano de pegante por el exterior de la probeta utilizando una brocha. 2. Inmersión de las fibras en este pegante por 10 min. 3. Fusión de las dos formas anteriores. 	<p>Esta resina vinílica se utiliza en los laboratorios de INNOVACENTRO en el tratamiento de sus maderas.</p>	
ARTIFICIAL	Resincola para madera	<p>Se realizaron 3 formas de aplicación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Una mano de pegante por el exterior de la probeta utilizando una brocha. 2. Inmersión de las fibras en este pegante por 10 min. 3. Fusión de las dos formas anteriores. 	<p>RESINCOLA Parquet PR141 y Madera PRM-45</p>	

TABLA 7: AGLUTINANTES. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

La aplicación de los pegantes se realizó mediante inmersión, diluyendo el pegante con agua en relación 3:1 (3 de pegante, 1 de agua), este proceso se lo realizó por 24 horas, para luego sacar la probeta y dejarlo secar en sombra al aire libre por una semana; mientras que, por absorción por capilaridad, se regaba pegamento diluido cada 30 minutos por 5 horas, hasta comprobar que el pegante se encuentre en la parte superior de la probeta, como se pueden apreciar en las siguientes imágenes:



FOTOGRAFÍA 13: ABSORCIÓN POR INMERSIÓN Y CAPILARIDAD. FUENTE: PROPIA.

Estos aglutinantes se aplicaron a las probetas de totora, previamente realizados, con una altura de 26.5cm y un diámetro de 7.5cm, sujetos por abrazaderas de alambre en sus extremos y mitad de las fibras para evitar deformaciones, dejándolos secar por una semana, al aire libre, bajo sombra para realizar los respectivos ensayos; obteniendo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A COMPRESIÓN

MUESTRA	ALTO	DIÁMETRO	PESO	ESFUERZO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
1	26.5 cm	7.5 cm	199.1g	576 kgf	Como aglutinante se utilizó Resincola aplicada con brocha a cada fibra antes de formar el cilindro	
2	26.5 cm	7.5 cm	177 g	400 kgf	Como aglutinante se utilizó pegante para madera Q1K aplicada con brocha en su exterior después de formar el cilindro.	
3	26.5 cm	7.5 cm	194.4 g	436 kgf	Como aglutinante se utilizó pegante para madera Q1K aplicada con brocha a cada fibra antes de formar el cilindro	
4	26.5 cm	7.5 cm	165.6 g	186 kgf	Como aglutinante se utilizó goma natural aplicado a todas las fibras antes y después de realizar el cilindro	
5	26.5 cm	7.5 cm	131.6 g	206 kgf	No se aplicó ningún aglutinante, se realizó las pruebas a este cilindro al natural.	

TABLA 8: ENSAYOS A COMPRESIÓN - U. CUENCA. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Se realizaron los mismos ensayos, mediante la máquina de compresión simple, obteniendo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A COMPRESIÓN						
MUESTRA	ALTO	DIÁMETRO	ESFUERZO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA	
1	26.5 cm	7.5 cm	19.21 Kg/cm ²	Como aglutinante se utilizó Resincola aplicada con brocha a cada fibra después de formar el cilindro		
2	26.5 cm	7.5 cm	38.54 Kg/cm ²	Como aglutinante se utilizó pegante para madera Q1K aplicada con brocha en su exterior después de formar el cilindro.		
3	26.5 cm	7.5 cm	25.06 Kg/cm ²	Como aglutinante se utilizó goma natural aplicado a todas las fibras antes y después de realizar el cilindro, adicionalmente se lo dejó 2 horas en inmersión.		
4	26.5 cm	7.5 cm	12.48 Kg/cm ²	No se aplicó ningún aglutinante, se realizó las pruebas a este cilindro al natural.		

TABLA 9: ENSAYOS A COMPRESIÓN - U. CATÓLICA. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

- Para la segunda etapa de ensayos, se aplicó el pegante que mejores resultados dio en los ensayos realizados anteriormente, es decir, la pega industrial para maderas Q1K, y se generaron cilindros de distintos diámetros, 25cm – 20cm – 15cm – 10cm; mediante moldes para probetas de hormigón.



FOTOGRAFÍA 14: PROBETAS PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN. FUENTE: PROPIA.

Aplicando aglutinante mediante absorción y por capilaridad, recubriéndolo con una capa adicional mediante una mano de brocha por el exterior de cada probeta, se lo dejó secar al aire libre bajo sombra durante una semana para realizar los respectivos ensayos, y se obtuvo los siguientes resultados:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A COMPRESIÓN

MUESTRA	ALTO	DIÁMETRO	PESO	ESFUERZO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
1	20 cm	25 cm	1.4368 Kg	3518.5 Kg.f	Como aglutinante se utilizó Resincola aplicada con brocha a cada fibra después de formar el cilindro	
2	20 cm	20 cm	0.6338 Kg	1727.3 Kg.f	Como aglutinante se utilizó pegante para madera Q1K aplicada con brocha en su exterior después de formar el cilindro.	
3	20 cm	15 cm	0.4231 Kg	1497.5 Kg.f	Como aglutinante se utilizó goma natural aplicado a todas las fibras antes y después de realizar el cilindro, adicionalmente se lo dejó 2 horas en inmersión.	
4	20 cm	10 cm	0.3211 Kg	846.0 Kg.f	No se aplicó ningún aglutinante, se realizó las pruebas a este cilindro al natural.	

TABLA 10: ENSAYOS A COMPRESIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Se puede observar que, a mayor diámetro, la resistencia a las cargas es mayor, pero las fibras vuelven a su estado natural luego que se retiran las cargas.

Ensayos a flexión

Con los mismos criterios de preparación de las probetas para los ensayos a compresión, se configuraron cilindros para estos ensayos, experimentando con cuatro probetas de distintos aditivos. Los ensayos a tracción fueron realizados mediante la maquina ADR TOUCH – ELE Internacional 100000kgf para la flexión de maderas, hormigones y ladrillos.



FOTOGRAFÍA 15: MÁQUINA DE ENSAYOS A FLEXIÓN. FUENTE: PROPIA.

En la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos a ensayos de flexión a cuatro distintas probetas:

ESFUERZO DE LAS FIBRAS A FLEXIÓN

MUESTRA	ALTO	DIÁMETRO	PESO	ESFUERZO	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍA
1	26.5 cm	7.5 cm	157.5g	156 kgf	Resincola	
2	26.5 cm	7.5 cm	169.2g	126 kgf	Pegante Q1K	
3	26.5 cm	7.5 cm	154.8g	436 kgf	Adhitivos naturales	
4	26.5 cm	7.5 cm	128.9g	186 kgf	Sin pegante	

TABLA 11: ENSAYOS A FLEXIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Los resultados obtenidos en los ensayos a flexión son variables, ya que al momento de ejercer fuerza sobre las probetas la deformación generada vuelve a la normalidad cuando se retira de la máquina de ensayos, por la configuración natural de las fibras, siendo su característica plástica del recubrimiento exterior que no permite generar valores para este estudio.

Ensayos de humedad

Para estos ensayos se realizaron mediante dos métodos: el primero, en medición directa con xilohigrómetro en fibras que nos permitieron obtener datos por su densidad; y los segundos, mediante secado en horno.

Los valores que se obtuvieron con xilohigrómetro son del 7% de humedad en 21 días de secado, y del 4% de humedad en fibras de 3 meses de secado, sabiendo que su proceso de secado fue al aire libre, bajo sombra.



FOTOGRAFÍA 16: XILOHIGRÓMETRO. FUENTE: PROPIA.

Para los ensayos de humedad mediante secado en horno se obtuvieron fibras de 7 días de secado, seleccionando la fibra con mayor longitud (3.50m), e igual que en los ensayos a tracción se dividió la fibra en 3 partes, para obtener 3 muestras de 4 cm de longitud de cada tercio, siendo pesadas antes y después del secado en horno (110°C durante 24 horas). Obteniendo los siguientes valores:

ENSAYOS DE HUMEDAD		
MUESTRA	PESO HÚMEDO (g)	PESO SECO (g)
A1	1.6 g.	0.1 g.
A2	1.7 g.	0.2 g.
A3	1.7 g.	0.2 g.
B1	1.0 g.	0.1 g.
B2	0.9 g.	0.03 g.
B3	0.7 g.	0.03 g.
B4	0.7 g.	0.03 g.
C1	0.4 g.	0.2 g.
C2	0.7 g.	0.4 g.
C3	0.6 g.	0.4 g.

TABLA 12: PESOS Y VALORES DE HUMEDAD. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Mediante la siguiente fórmula se obtuvieron los porcentajes de humedad:

$$\text{Humedad \%} = \frac{PH - PS}{PS} * 100$$

Donde:

PH= peso húmedo

PS= peso seco

Obteniendo los siguientes valores:

ENSAYOS DE HUMEDAD	
MUESTRA	% de HUMEDAD
A1	6.25%
A2	11.76%
A3	11.76%
B1	20%
B2	3.33%
B3	4.28%
B4	4.28%
C1	50%
C2	57.14%
C3	66.66%

TABLA 13: PORCENTAJES DE HUMEDAD. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.



FOTOGRAFÍA 17: MUESTRAS PARA PRUEBAS DE ENSAYO. FUENTE: PROPIA.



FOTOGRAFÍA 18: FIBRAS DE ENSAYOS DE HUMEDAD. FUENTE: PROPIA.

Se puede observar que la mayoría de las muestras, al pasar por el horno, perdieron casi toda su humedad, quedando con el 6.25% como menor porcentaje de las fibras del extremo inferior y el 66.66% de las fibras del extremo superior.

FOTOGRAFÍAS MICROSCRÓPICAS



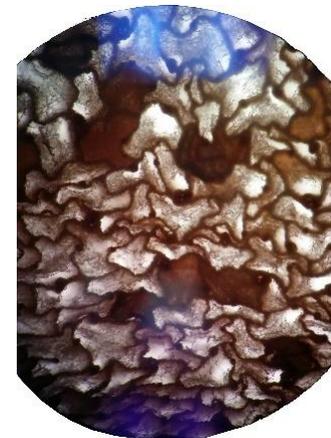
1 DIA DE CORTE



7 DIAS DE CORTE



21 DIAS DE CORTE



90 DIAS DE CORTE

TABLA 14: MUESTRAS DE DISTINTOS DÍAS DE SECADO. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Las imágenes microscópicas de las fibras de totora, se la realizaron con un microscopio CX Olympus CX-31, con un lente 10X, que denotan reducción de su diámetro de sus cavidades internas, al perder la humedad en su interior, ya que la fibra de 1 día de corte tiene un radio de 3cm, y la última fibra, de 90 días de corte, con un radio de 8mm.



RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESULTADOS

- **Toma de muestras:** se deben seleccionar fibras que contengan la misma altura, entre 3 y 3,5m de longitud; diferenciando así, las fibras maduras de las que están en proceso de crecimiento, las fibras de totora deben estar sanas y libres de todo. Las fibras deterioradas, quebradas o descoloridos se deben desechar.
- **Corte, rotulado y trozado:** se registrará los siguientes datos: Nombre (botánico y local). Nombre de la localidad. Cantidad de totoras seleccionados. Fecha de siembra. Detalles acerca de marcas y defectos en las totoras. Fecha de corte y despacho. Nombre y firma del responsable del corte, rotulado y trozado. Se debe registrar la altura, en metros, de estos segmentos a partir del nivel donde las fibras de totora fueron cortadas.
- **Almacenamiento y despacho:** el almacenamiento se los debe realizar en un lugar ventilado, con sombra, protegido de la lluvia que permita una adecuada ventilación en toda la superficie del material. Se debe supervisar que las fibras se encuentren libres de polilla, y rotarlas de su posición cada 2 días, para un correcto secado. Su despacho se lo realizará preferiblemente en un lapso de dos semanas después del corte.
- **Rotulado y trozado en probetas:** la cantidad de probetas para cada ensayo no debe ser inferior a 3 por cada tipo de aglutinante, para poder obtener un promedio por cada tipo de prueba, se las nombrará según el tiempo de secado, aditivo y ensayo, respectivamente.
- **Informe del ensayo:** se debe incluir la siguiente información: Nombre y dirección del laboratorio, fecha del ensayo, y nombre del responsable del ensayo. Detalles de los especímenes de ensayo. Temperatura y humedad del aire en el laboratorio. Equipo utilizado y toda información que pueda influir en el uso de los resultados del ensayo.
- **Contenido de humedad:** las probetas se deben pesar con una exactitud de 0.01g para ser secadas en un horno a una temperatura de 110 °C. después de 24h, se debe registrar la masa de cada una de las probetas. Obteniendo un contenido óptimo entre el 6% al 12% de humedad para poder realizar los respectivos usos y ensayos.

Para los resultados de tracción se promediaron los resultados alcanzados, obteniendo sus valores extremos, destacando los ensayos con 99kgf para las fibras protegidas los extremos con mangueras, y de 102kgf de fibras escogidas al azar.

En los ensayos a compresión, los resultados de las primeras probetas de 7,5cm de diámetro fueron de 576Kgf; mientras que en los de 25, 20, 15 y 10 cm fueron: 3518.5 kgf, 1727.3 kgf, 1497.5 kgf y, 846.0 kgf respectivamente. Mientras que, en los ensayos a flexión, como ya se describió anteriormente, por las características físicas de sus fibras, el máximo valor es de 436 Kgf.

Se realizaron comparaciones con fibras de similitud procedencia a la totora, entre ellas Madera (Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014), Guadua (MIDUVI, 2016) y Bambú (Morán Ubidia, 2015). De los cuales se obtuvieron datos técnicos de flexión, tensión, compresión y humedad para realizar los respectivos datos comparativos, siendo los siguientes valores:

FIBRA	VALORES	
MADERA	Flexión	10 MPa
	Tracción	7.5 MPa
	Compresión	1.5 MPa
	Humedad	12%
BAMBÚ	Flexión	5 MPa
	Tracción	16 MPa
	Compresión	13 MPa
	Humedad	15-20%
GUADUA	Flexión	15 MPa
	Tracción	19 MPa
	Compresión	14 MPa
	Humedad	12%

TABLA 15: ESFUERZOS ADMISIBLES. FUENTE: NORMAS TÉCNICAS. ELABORACIÓN: PROPIA.

Para los esfuerzos y deformaciones máximos de totora, se obtuvieron de estudios de tesis de maestría, siendo: esfuerzo máximo 88.501 MPa, deformación máxima 0.05132 (mm/mm), coeficiente de elasticidad 1832.0185 MPa. (Mejía Echeverría, 2017).

Determinando los esfuerzos admisibles de cada uno de los ensayos de totora, mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Siendo:

P= esfuerzo

A= área

Obteniendo los valores de esfuerzos en la siguiente tabla:

Esfuerzos de fibras de Totora			
Ø	Tracción	Compresión	Flexión
0.8 – 3cm	22.57 Kg/cm ²		
7.5cm		13.03 Kg/cm ²	9.87 Kg/cm ²
10cm		44.80 Kg/cm ²	
15cm		9.74 Kg/cm ²	
20cm		4.77 Kg/cm ²	
25cm		1.72 Kg/cm ²	

TABLA 16: ESFUERZOS ADMISIBLES DE TOTORA. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Realizando comparaciones con los valores obtenidos, se realizó la siguiente tabla:

FLEXIÓN		
MADERA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
10 MPa	0.0987 MPa	0.987 %
BAMBÚ	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
5 MPa	0.0987 MPa	1.975 %
GUADUA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
15 MPa	0.0987 MPa	0.658 %

TABLA 17: DATOS COMPARATIVOS A FLEXIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

TRACCIÓN		
MADERA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
7.5 MPa	0.2257 MPa	3.009 %
BAMBÚ	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
16 MPa	0.2257 MPa	1.41 %
GUADUA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
19 MPa	0.2257 MPa	1.19 %

TABLA 18: DATOS COMPARATIVOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

COMPRESIÓN		
MADERA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
1.5 MPa	0.1303 MPa	8.69 %
	0.4480 MPa	29.87 %
	0.0974 MPa	6.49%
	0.0477 MPa	3.18 %
	0.0172 MPa	1.146 %
BAMBÚ	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
13 MPa	0.1303 MPa	1.002 %
	0.4480 MPa	3.44 %
	0.0974 MPa	0.749 %
	0.0477 MPa	0.367 %
	0.0172 MPa	0.132 %
GUADUA	TOTORA	% Comparativo de esfuerzo
14 MPa	0.1303 MPa	0.93 %
	0.4480 MPa	3.2 %
	0.0974 MPa	0.695 %
	0.0477 MPa	0.34%
	0.0172 MPa	0.123 %

TABLA 19: DATOS COMPARATIVOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

HUMEDAD		
MADERA	TOTORA	% Comparativo de humedad
12 %	6.25%	52.08 %
BAMBÚ	TOTORA	% Comparativo de humedad
15 %	6.25%	41.67 %
GUADUA	TOTORA	% Comparativo de humedad
12 %	6.25%	52.08 %

TABLA 20: DATOS COMPARATIVOS A TRACCIÓN. FUENTE: PROPIA. ELABORACIÓN: PROPIA.

Estas comparaciones se limitan por ser ensayos experimentales con datos aproximados y no concluyentes, no se pudo relacionar los resultados con las mismas características de las fibras con norma, ya que las propiedades físicas y morfológicas en relación a la totora distan mucho de los datos comparativos.

DISCUSIÓN

El uso de la totora en el Ecuador, se ha visto limitada para la aplicación de artesanías, mobiliario, elementos decorativos, entre otros; por lo que el presente estudio busca generar un nuevo paradigma sobre la aplicación de estas fibras en elementos constructivos.

El crecimiento y obtención de fibras de totora en nuestro entorno se lo puede ubicar en zonas de una altitud de 2500 m.s.n.m. cerca de fuentes hídricas, dentro de humedales, siendo un material renovable y de fácil acceso.

Al no contar con una norma que trate sobre el uso y aplicación de estas fibras en la construcción en nuestro medio, se permitió fundamentar estos estudios en base a la norma técnica colombiana NTC – 5525; siendo un estudio aplicado a la guadua, fibra natural de similitud procedencia como lo es la totora, en el cual se obtuvo técnicas y características para la manipulación y tratamiento a estas fibras.

Al momento de efectuar los respectivos ensayos mecánicos, nos vimos imposibilitados en realizar comparaciones con la norma técnica mencionada, debido a que ésta analiza un culmo de guadua, mientras que la totora carece de esta característica, ya que, el desarrollo de su longitud es variable, va desde los 3cm de diámetro en su tallo, hasta los 0.2 cm en la parte superior de la fibra. Aunque los métodos y técnicas para: toma de muestras, corte rotulado y trozado, almacenamiento y despacho, rotulado y trozado en probetas, informes de ensayos y contenidos de humedad nos sirvió de base en la generación de parámetros aplicados en la obtención de fibras, tanto para ensayos como para la posible ejecución de elementos arquitectónicos aplicados en viviendas que contemplen una sola planta.

De los resultados obtenidos a los distintos ensayos mecánicos a flexión, tracción, compresión y humedad, se realizaron comparaciones de los valores más representativos con fibras de la misma procedencia natural, es decir, con la madera, guadua y bambú, que nos permite originar parámetros cualitativos en relación a estas fibras que poseen normas técnicas y elementos constructivos ya aplicados a viviendas.

Con estos resultados, se pretende establecer un punto de partida para profundizar el estudio de elementos y materias primas renovables para la construcción; tanto para entidades gubernamentales que generen normativas sobre el uso, sembrío y explotación de fibras de totora como una preocupación de estado por preservar los ecosistemas existentes, como para investigadores que busquen nuevas alternativas hacia una arquitectura verde e incluyente, que es hacia donde apunta este estudio.

CONCLUSIONES

- Al saber que la totora se usa desde tiempos ancestrales, y al ser un material ecológico y renovable, se debe hacer hincapié en el estudio de estas fibras para el uso y aplicación en elementos que involucran a la construcción.
- Las experimentaciones realizadas, denotan que es necesario la generación de una norma técnica que sirva como eje para incentivar el uso y aplicación, ya sea en viviendas de tipo social, emergentes o lugares donde se pueda obtener esta fibra, teniendo en cuenta su entorno y conservación de su ecosistema.
- Se espera que sirva de motivación para la continuación de nuevos estudios en base a los resultados obtenidos, ya que el uso de materiales renovables y ecológicos, generarían nuevos sistemas y técnicas hacia una arquitectura verde o ecológica.

RECOMENDACIONES

- Generar estudios, donde se pueda mejorar los aditivos con estas fibras, ya que, al tener una superficie exterior lisa, dificultó la adherencia de los aglutinantes naturales para los respectivos.
- Plantear propuestas innovadoras de elementos constructivos, aplicados a la generación de viviendas unifamiliares, emergentes o de tipo social.
- Buscar nuevas alternativas de aplicaciones para la totora, para que el uso ancestral de estas fibras se siga manteniendo en la presente y futuras generaciones.

- AGUILAR ALBERCA, EDDY DANIEL; QUEZADA ZAMBRANO, R. A. (2017). *CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL ADO E EN EL CANTÓN CUENCA_ Anexos*. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Culcay Chérrez, A. (2014). Experimentación con la fibra Totorá, 68. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3903>
- Federico Lerner; ARCHQUID. (2017). "Cubo de Totorá" en Ecuador: fortaleciendo la identidad local a través de un diseño flexible y multiprogramático., 1–9. Retrieved from <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/801921/cubo-de-totora-en-ecuador-fortaleciendo-la-identidad-local-a-traves-de-un-diseno-flexible-y-multiprogramatico>
- Flachier, A., Chiriboga, C., John, D., & Catherine, T. (1997). *INVENTARIO DE HUMEDALES DEL ECUADOR*.
- Hidalgo, J. F. (2007). Aprovechamiento de la totora como material de construcción, 186. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10435.20001>
- HIDALGO C, A. P. (2015). *Turismo Sostenible: Una propuesta para el desarrollo local de la Comunidad de Paccha*.
- Instituto Nacional de Normas Técnicas. (2007). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5525*. COLOMBIA.
- Lerner, F. (2016). Cubo de totora, 3–5.
- Mejía Echeverría, C. D. (2017). *Caracterización de un material con matriz de resina poliéster y refuerzo con fibra natural de totora (Schoenoplectus californicus), mediante simulación a partir de microfotografía. (Mater's thesis)*. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13283>
- MIDUVI, M. de D. U. y V. Estructuras de Guadua (GaK) (2016). Retrieved from <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>
- Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Estructuras de madera*. <https://doi.org/10.4067/S0717-69962013000200001>
- Morán Ubidia, J. (2015). *Construir con Bambú*.
- Toral, J. L., Pucha, L., Gonzáles, I., & Arévalo, O. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia San Rafael de la Laguna*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

REFERENCIAS



ANEXOS

Ficha técnica de máquina de ensayos a flexión y compresión:

Tipo	Equipo
Uso	Determinación de la carga máxima que soporta un material, ya sea a compresión o flexión.
Capacidad	Carga máxima 1555 KN
Características a flexión	Nivel de falla = 2 % Umbral de falla = 980 N Nivel de ritmo = 289,8 N Límite de tara = 980 N Supresión a cero = 489.6 N Velocidad de carga = 49 N/seg.
Características a compresión	Nivel de falla = 2 % Umbral de falla = 980 N Nivel de ritmo = 882 N Límite de tara = 980 N Supresión a cero = 784 N Velocidad de carga = 980 N/seg.



Calibrando los equipos a los niveles más bajos permisibles (adobe) debido a la falta de normas técnicas para este tipo de ensayos.

TABLA 21: FICHA DE MAQUINARIA DE ENSAYOS. FUENTE:(AGUILAR ALBERCA,EDDY DANIEL; QUEZADA ZAMBRANO, 2017) . **ELABORACIÓN: PROPIA.**

Ficha técnica de microscopio para ensayos de humedad:

Tipo	Equipo
Uso	Un instrumento óptico que contiene dos o más lentes que permiten obtener una imagen aumentada de un objeto estudiado
Sistema óptico	UIS (Universal, corregido al infinito)
Enfoque	Movimiento vertical de la platina por rodillo (engranaje y piñón) Distancia por rotación: 36.8mm Rango total por movimiento: 25mm Tope superior por dial pre-enfocado simplificado. Ajuste de la tensión en el tornillo macrométrico
Tubo de observación binocular	Número de Campo: 20 Inclinación del Tubo: 30° Rango de Ajuste de la Distancia Interpupilar: 48-75mm

Los ensayos fueron realizados con lente 10x



TABLA 22: FICHA DE MICROSCOPIO DE ENSAYOS. ELABORACIÓN: PROPIA.

 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>desde 1827</small>		ENSAYOS DE FLEXIÓN		Número: 0001		 Tipo 1		 Tipo 2		 Tipo 3		 Tipo 4	
		Facultad de Arquitectura Urbanismo de la Universidad de Cuenca				Fecha de creación:							
		Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas				Fecha de revisión:							
		Instrumento tipo Máquina para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ACCU-TEK touch 350 ,				Año: 2017							
				Serie: 000001									

Proyecto: TOTORA: análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.

Solicitado por: Ing. Juan Medardo Solá Quintuña

FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	EDAD ENSAYO (dias)	PESO W (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA APROX. (cm ²)	P. VOLU. (kg/mc)	C. DE ROTURA (kg)	F. DE ROTURA (kg/cm ²)	CODIGO	HORA	TIPO	Temperatura (°C)		Humedad relativa %		OBSERVACIONES	RESPONSABLE
10-may-17	31-jul-17	82	157,5	26,5	7,5	199	30	156	0,785	1	09:45	1	18,80	40,40	40,40	RESINCOLA	Arq. Edison Castillo C.	
10-may-17	31-jul-17	82	169,2	26,5	7,5	199	32	126	0,634	2	09:45	2	18,80	40,40	40,40	PEGANTE QIK		
10-may-17	31-jul-17	82	154,8	26,5	7,5	199	29	436	2,194	3	09:45	3	18,80	40,40	40,40	ADITIVOS NATURALES		
10-may-17	31-jul-17	82	128,9	26,5	7,5	199	24	186	0,936	4	09:45	4	18,80	40,40	40,40	SIN PEGANTE		

 UNIVERSIDAD DE CUENCA <small>desde 1827</small>		ENSAYOS DE TRACCIÓN		Número: 0002		 Tipo 1		 Tipo 2		 Tipo 3		 Tipo 4	
		Facultad de Arquitectura Urbanismo de la Universidad de Cuenca				Fecha de creación:							
		Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas				Fecha de revisión:							
		Instrumento tipo: Máquina universal 100000 Kg.f para traccionar aceros				Año: 2017							
				Serie: 000001									

Proyecto: TOTORA: análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.

Solicitado por: Ing. Juan Medardo Solá Quintuña

FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	EDAD ENSAYO (dias)	PESO W (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA APROX. (cm ²)	P. VOLU. (kg/mc)	C. DE ROTURA (kg)	F. DE ROTURA (kg/cm ²)	CODIGO	HORA	TIPO	Temperatura (°C)		Humedad relativa %		OBSERVACIONES	RESPONSABLE
10-may-17	31-jul-17	82	4	50	1	50	2	102	2,040	1	09:45	1	18,80	40,40	40,40		Arq. Edison Castillo C.	
10-may-17	31-jul-17	82	4	50	1	50	2	68	1,360	2	09:45	2	18,80	40,40	40,40			
10-may-17	31-jul-17	82	4	50	1	50	2	54	1,080	3	09:45	3	18,80	40,40	40,40			
10-may-17	31-jul-17	82	6	50	1,5	75	2	20	0,267	4	09:45	4	18,80	40,40	40,40			
			6	50	1,5	75	2	27	0,360	5	09:45	5	18,80	40,40	40,40			
			6	50	1,5	75	2	27	0,360	6	09:45	6	18,80	40,40	40,40			



ENSAYOS DE COMPRESIÓN

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas





Número: 0003

Fecha de creación:

Fecha de revisión:

Año: 2017

Instrumento tipo: Máquina para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ADR TOUCH-ELE 100000 kgf Serie: 0000001

Proyecto: TOTORA: análisis de su comportamiento como material en la construcción para futuras aplicaciones.
Solicitado por: Ing. Juan Medardo Solá Quintuña

FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	EDAD ENSAYO (días)	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	ÁREA APROX. (cm ²)	P. VOLU. (kg/mc)	C. DE ROTURA (kg)	F. DE ROTURA (kg/cm ²)	CODIGO	HORA	TIPO	Temperatura (°C)	Humedad relativa z	OBSERVACIONES	RESPONSABLE
10-may-17	31-jul-17	82	199,1	26,5	7,5	199	38	576	2,898	1	09:45	1	18,80	40,40	RESINCOLA	
10-may-17	31-jul-17	82	177	26,5	7,5	199	34	400	2,013	2	09:45	2	18,80	40,40	PEGANTE QIK	Arq. Edison Castillo C.
10-may-17	31-jul-17	82	194,4	26,5	7,5	199	37	436	2,194	3	09:45	3	18,80	40,40	PEGANTE QIK	
10-may-17	31-jul-17	82	165	26,5	7,5	199	31	186	0,936	4	09:45	4	18,80	40,40	ADITIVOS MATRIUALES	
10-may-17	31-jul-17	82	131	26,5	7,5	199	25	206	1,036	5	09:45	5	18,80	40,40	SIM PEGANTE	Sr. Atanacio Jara
15-sep-17	15-oct-17	30	120	26,5	7,5	199	23	206	1,036	A1	09:45	A1	18,80	40,40	RESINCOLA	
15-sep-17	15-oct-17	30	120	26,5	7,5	199	23	206	1,036	A2	09:45	A2	18,80	40,40	PEGANTE QIK	
15-sep-17	15-oct-17	30	120	26,5	7,5	199	23	206	1,036	A3	09:45	A3	18,80	40,40	ADITIVOS MATRIUALES	
15-sep-17	15-oct-17	30	120	26,5	7,5	199	23	206	1,036	A4	09:45	A4	18,80	40,40	SIM PEGANTE	
30-sep-17	15-nov-17	46	14368	20	25	500	1.437	3.519	7.037	B1	09:45	B1	18,80	40,40	PEGANTE QIK	
30-sep-17	15-nov-17	46	6338	20	20	400	792	1.727	4.318	B2	09:45	B2	18,80	40,40	PEGANTE QIK	Arq. Edison Castillo C.
30-sep-17	15-nov-17	46	4231	20	15	300	705	1.498	4.992	B3	09:45	B3	18,80	40,40	PEGANTE QIK	
30-sep-17	15-nov-17	46	3211	20	10	200	808	846	4.230	B4	09:45	B4	18,80	40,40	PEGANTE QIK	