

**PROTOTIPO Y SIMULACIÓN
CAD DE UNA CAMILLA TIPO
CUCHARA A BASE DE GUADUA
ANGUSTIFOLIA KUNTH**

**PROTOTYPE AND SIMULATION
CAD OF A STRETCHER TYPE
SPOON WITH GUADUA
ANGUSTIFOLIA KUNTH**

**PROTÓTIPO E SIMULAÇÃO
CAD DE UMA MACA TIPO
COLHER GIRATÓRIA COM
BASE EM GUADUA
ANGUSTIFOLIA KUNTH**

**Alonso Hernández Molano^a,
Nelson Iván Villamizar^b,
Sebastián García Velandia^c,
Sebastián Casas Sánchez^d**

Ingeniería Mecánica,
Grupo de Investigación y desarrollo de Ingeniería en
Nuevas Tecnologías (GIDINT),
Universidad Santo Tomás, seccional Tunja,

^aalonso.hernandez@usantoto.edu.co,
^bnelson.villamizar@usantoto.edu.co,
^csebastian.garcia@usantoto.edu.co,
^dsebastian.casas@usantoto.edu.co

Fecha de recepción: 25 de octubre 2017
Fecha de aprobación: 04 de junio 2018

Resumen

Muchas veces los accidentes, los riesgos y las contingencias son inevitables, pero manejables si se aporta una atención pre-hospitalaria (APH) eficiente, pero desafortunadamente hay un número significativo de pobreza en Colombia, lo cual afecta a la APH al no haber suficientes recursos, como las camillas, así que en este artículo se fijó como objetivo la implementación de *Guadua angustifolia* Kunth como material estructural para una camilla tipo cuchara, ampliamente utilizada en la APH en emergencias y contingencias en que los pacientes presentan lesiones a nivel de la médula espinal, que pueden comprometer su sistema nervioso central.

Para esto, fue importante tener un entendimiento más completo para la *Guadua angustifolia* Kunth, en relación al conocimiento de su resistencia mecánica, que es acatada por la aplicación de pruebas de resistencia destructivas contempladas por la Norma Técnica Colombiana: NTC 5525 y ensayos no destructivos, como la termografía infrarroja. Con esto, se obtuvo un punto de vista más preciso de resistencia mecánica, y así poder generar el modelo del concepto de una base estructural de una camilla tipo cuchara en *Guadua Angustifolia* Kunth, asistida por computadora (CAD) y, a continuación, simulada mediante elementos finitos en términos de esfuerzos lineales.

Palabras clave: Camilla tipo cuchara, *Guadua Angustifolia* Kunth, CAD, Elementos finitos.

Abstract

Many times the accidents, the risks and the contingencies is inevitable, but manageable if a pre-hospitalable attention is contributed (APH) efficient, but unfortunately is a significant digit of poverty in Colombia, which affects to the APH to not having sufficient resources, like the stretchers, so to this article the implementation of *Guadua paid attention* like objective *angustifolia* Kunth like structural material for a stretcher type spoon, widely used in the APH in emergency and contingencies in which the patients present injuries concerning the spinal marrow, which they can jeopardize his central nervous system.

For this, *angustifolia* Kunth was important to have a more complete understanding for the *Guadua*, in relation to the knowledge of its mechanical resistance that is accepted by the application of destructive tests of resistance contemplated by Norma Technical Columbian: NTC 5525 and non-destructive testing, like the infrared thermography. With this, a more precise point of view of mechanical resistance was obtained, and thus to be able to generate the model of the concept of a structural base of a stretcher type spoon in *Guadua Angustifolia* Kunth, computer-assisted (CAD) and, next, simulated by means of finite elements in terms of linear efforts.

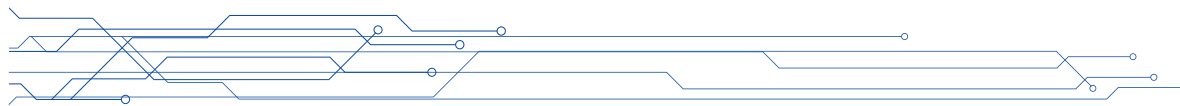
Key Words: Camillatipo spoon, *Guadua Angustifolia* Kunth, CAD, finite Elements.

Resumo

Frequentemente os acidentes, os riscos e as eventualidades são inevitáveis, mas manejáveis se trouxere-se uma atenção pre-hospitalaria (APH) eficaz, mas infelizmente há um número significativo de pobreza na Colômbia, que afeta o APH que não há recursos suficientes, como as macas, por conseguinte neste

artigo ele fixou como objetivo a aposta em obra de Guadua angustifolia Kunth como material estrutural para uma maca tipo colher giratória, largamente utilizada no APH em urgências e eventualidades nas quais os doentes apresentam lesões a nível da medula espinhal, que podem comprometer o seu sistema nervoso central. Pour ceci, il a été important d'avoir un entendement plus complet pour la Guadua angustifolia Kunth, par rapport à la connaissance de sa résistance mécanique, qui est observé par l'application d'essais de résistance destructifs considérés par Norma Técnica Colombiana: NTC 5525 et essais non destructifs, comme la thermographie infrarouge. Avec ceci, on a obtenu un point de vue plus précis que résistance mécanique, et ainsi pouvoir produire le modèle du concept d'une base structurelle d'un brancard type cuillère en Guadua Angustifolia Kunth, assistée par ordinateur (CAD) et, ensuite, simulé au moyen d'éléments caractère fini en termes d'efforts linéaires.

Palavras clave: Camillatipocuchara, Guadua Angustifolia Kunth, CAD, Elementos carácter Terminado



I. INTRODUCCIÓN

El departamento de Boyacá está constituido por 123 municipios, en los cuales, se controla un registro de porcentaje de personas discapacitadas o con lesiones de motricidad física. Según el censo del año 2005, en el departamento de Boyacá se alberga un predominio del 8.7% de la población con limitaciones permanentes, así existen 108.121 personas con alguna limitación; el registro para la localización y caracterización de las personas con discapacidad reporta 36.654 personas, con una cobertura poblacional del 34%. (Otálora, 2016).

A partir de los datos estadísticos del DANE, en la región de Boyacá se presentan 1.034,09 accidentes de tránsito por cada 100.000 habitantes (hombres y mujeres) en los años 2012 a 2014.

Estas cifras dan a conocer que el número de hombres lesionados supera el número de mujeres lesionadas; así, la tendencia de lesiones es decreciente durante el dicho periodo, siendo el año 2013 el de mayor número de lesiones, ya que en este fueron reportadas 91,21 lesionados por

cada 100.000 habitantes según el DANE. (Avella, 2015).

En este orden de ideas, la atención pre-hospitalaria (APH) es un recurso indispensable al momento de reaccionar frente a una emergencia o contingencia ya que, en el mundo se presentan muchos accidentes fatales, alrededor de 1.2 millones de muertes en 2016 donde, la mayoría se presentan en países subdesarrollados, pero que en las zonas rurales es menos común, (Velásquez, 2017) y que puede ser un problema para la APH ya que, al haber escasos recursos, se requerirá mayor eficiencia al momento de atender una emergencia. (Navarro, 2015).

La camilla cuchara es un tipo de ayuda técnica utilizada para transportar a pacientes con lesiones en el área raquídea medular, es decir, pacientes que con un mínimo movimiento generado en la columna lesionada que pondrá en riesgo el estado del sistema nervioso e incluso la vida, este tipo de ayuda técnica consta de dos perfiles simétricos que están sujetos por medio de broches tipo caimán; este tipo de camilla tiene la opción de elongarse o retraerse dependiendo el tamaño del paciente para que la estructura de la columna se mantenga en una posición estática. (Abril, 2016).

La *Guadua Angustifolia* Kunth hace parte de la familia de las plantas gramíneas, la misma familia de la que se compone el bambú, igualmente es encontrada en muchas especies encontradas en regiones como Japón, Indochina y zonas tropicales en América como Colombia. (Hidalgo, 1981) En Colombia existen zonas donde es muy frecuente encontrar al bambú de tipo *Guadua Angustifolia* Kunth, como un recurso potencial en la utilización ornamental y estructural. (Arbeláez, 2001).

El objetivo en este proyecto es plantear la *Guadua Angustifolia* Kunth como material estructural para implementarlo en una camilla tipo cuchara ahorrando costos y beneficiando al ecosistema al utilizar materiales orgánicos así que; es fundamental conocer la viabilidad del material en términos de resistencia mecánica, ya que este tipo de planta gramínea, conducen en menor magnitud el calor, en virtud de ello, es otra razón a favor en la implementación a la camilla en forma de caña laminada, los cuales se determinan mediante los resultados de ensayos mecánicos a partir de la norma NTC 5525. (ICONTEC, 2007)

Existen estudios aplicados al ensayo destructivo de la *Guadua* como pruebas por compresión a plantas provenientes principalmente del eje cafetero donde, la resistencia promedio oscila alrededor de los 56 MPa y por tracción con valores alrededor de 250 MPa. (Takeuchi, 2007)

Igualmente existen estudios aplicados a materiales compuestos de bambú para aplicaciones tecnológicas como bicicletas, a partir de criterios de falla de Von Mises y simulación de esfuerzos mediante elementos finitos. (Quintana, 2011) Al igual que los ensayos destructivos, no destructivos y aplicaciones, dentro de las pruebas no destructivas se encuentran estudios realizados a partir de la termografía infrarroja aplicada a la madera como material fibroso-celulósico donde, se pueden encontrar fallas a nivel estructural (López, 2010)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. *Guadua Angustifolia* Kunth

1.1. Obtención y tratamiento de *Guadua Angustifolia* Kunth

Las plantaciones de Bambú en Colombia, específicamente en el departamento de Boyacá son abundantes debido a que las condiciones para que esta planta crezca es que se encuentre en una zona húmeda a temperaturas que superen los 25°C, por ello, poblaciones como Moniquirá, Miraflores y Barbosa, poseen los cultivos más abundantes de Bambú en el departamento. (Cely, 2012).

Para desarrollar ensayos destructivos y determinar su resistencia, se obtuvieron plantas originarias del municipio de Moniquirá ya que, que ésta fue la fuente más cercana a la región central de Boyacá, en la ciudad de Tunja donde se llevó a cabo el desarrollo investigativo, se acataron los protocolos de cosecha del material ya que, se encontró en el artículo: “Revisión de las técnicas de preservación del bambú” se debe cortar durante una estación seca y la caña debe estar madura (entre 3 y 4 años). (Amarilis, 2003)

El material se debe tratar física y químicamente para eludir pérdida de resistencia y degradación por insectos xilófagos; uno de los métodos usados fue el tratamiento de preservación por una solución de Pentaborato que se prepara con 1 Kg de Tetraborato de Sodio (Bórax) y 1 Kg de Ácido Bórico; diluidos en 50 Litros de agua en los que se sumergen las cañas de 5 a 8 horas verticalmente. (Amarilis, 2016)

1.2. Ensayos destructivos a partir de la Norma NTC 5525

La Norma Técnica Colombiana NTC 5525 indica los parámetros necesarios para la determinación de las propiedades mecánicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth, entre ellos los ensayos destructivos por flexión, tracción y compresión, los cuales se aplicaron para este estudio. Se aplicó la norma para

fabricar las probetas de bambú para realizar los ensayos mencionados anteriormente en una máquina Universal de ensayos destructivos certificada, y de referencia Shimadzu UH-500KNI.

Cada ensayo destructivo debe realizarse a una velocidad del cabezal de la máquina universal a partir de los parámetros planteados en la norma según el ensayo donde, el de flexión se trabaja a una velocidad de: 30 mm/min, y para los ensayos de tracción y compresión a una velocidad de: 0,6 mm/min. (ICONTEC, 2007)

1.3 Diseño asistido por computadora (CAD)

El diseño se realizó en el software Autodesk Inventor, donde se inició por plantear una estructura tubular en cañas de bambú de 1.5 pulgadas de diámetro externo donde, se modeló cada una de las piezas independientemente para poder ensamblarlas y formar el prototipo final de la camilla.

En la figura 1 se observa el despiece del prototipo de la camilla tipo cuchara donde, sus partes son las siguientes:

- 1) *Secciones tubulares principales*: Éstas se juntan para formar la estructura base de la camilla, como soporte lumbar.
- 2) *Secciones tubulares elongables*: Al igual que las secciones principales, también se juntan para formar una estructura, pero en este caso para apoyar las piernas y pies, además de extender la camilla.
- 3) *Uniones*: Tienen la función más importante que es juntar y mantener rígidas las secciones de la estructura, de estas depende la resistencia de toda la estructura y por consiguiente la seguridad del paciente.
- 4) *Soportes lumbares*: Se apoyan en una serie de estructuras curvas y longitudinales a la camilla, los soportes constan de una geometría que simula el bambú laminado, el cual puede ser moldeado con curvas transversalmente a sus fibras y así poder formar una geometría curva

para inmovilizar al paciente en el momento de su traslado.

- 5) *Apoya pies*: Al igual que los soportes lumbares, brindan rigidez a la camilla pero en este caso soportan las piernas y pies del paciente.
- 6) *Broches de bloqueo*: Se utilizan para bloquear la sección del apoya pies con la sección lumbar principal, en resumen para asegurar la elongación de la camilla.
- 7) *Broches de cierre*: Son necesarios para unir y asegurar las dos secciones de la camilla al momento de recoger al paciente, trasladarlo y reposar sobre una camilla principal, y así garantizar la seguridad del paciente.

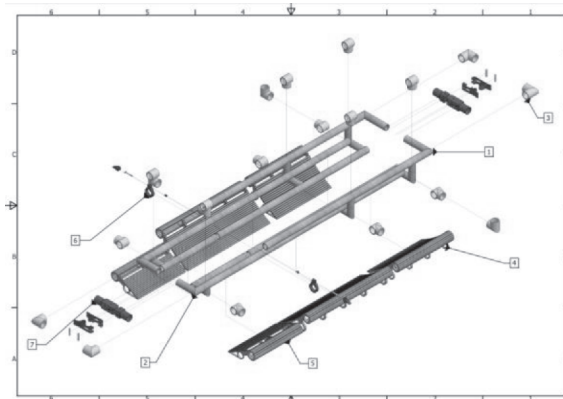


Figura 1. Despiece de la camilla en Autodesk Inventor

Fuente: Autor del proyecto

Para el diseño de los soportes lumbares, se planteó la utilización del bambú laminado, soportado por una estructura curva ubicada axialmente a las secciones longitudinales de bambú, cuya curva permite que el paciente quede inmovilizado al momento de transportarlo.

El concepto se diseñó en base a la camilla de la Cruz Roja Colombiana observado en la figura 2, midiendo su estructura y analizando los componentes mecánicos como los broches tipo caimán y abrazaderas para permitir alargar o

disminuir el tamaño en referencia de las dimensiones de las piernas del paciente.

También se tomó en base a otras camillas comerciales como uno de los modelos de la línea Ferno-Washington Orthoscoop stretcher, encontrada en el artículo: "Introduction of Modern Stretchers in Armed Forces for Improving Casualty Evacuation in Field with Special Reference to Casualty Evacuation in Mountains" en donde dice algunas de las especificaciones de la camilla cuchara a base de aluminio como su masa de 8 Kg, capacidad de 156 Kg y sus dimensiones: Longitud extendida: 2100 mm, Longitud retraída: 1660 mm, Anchura: 430 mm. (Katoch, 2005) Se muestra una tabla de las dimensiones camilla cuchara de la Cruz Roja Colombiana en la tabla 1.

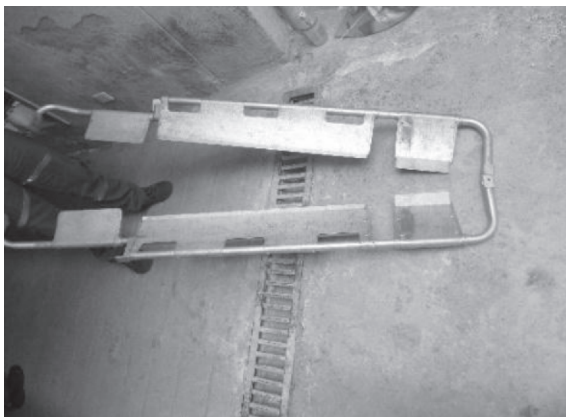


Figura 2. Camilla cuchara de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja.
Fuente: Autor del proyecto

Tabla 1.
Dimensiones camilla cuchara propiedad la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja

	Dimensiones
Longitud extendida	2190 mm
Longitud retraída	1670 mm Anchura 432 mm.

Fuente: Autor del proyecto

Las dimensiones de la camilla diseñada en CAD, no se toman en base exacta a la camilla: Ferno-Washington Orthoscoop stretcher ni a la camilla cuchara propiedad de la Cruz Roja Colombiana Seccional Tunja ya que, el diseño y selección de materiales no es igual, así que sus dimensiones se aproximan a las de las camillas referenciadas anteriormente. A continuación, se muestra la tabla de dimensiones de la camilla CAD en la tabla 2.

Tabla 2.
Dimensiones de la camilla cuchara CAD

	Dimensiones
Longitud extendida	2604.05 mm
Longitud retraída	1694.05 mm
Anchura	519.37 mm

Fuente: Autor del proyecto

En la figura 3 se observa un plano general del prototipo CAD de la camilla, mientras que en la figura 4 se observa un plano que indica la longitud para la camilla retraída o extendida.

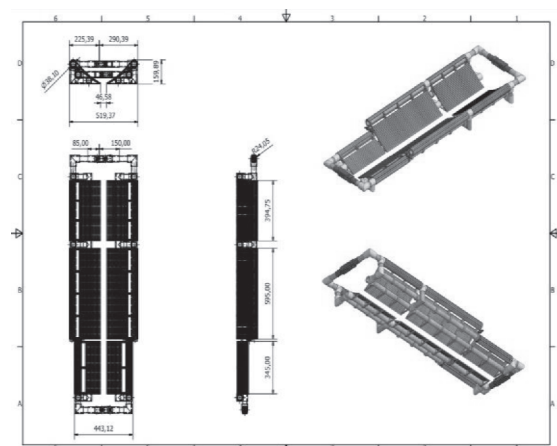


Figura 3. Plano general de la camilla en Autodesk Inventor.
Fuente: Autor del proyecto

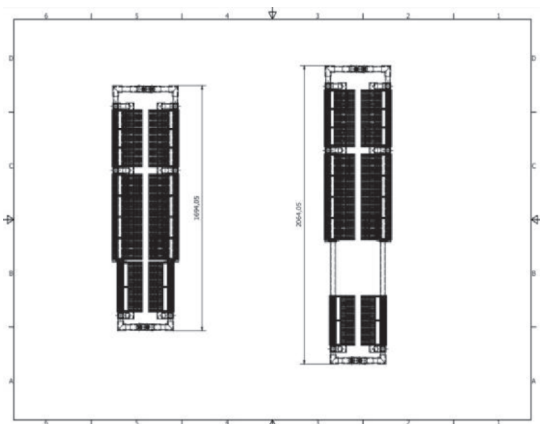


Figura 4. Plano de longitudes para la camilla en Autodesk Inventor.
Fuente: Autor del proyecto

1.4. Análisis por elementos finitos

El análisis por elementos finitos es una herramienta fundamental para conocer y predecir muchos de los comportamientos de un elemento sometido a esfuerzos que, para este caso se conocieron algunos de los aspectos necesarios para determinar la viabilidad de la Guadua Angustifolia Kunth aplicada a una ayuda técnica como una camilla cuchara.

Como primer paso, fue necesario contar con el modelo CAD de la camilla tipo cuchara, para poder generar los parámetros necesarios para realizar la simulación por elementos finitos.

A partir del modelo CAD, se generaron dos archivos: FEM, para generar el mallado y SIM, para generar las cargas y restricciones. En el archivo FEM se generó una malla tetraédrica 3D de cuatro nodos, aplicando tamaños de 15mm para las secciones tubulares, 12mm para las uniones en ángulo y 7,5 mm para las uniones inferiores, soportes lumbares y apoya pies.

En el archivo SIM, se configuró un solver Nastran Estructural 101 para esfuerzos lineales, es decir, que solo se trabajan límites elásticos, además se aplicaron restricciones como adherencia de

superficie con superficie para las caras de contacto entre las uniones y las secciones transversales, se aplicó una carga distribuida en los soportes lumbares de 0,8 KN, pero no sin antes aplicar restricciones fijas a los extremos de la camilla, específicamente en las uniones de los extremos como se puede apreciar en la figura 5.

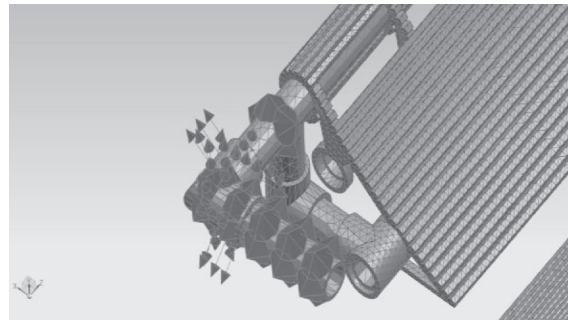


Figura 5. Mallado y restricciones fijas a la camilla en NX 8.5.
Fuente: Autor del proyecto

III. RESULTADOS

1. Tablas de Resistencia mecánica

A continuación se muestran las tablas de resistencia mecánica para los ensayos destructivos por: flexión, tracción y compresión, realizadas en un laboratorio de ensayos destructivos en una máquina universal de ensayos destructivos certificada de referencia Shimadzu UH-500 KNI.

La norma estipula velocidades predeterminadas para cada ensayo, 30 mm/min para flexión, y 0,6 mm/min para tracción y compresión que se debe generar sobre la probeta, pero se quiso experimentar aumentando la velocidad y ver los cambios en los resultados; lo cual fue significativo ya que, los resultados de los ensayos destructivos aumentaron de manera apreciable como se puede observar en las tablas 4, 5 y 6 donde se muestra el resultado de la probeta con mayor resistencia.

Para el caso de la tabla 4, el esfuerzo máximo que alcanzó la probeta fue de: 0,1892 MPa con una deformación de: 25,163 mm.

Tabla 4. Tabla del resultado del ensayo de flexión probeta 2

Probeta	Esfuerzo (MPa)	Deformación (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
2	0,189	26,692	3,86	5

Fuente: Autor del proyecto

Para hallar la resistencia última a la flexión, se aplica la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F * L(D/2) / 6 * L_B \quad (1)$$

En donde:

F = Carga máxima aplicada en N (la carga total aplicada en dos puntos de la carga).

L = Espacio libre entre apoyos en mm.

D = Diámetro externo en mm.

L_B = Momento de inercia en mm^4 .

Para hallar el módulo de elasticidad para el ensayo por flexión (E), se aplica la fórmula:

$$E = (23 * F * L) / (1296 * \delta * L_B) \quad (2)$$

Donde:

F, L y L_B , son unidades iguales a la fórmula de resistencia última σ_{ult} .

δ = Deflexión en el punto medio del espacio libre en mm.

En la tabla 5 se puede apreciar que, la probeta que más resistió al ensayo destructivo de tracción fue la número 4, con una velocidad de ruptura de 5 mm/min, esfuerzo último de 219,786 MPa y deformación de 8,55 mm.

Tabla 5.

Tabla del resultado del ensayo de tracción probeta 4

Probeta	Esfuerzo (MPa)	Deformación (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
4	219,786	8,55	9,125	5

Fuente: Autor del proyecto

La resistencia última a la tracción se debe hallar con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A \quad (3)$$

Donde:

σ_{ult} = resistencia última a la tracción

F_{ult} = Carga máxima que soporta la probeta

A = Área media de la sección transversal de la porción de ensayo, expresada en mm^2

El módulo de elasticidad E se calcula con el valor medio de las lecturas de deformación como la relación lineal entre el esfuerzo y deformación en un rango entre el 10% y 60% de la carga aplicada.

Para el ensayo por compresión, la probeta que más resistió a la prueba mecánica de tracción fue la número 6, a una velocidad de 1,2 mm/min donde el esfuerzo máximo que alcanzó fue de 29,616 MPa con un alargamiento de 1,046mm.

Tabla 6.

Tabla del resultado del ensayo de tracción probeta 6

Probeta	Esfuerzo (Mpa)	Deformación (mm)	Carga (KN)	Velocidad (mm/min)
6	29,616	1,046	25,844	1,2

Fuente: Autor del proyecto

El ensayo destructivo por termografía infrarroja fue trascendental en este proceso puesto que, se aplicó simultáneamente a los ensayos destructivos, siendo el ensayo por tracción el que más esfuerzo soportó, así que la termografía infrarroja arrojó resultados notables en este ensayo donde, la probeta número 6 que estuvo sometida a un esfuerzo máximo de 219,786 MPa, fue la que mayor temperatura emitió. En la figura 6 se observa un cambio significativo de 6,6 °C del punto de esfuerzo en la probeta respecto a la temperatura ambiente de 20 °C.

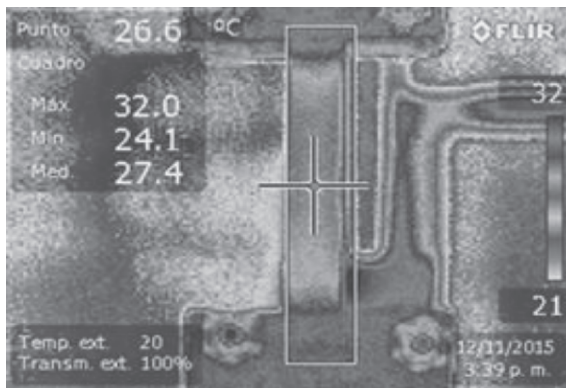


Figura 6. Mallado y restricciones fijas a la camilla en NX 8.5.
Fuente: Autor del proyecto

2. Resultados del diseño CAD en Autodesk Inventor

La masa de la camilla diseñada en CAD tuvo como resultado final un valor de: 5.785 Kg aproximadamente, de igual forma, parámetros como área, volumen y centro de gravedad, son mencionados a continuación en la tabla 3.

Tabla 3.

Ficha técnica del modelo en CAD de la camilla cuchara

	Dimensiones
Masa	5.78498 kg
Área	53420.2 cm ² Volumen
Centro de gravedad	9650.79 cm ²
	X= 7.7698 cm
	Y= 6.57036 cm
	Z= 90.4122 cm

Fuente: Autor del proyecto.

3. Resultados de la simulación por elementos finitos en NX 8.5

El solver 101 nastran estructural con esfuerzos lineales, únicamente permitió conocer los

resultados obtenidos de la simulación por elementos finitos en esfuerzos y deformaciones elásticas, a partir del mallado tetraédrico 3D planteado para la camilla, y con unas restricciones fijas aplicadas a los vértices extremos de la camilla, y de igual forma aplicando una carga distribuida de 0,8 KN, simulando la masa promedio de un paciente de 80 Kg , lo cual permitió obtener los resultados observados a continuación.

En la figura 7 se puede observar la deformación máxima que sufre la camilla al estar sometida a una fuerza de 0,8 KN, y se presenta en la parte central de la camilla específicamente en la parte más baja de los soportes lumbares donde, la máxima deformación observada fue de: 5,54 mm en el nodo número: 95886.

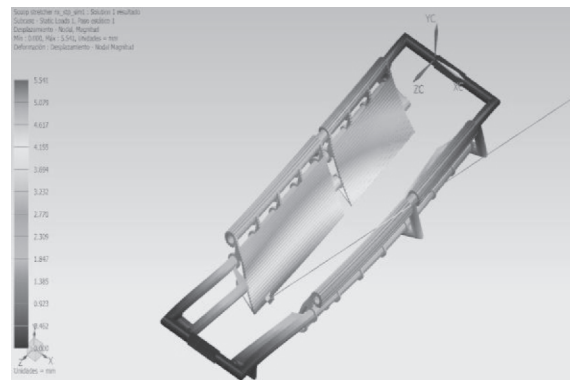


Figura 7. Resultados de deformación en NX 8.5.
Fuente: Autor del proyecto

Los esfuerzos generados se manifestaron con su mayor magnitud en la zona de las restricciones fijas, en la figura 8 se pueden apreciar los máximos y mínimos esfuerzos donde el máximo esfuerzo estuvo ubicado en el nodo número: 52398 con una magnitud de 17,55 MPa.

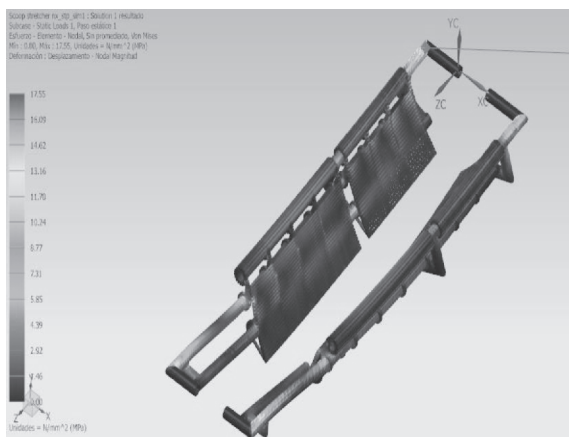


Figura 8. Resultados de esfuerzos en NX 8.5

Fuente: Autores

IV. DISCUSIÓN

A partir del análisis por elementos finitos aplicando una carga distribuida de 0,8 kN en el área de los soportes lumbares y apoya pies, se pudo observar una deformación máxima alrededor de 5,5 mm lo cual es bastante justo si se compara en este caso la Guadua Angustifolia Kunth que es un material fibroso y flexible con un acero o aluminio; además que una camilla cuchara siempre estará sometida a deformaciones elásticas a comparación de una camilla rígida. (Krell, 2006) Igualmente se pudo apreciar un cambio notable en el esfuerzo máximo, el cual, es la sección donde más sufre carga a la tensión desplazando hacia los vértices inferiores del apoyo lumbar central, ya que esta zona es un concentrador de esfuerzo cortante, en donde la deformación máxima aumenta a 5.574mm, y la deformación en las secciones deslizantes va de 3 a 4mm. Por lo que se puede concluir que esta ayuda técnica se puede usar con total seguridad en los casos de emergencia para desplazar un paciente.

Del artículo: “Improving Casualty Evacuation in Field with Special Reference to Casualty Evacuation in Mountains” se encuentra que una desventaja de las camillas de aluminio puede

causar lesiones a causa de las temperaturas bajo cero, esto cuando se está atendiendo una emergencia en un clima inhóspito, (Katoch, 2005) e incluso, el clima en el que se encuentre sea de una temperatura que sobrepase 35°C, se destaca que los metales tienen una característica de alta difusividad térmica, lo que causa una transferencia de calor muy rápida. El bambú como la madera, conducen en menor magnitud el calor, en virtud de ello, es otra razón a favor en la implementación a la camilla en forma de caña laminada para el espaldar y apoya piés donde estará acostado el paciente.

Ya que la Guadua Angustifolia Kunth es encontrada en abundancia en Colombia, la construcción de una camilla cuchara en base a este material tendría un buen costo - beneficio, pero es de mencionar que la vida útil no podría competir con la de una camilla comercial en base a aluminio o materiales poliméricos, siendo este un factor clave para que todas las instituciones públicas o privadas cuenten con equipos para atender emergencias, pudiendo así acatar la resolución 0705 de 2007, siendo de gran beneficio el uso de este tipo de camillas teniendo en cuenta factores como la seguridad del paciente, ligereza y un buen costo - beneficio.

Apreciando los resultados obtenidos de los ensayos destructivos y en paralelo con el ensayo no destructivo por termografía infrarroja no se puede llegar a concluir una aplicación directa de este ensayo a la Guadua Angustifolia Kunth, pero si se puede mencionar que existen diferencias y resultados al someter este material a esfuerzos considerables y de manera destructiva, pudiendo predecir el punto de ruptura del material en un ensayo de este tipo que, a comparación con otros estudios, la termografía puede ser utilizada para analizar defectos en el material. (López, 2010)

V. CONCLUSIONES

Al diseñar la camilla cuchara por simulación asistida por computadora y acoplado las secciones tubulares en base a Guadua Angustifolia Kunth sobre las componentes mecánicas, (broches, abrazaderas y uniones) se logró conseguir una masa de baja magnitud en la estructura de la camilla, pudiendo facilitar a los operarios la reducción del esfuerzo en el manejo de la ayuda técnica.

De la simulación en NX 8.5 se aprecian más variables como los esfuerzos generados en los nodos de la malla, y ya que es posible aplicar mallas y modificar el análisis por elementos finitos, este software genera resultados más precisos y con la ventaja de utilizar materiales ortotrópicos como la Guadua Angustifolia Kunth ubicada en la Biblioteca virtual, se determinó la calidad de un diseño como una camilla cuchara a la cual se le aplicó éste material.

Con esto se puede inferir que la Guadua Angustifolia Kunth es un material teóricamente apto para adaptarse a una camilla cuchara, ya que sus propiedades mecánicas permiten que éste material soporte esfuerzos provenientes de la masa de pacientes de más de 80 Kg, y gracias al diseño estructural en Guadua Angustifolia Kunth, soporta las secciones transversales de la camilla, lo cual, evita que las lesiones del paciente se degeneren a nivel raquimedular al momento de transportarlo.

Un punto clave en la fabricación de la camilla cuchara a base de Guadua Angustifolia Kunth, es la facilidad del proceso de manufactura y comercialización a entidades e instituciones públicas de las que dependen poblaciones vulnerables económicamente ya que, según los planes de emergencias y contingencias de la resolución 0705 de 2007, en cada institución

debería haber una camilla para el servicio de atención pre hospitalaria.

Con esto, algunas veces estas instituciones no cuentan con los recursos suficientes para adquirir una camilla comercial, ya que son de un costo elevado (más de \$9'000.000). El promedio de costos de la camilla cuchara a base de bambú, proyecta ser inferior a los de una camilla comercial.

En la tabla de resistencia mecánica, el resultado en la prueba de flexión logró llegar a aplicarse una fuerza de 3860 N, lo que traduce a que la estructura por una conversión matemática, la camilla logra soportar un peso de de 394 Kg, lo suficiente para cargar y transportar a una persona en estado de obesidad.

En la parametrización del archivo FEM se generó una malla tetraédrica 3D de cuatro nodos, aplicando tamaños de 15mm para las secciones tubulares, 12mm para las uniones en ángulo y 7,5 mm para las uniones inferiores, soportes lumbares y apoya pies. Estos tamaños de malla se eligieron con el fin de tener una solución de simulación rápida teniendo en cuenta los resultados de resistencia mecánica. Para una profundización de la simulación del mallado se recomienda aplicar un refinamiento de malla para optimizar los resultados dando precisión en los resultados de carga mecánica.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios que es quien provee la vida en la tierra y hace posible el desarrollo y evolución de la humanidad, en segundo lugar, a nuestros padres que son el apoyo primordial en la vida, necesaria para la autorrealización y desarrollo de los proyectos institucionales. Por ultimo y muy importante agradecimiento a la Universidad Santo Tomás Seccional Tunja por proveer las herramientas y fundamentos necesarios para realizar los

proyectos generados en la institución y con enfoque en el mejoramiento de la calidad de vida social y humana, y principalmente a los docentes colaboradores de la Facultad de Ingeniería Mecánica en especial a la Doctora Yolanda Torres Pérez por sus aportes de vital importancia para realizar este proceso investigativo. Estamos seguros que nuestras metas planeadas darán fruto siempre y por ende nos debemos esforzar día tras día para ser mejorar los medios sin dejar de lado la ética humana y profesional en las áreas interdisciplinarias correspondientes, y con la humildad y respeto por delante de cualquier situación, lo que engrandece a la persona como ser humano.

FUENTES O REFERENCIAS

- Abril G., Buitrago K. y Avendaño R. 2016. Estudio de Prefactibilidad Para la Fabricación de Camillas de Emergencia. Tesis de grado Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá.
- Arbelaez A., Rodríguez S. y Hurtado A. 2001. Investigaciones sobre Guadua Angustifolia Kunth realizados en Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Avella J.C., Sierra Y.L. y Avella G. 2015. Boyacá en cifras año 2015. *DANE*. P.279.
- Cely Moreno L. A., Rojas W. G. y Gutiérrez Junco O. J. 2012. Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. *Revista Facultad de Ingeniería, Volumen 21*, pp. 53-71.
- Dixon P. G., Ahvenainen, P. A., Aijazi N., Chen S. H., Lin S., Augusciak P. K., Borrega., Svedström K. y Gibson L. J.. 2015. Comparison of the structure and flexural properties of Moso, Guadua and Tre Gai bamboo. *Construction and Building Materials*. 90. 11-17. 2015.
- F. Amarilis Burgos. 2003. Revisión de las técnicas de preservación del bambú. *Revista Forestal Latinoamericana*. 33. 11-20.
- Hidalgo O. 1981. Manual de construcción con bambú: Construcción rural 1. Centro de Investigación de Bambú y Madera CIBAM: Estudios Técnicos Colombianos LTDA.
- J. M. Krell, M. S. McCoy, P. J. Sparto, G. L. Fisher, W. A. Stoy y. D. P. Hostler, «Comparación del modelo de camilla cuchara Ferno con la tabla de inmovilización larga para la inmovilización de la columna vertebral,» *Prehospital Emergency Care*, pp. 85-93, 2006.
- Katoch S. 2005. Introduction of modern stretchers in armed forces for improving casualty evacuation in field with special reference to casualty evacuation in mountains. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*. 61(2). 157-162
- López G. Basterra L.A. y Ramón C. 2010. Alcance de la termografía infrarroja en la evaluación no destructiva de las estructuras de la madera. *Rehabend*. 841-852.
- Navarro V., Rodriguez G. y Sosa A. 2006. Organización de los servicios de urgencia médica en el escenario del desastre. *Revista de las Ciencias de la Salud de Cienfuegos*. 11(1). 150-158.
- NTC 5525. 2007. Norma técnica Colombiana NTC 5525: Métodos de ensayo para analizar la Guadua Angustifolia Kunth. *ICONTEC*. 200. 1-19.

Otálora M.E. 2016. Sistema de gestión de calidad. Asamblea de Boyacá. *Versión 02*. 23.

Quintana K.J., Hidalgo M. A. y Muñoz M. F. 2011. Diseño y evaluación de uniones de material compuesto de matriz termoplástico para bicicletas de Bambú. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011). 1. 3-5.

Régimen Legal de Bogotá D.C. Resolución 705 de 2007 Secretaría Distrital de Salud», Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Registro Distrital 4022 de julio 22 de 2008.

Takeuchi C.P. y González C.E. 2007. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Guadua Angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. *Ing. Univ.* 11(1). 89-103.

Velásquez N., Naranjo S. y Gonzales G. 2017. Indicadores de Atención Pre Hospitalaria para incidentes viales en Colombia. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública.* 2017. 35(3). 410-419.