



Técnicas y procesos para el curvado de Caña Guadua, aplicado a mobiliario y accesorios de hogar.

Trabajo previo a la obtención del título de
Diseñador de objetos

José Joaquín Jaramillo Koupermann
Autor

Mgs. Carlos
Director

Cuenca - Ecuador
2018

DEDICATORIA



Indice

Introducción.	7
Abstract.	7
Capítulo 1.	9
Contextualización:	11
1.1 Estado del arte.	13
1.1.1 CHING CHAIR N2	13
1.1.2 SOBA.	14
1.1.3 Designing for Velomobile Diversity: Alternative opportunities for sustainable personal mobility.	15
1.2 Características físico-mecánicas:	17
1.3 Laboratorio.	19
1.4 Técnicas.	19
1.4.1) Curvado con vapor:	20
1.4.2) Curvado con calor y arena:	20
1.4.3) Curvado mediante latilla y calor:	21
1.4.4) Curvado mediante cortes:	22
1.4.5) Curvado durante el crecimiento.	22
1.5 Conclusión:	23
Capítulo 2.	25
2.1)Proceso experimental:	28
2.2) Herramientas.	29
2.3) Constantes y variables para el correcto funcionamiento de las técnicas.	30
2.4) Procesos.	31
2.4.1) Procesos de la técnica mediante cortes.	31
2.4.2) Procesos de la técnica mediante latilla y calor.	32
2.4.3) Procesos de la técnica mediante arena y calor.	33
2.5) Definición de procesamiento de datos.	34
2.5.1) Herramientas de medición.	35
2.5.2) Presentación de resultados.	35
Capítulo 3	37

3.1) Recolección de data en pruebas piloto.	39
3.1.1) Recolecta de data técnica latilla y calor.	40
3.1.1.1.) Conclusión de técnica:	42
3.1.2) Recolecta de data técnica arena y calor.	43
3.1.2.1.) Conclusión de técnica:	45
3.1.3) Recolecta de data técnica cortes.	46
3.1.3.1) Conclusión de técnica:	48
3.2.) Procesamiento de datos.	49
3.2.1) Medias de data obtenida.	50
3.3) Estandarización de procesos de las técnicas que brindaron resultados positivos.	51
3.4) Pruebas de laboratorio sobre la técnica de curvado mediante cortes.	55
3.5.) Aplicación de técnica de curvado de Caña G.A.K. en mobiliario y accesorios de hogar.	57
3.5.1.) Mobiliario.	57
3.5.1.1.) Proceso Creativo.	58
3.5.1.2.) Proceso Constructivo.	59
3.5.2.) Accesorio de hogar	61
3.5.2.1.) Proceso Creativo.	62
3.5.2.2.) Proceso Constructivo.	63
3.6) Conclusiones	67
Bibliografía	69
Bibliografía de Ilustraciones	70

Índice de ilustraciones

Ilustración 0—1 Taxonomía de la Caña.	11
Ilustración 0—2 Taxonomía de la Caña.	11
Ilustración 0—3 CHING CHAIR N2	13
Ilustración 0—4 Mensaje de Ta-Chih Lin	13
Ilustración 0—6 Modelado de una propuesta de Velomobil.	15
Ilustración 07 Prensa para medición a la compresión paralela a la fibra.	17
Ilustración 08 Formulario para leer Tabla 1	18
Ilustración 09 Autoclave para curvado de madera.	20
Ilustración 010 Proceso de sopeteado en Phyllostachis	21
Ilustración 011 Proceso constructivo CHING CHAIR N2 en el que se puede apreciar la técnica de latilla.	21
Ilustración 012 Resultados de Curvado mediante cortes en apoyabrazos.	22
Ilustración 013 Cultivo de Bambú en moldes.	22
Ilustración 014 Técnica de amarre Sincho.	23
Ilustración 3—01 Latilla y Calor P1	40
Ilustración 3—02 Latilla y Calor P2	40
Ilustración 3—03 Latilla y Calor P3	41
Ilustración 3—04 Latilla y Calor P4	41
Ilustración 3—05 Latilla y Calor P5	42
Ilustración 3—06 Arena y Calor P1	43
Ilustración 3—07 Arena y Calor P2	43
Ilustración 3—08 Arena y Calor P3	44
Ilustración 3—09 Arena y Calor P4	44
Ilustración 3—010 Arena y Calor P5	45
Ilustración 3—011 Cortes P2	46
Ilustración 3—012 Cortes P3	47
Ilustración 3—013 Cortes P4	47
Ilustración 3—014 Pruebas	51
Ilustración 3—015 Cortes a 45	52
Ilustración 3—016 Detalle del corte a 45	52
Ilustración 3—017 Cortes a 15 con cortes de 3 y 5mm	52
Ilustración 3—018 Programación Horno de túnel.	53
Ilustración 019 Lata de poliuretano.	55
Ilustración 3—020 Diferentes tipos de probetas.	55

Ilustración3—021 Galán de Noche.	57
Ilustración 3—022 Medidas referenciales de un galán de noche.	57
Ilustración 3 0 23 Proceso creativo Galán de noche.	58
Ilustración 3 0 24 Conjunto general Galán de noche.	59
Ilustración 3 0 25 Render 1 Galán de noche.	60
Ilustración 3 0 26 Render 2 Calan de noche.	60
Ilustración 3—0 27 Lámpara de pie (Nórdica Uzagi).	61
Ilustración 3—0 28 Medidas referenciales de una lámpara de pie.	61
Ilustración 3 0 29 Proceso creativo lámpara de pie.	62
Ilustración 3 0 30 Conjunto general Lámpara de pie.	63
Ilustración 0 31 Render 1 lámpara de pie.	64
Ilustración 0 32 Render 2 Lámpara de pie.	65

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla sobre los valores de resistencia del material en segmentos rectos.	18
Tabla 2 Comparación físico-mecánica de Guadua Vs Moso.	18
Tabla 3 Constantes y Variables Técnica mediante cortes.	30
Tabla 4 Constantes y Variables Técnica mediante calor y arena.	30
Tabla 5 Constantes y Variables Técnica mediante latilla y calor.	30
Tabla 6 Latilla y Calor P1	40
Tabla 7 Latilla y Calor P2	40
Tabla 8 Latilla y Calor P3	41
Tabla 10 Latilla y Calor P5	42
Tabla 11 Arena y Calor P1	43
Tabla 13 Arena y Calor P3	44
Tabla 14 Arena y Calor P4	44
Tabla 15 Arena y Calor P5	45
Tabla 16 Cortes P1	46
Tabla 17 Cortes P2	46
Tabla 18 Cortes P3	47
Tabla 19 Cortes P4	47
Tabla 20 Cortes P5	48
Tabla 21 Medias Cortes	50
Tabla 22 Medias Latilla y Calor	50
Tabla 23 Tabla de resultados de laboratorio.	56
Tabla 24 Tabla comparativa entre segmento recto Vs curvo.	56

Introducción.

La existencia de Caña Guadua en el país es fuente de múltiples posibilidades para el uso de nuevos materiales en el mercado y la industria, siendo esta planta considerada una de las que menos impacto al medio ambiente generan, de rápido crecimiento y excelentes características físicas. Siendo esta utilizada normalmente como material estructural en la construcción y en mobiliarios visual y sensorialmente rígidos. Esta tesis pretende probar las diferentes técnicas para generar formas curvas con Caña Guadua, aplicando esta información en la propuesta para generar mobiliario y accesorios de hogar.

La Caña Guadua (*Guadua Angustifolia*) es un material autóctono del área comúnmente utilizada para construcciones y mobiliario gracias a su buena resistencia y bajo impacto ambiental.

Unos ejemplos de esto nos demuestran López, P. en su tesis "Luminaria en bambú y fibras" y Villegas, M. en su libro "Guadua: arquitectura y diseño". Sin embargo, se utilizan técnicas básicas generando un producto con estética rústica o acabados sencillos empleando únicamente formas lineales. En este proyecto se plantea el uso de técnicas de curvado de caña de manera que se pueda generar nuevas formas, aplicaciones y estilos para el mismo, viéndose esto resultado en mobiliarios y accesorios de hogar.

Resume.

Técnicas y procesos para el curvado de Caña Guadua, aplicado a mobiliario y accesorios de hogar.

El común uso de la Caña G.A.K. como material para la fabricación de una gran cantidad de productos elaborados con segmentos rectos, genero la inquietud de si es o no posible crear formas curvas con el material en segmentos cilíndricos y mediante técnicas con latilla. Al tener en cuenta propiedades físico-mecánicas del material y diversas técnicas, se realizaron pruebas para determinar qué procedimiento es el más adecuado para la generación de mobiliario y accesorios de hogar. Los resultados se ven reflejados en tablas con datos y prototipos del producto por cada una de las categorías (mobiliario y accesorios de hogar).

**Joaquín Jaramillo K.
Dis. Carlos Pesantez.**

COD: 71327

Abstract.

Techniques and processes for the bending of "Caña Guadua" to manufacture household furniture and accessories. The common use of "Caña G.A.K.", a material used in the manufacturing of a great number of products elaborated with straight segments, have raised concern about whether or not it is possible to create curved shapes with material of cylindrical segments through techniques with latilla. By taking into consideration the physical-mechanical properties and different techniques, tests were carried out to determine which procedure is the most suitable to manufacture household furniture and accessories. The results are shown in tables with data and prototypes of the product for each of the categories (household furniture and accessories). Key words: experimentation, feasible design, alternative technologies, artisan process, environment, natural fibers.

Joaquín Jaramillo C

Carlos Pesántez, DSnr.

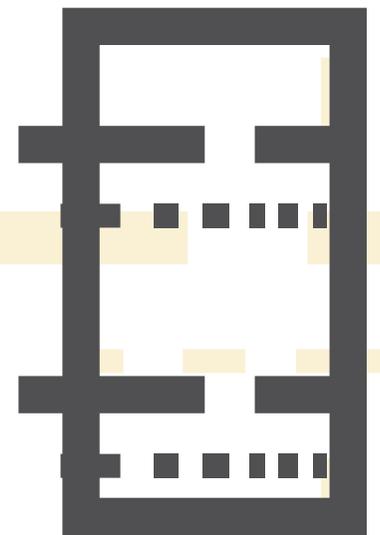
Code 71327

Capítulo 1.

Contextualización:

Partiendo de las características físico-mecánicas de la Caña Guadua Angustifolia Kunth (Caña G.A.K.) podremos contextualizar en el

CONTEXTUALIZACIÓN



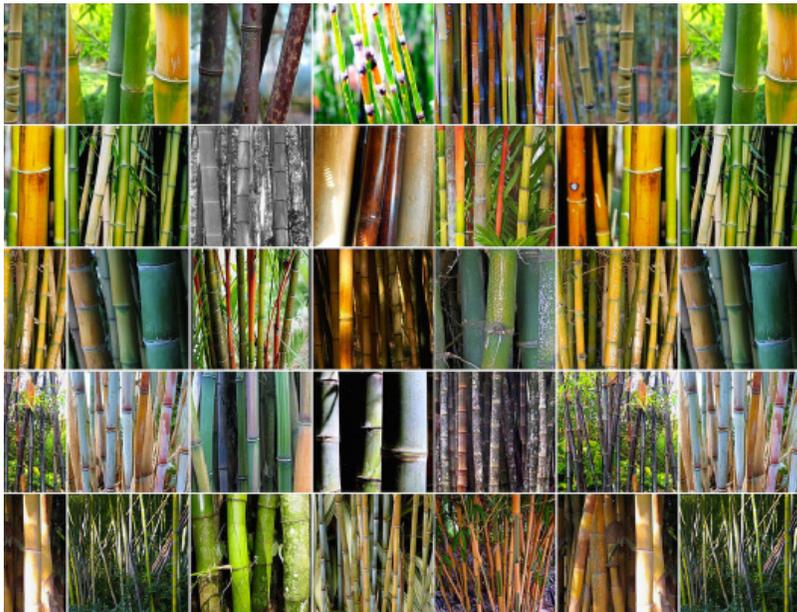
tema de una manera óptima, debiendo conocer las características del material para de esta manera saber identificar los pro y contra de el mismo, así como también nos servirá para probar si es que las técnicas de curvado del material son óptimas o no y entender el porqué de los procesos a seguir en cada una de ellas, teniendo, gracias a estos resultados, la capacidad de poder generar o mezclar

procesos de una técnica en otra para tratar de mejorar los acabados en las curvas.

La Caña Guadua Angustifolia es uno de los 116 géneros de las bambusoideae, variedad de las Poaceae que son gramíneas y pastos; esta engloba alrededor de 30 especies, las mismas que son nativas de Latinoamérica y se pueden encontrar en Colombia, Ecuador y Venezuela.

Ilustración 0—1 Taxonomía de la Caña.

Este género siendo una caña leñosa se puede distinguir de los demás bambúes mediante características físicas tales como su gran tamaño de culmos, los mismos que alcanzan alrededor de 30 metros de alto y 25 centímetros de diámetro, cuentan con tallos robustos y espinosos, hojas caulinares en forma de triángulo y una banda de pelos blancos en

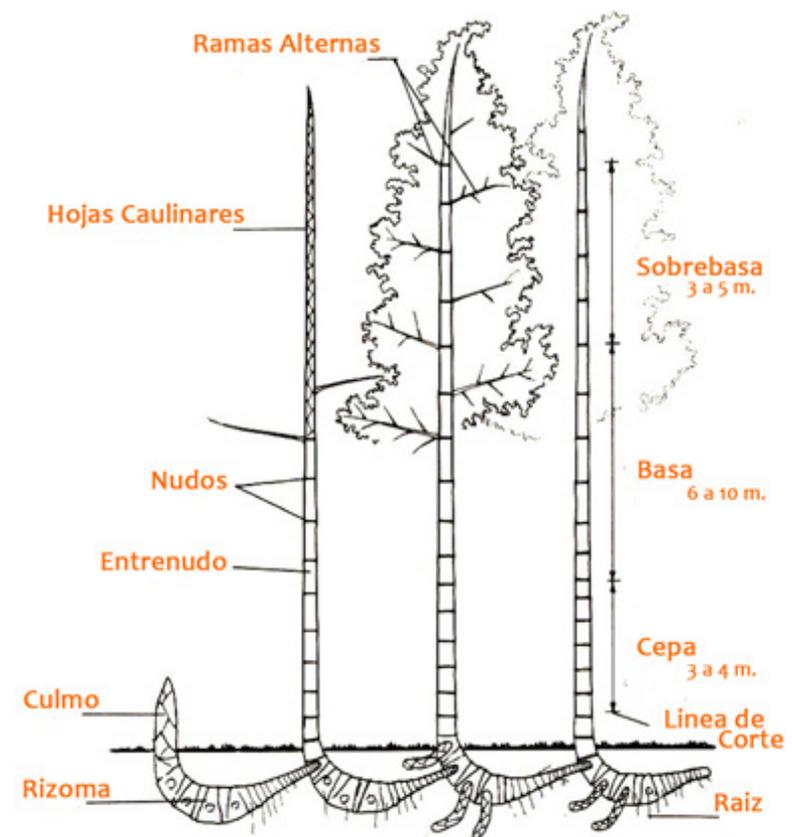


la región de los nudos. (Schröder, What is Guadua angusti-

folia, November 9, 2014)

Ilustración 0—2 Taxonomía de la Caña.

Las cañas normalmente se encuentran en el mercado despiezadas en pedazos de alrededor de 6 metros cada una, esta se separa desde su forma de origen en tres secciones, la Sobrebasa, la Basa y la Cepa, siempre pretendiéndose mantener esta medida como un estándar para la venta.



Las características de la caña suelen tener variaciones de-

pendiendo la parte que se tome de ella, normalmente la Ceba tiene mayor espesor en las paredes que el resto de la misma, los diámetros externos a lo largo de la caña pueden variar en alrededor de 5mm\m.

La Basa es la parte más homogénea, esta es la parte media de la caña por lo que las fibras no son tan tupidas como en la cepa y esto le da menor resistencia que esta otra parte.

Por último, la Sobrebasa es la parte más delgada y por ende la más flexible, esto os brinda información sobre la parte de la caña que podría funcionar de la mejor manera para el proceso a trabajar, la firmeza y cantidad de las fibras en esta parte es menor, esto debido a que esta es la parte más joven de la planta.

Este material se encuentra aplicado en la actualidad como una nueva alternativa para la construcción de domicilios u espacios públicos debido a su resistencia y vistosidad al momento de ser trabajado, así también en la construcción de viviendas emergentes; el desarrollo de productos con este material se ve un tanto limitado a la generación de listones (Latillas) para poder generar tableros o formas un poco más orgánicas, pero viéndose estas como segmentos rectos y planos de material. (García Pazmiño, 2013)

Según el repositorio Curado y preservación de la caña guadúa seleccionando agentes y preservantes químicos. Universidad de Guayaquil (Méndez Cruz J. I., 2005) los nudos están estratégicamente para evitar que la fibra se rompa al momento de la flexión.

1.1 Estado del arte.

Dentro del estado del arte podemos identificar dos productos que muestran características relacionadas directamente con la problemática, mostrando formas curvas ge-

neradas con cañas o segmentos de la misma siendo aún cilíndricas o en forma de medio cilindro, permitiendo al usuario tener una nueva lectura del material expresado en un producto cotidiano.

1.1.1 CHING CHAIR N2

El primero es el taburete Ching-Chair N2 creado en Bambú Moso y concreto por el diseñador Ta-Chih Lin, esta es la segunda etapa del proyecto Ching-Chair que se realizó en manos del artesano especialista en manejo de Bambú Jian-Cheng Lin, quien vive en Taiwán, tal como nos comentó el diseñador.

Este proyecto muestra la transformación del material tanto por estar en secciones que se transforman en líneas y por el uso de latilla y segmentos de cilindro en el mismo segmento de material.

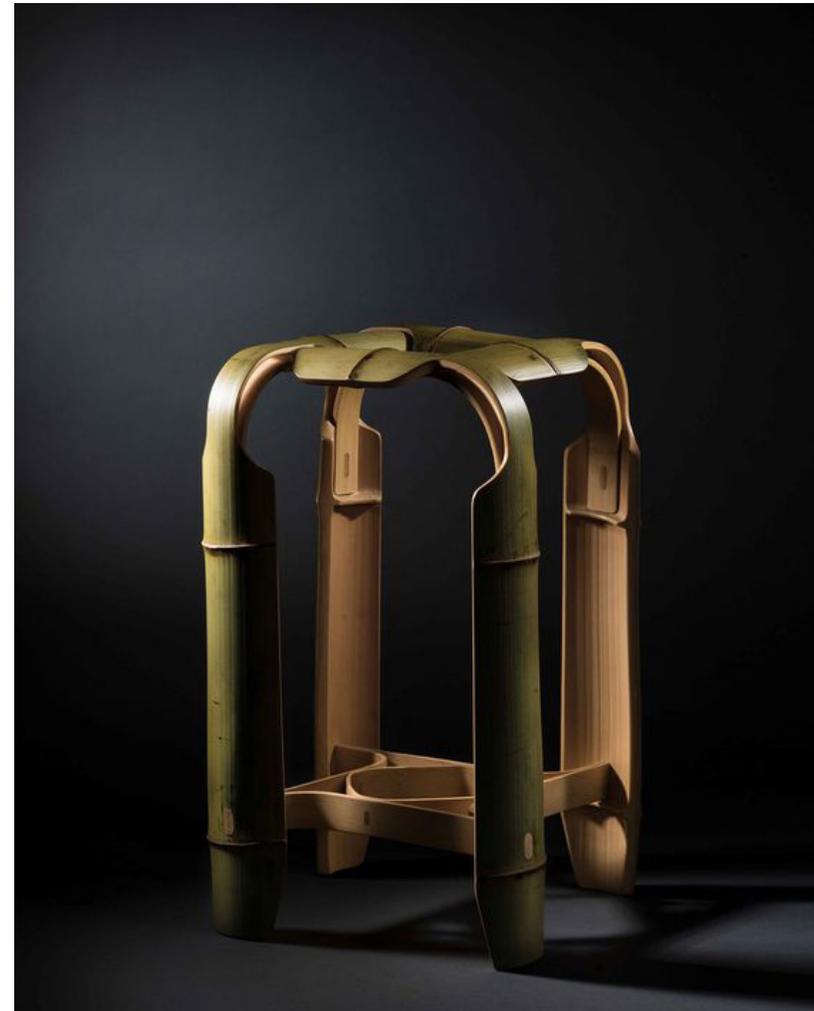
Ilustración 0—3 CHING CHAIR N2

En el contacto que se logró tener con Ta-Chih Lin pudimos obtener información importante para determinar una de las técnicas a profundizar, procesos necesarios, útiles y que se han utilizado en otros casos, esto es un antecedente

Ilustración 0—4 Mensaje de Ta-Chih Lin

1.1.2 SOBA.

El segundo es la colección de mobiliario SOBA realizada



directo del tema.

Hi Joaquin:
Actually, I am not a professional bamboo craftsman. Our project work is in cooperation with professional and famous bamboo craftsmen Jian-Cheng Lin in Taiwan.
The Clear Chair Series project took us a full year to test and understand with bamboo, and yes, there are some suggestions for dealing with bamboo:

If you are doing it in fire-heat bending
1. Constant rotation back and forth the heating bamboo section.
2. It is best not to have smoky fuels.
3. If dealing with bamboo nature surface, do not heat the surface too long, heat the bending spot from the opposite side it can be polished.

We have not tried bending "guadua angustifolia", but as I know about that kind of bamboo are even thinner, make sure to do the heating process carefully, burning marks are hard to avoid, but still can decrease.

hope this can help.
Good Luck
Ta-Chih Lin



por el diseñador Alemán Stefan Diez con colaboración de

artesanos japoneses que manejan las técnicas para el curvado del material a la perfección, esta es una colección de productos realizados en bambú Moso y únicamente unido mediante amarres, es decir, no tiene ningún tipo de anclaje como tornillos o pernos, en su simpleza nos permite observar claramente la técnica de latilla y calor que se utiliza para poder generar las formas curvas que estos productos muestran.

Ilustración 0—5 Parte de la colección SOBA y la curva que utiliza.



1.1.3 Designing for Velomobile Diversity: Alternative opportunities for sustainable personal mobility.

Esta es una tesis sobre la generación de un vehículo llamado Velomobile, el mismo que es parte de la nueva variedad de vehículos a motor humano, HPV por sus siglas en inglés, en este proyecto se muestra y explica una de las técnicas más contemporáneas respecto al curvado de la caña, el curvado mediante el crecimiento.



Ilustración 0—6 Modelado de una propuesta de Velomobil.

De estos tres referentes, se pueden destacar dos de ellos, los mismos que tiene mayor fuerza respecto a la manufactura de productos dentro de la problemática a resolver, se puede destacar el uso de desbastes, cortes y latillas en las secciones por curvar para que esta sección permita un mejor desarrollo de la forma, pudiendo ser esta una de las características más importantes para el trabajo.

El tercer referente a diferencia de los otros dos, cuenta con una técnica novedosa y mucho más complicada en su desarrollo pero que resuelve perfectamente la problemática de generar curvas con segmentos cilíndricos de caña, esta técnica no será puesta a prueba debido a que no se cuenta con el tiempo ni la tecnología necesaria para generar buenos resultados.

1.2 Características físico-mecánicas:

Para comprender correctamente este tema comenzaremos contextualizando el término características físico-mecánicas de una manera simple, como para que cualquiera que no esté habituado al campo del análisis de materiales tenga la capacidad de entender en qué resultan las pruebas. Nos enfocamos en la resistencia y lo detallaremos a continuación con la información respecto a la Caña Guadua A.K. encontrada en la bibliografía, la misma que proviene de los resultados de las pruebas de laboratorio.

Las características o propiedades físico-mecánicas son todas las reacciones o respuestas que generan los materiales sólidos al ser sometidos a una fuerza, estas reflejan la capacidad de resistir acciones de carga que posee cada material. Estas cargas actúan momentáneamente, lo que significa que son cargas con carácter de choque. (Andalucía, 2011)

Las pruebas a generar nos servirán para determinar si la resistencia del material se ve afectada directamente una vez aplicada la técnica que mejores resultados brinde, esto nos permitirá conocer la capacidad que posee el material para soportar cargas, así pudiendo conocer si se puede aplicar de una u otra forma.

Al pensar en que estas técnicas serán aplicadas a mobiliario y accesorios de hogar es necesario tener en cuenta que las fuerzas son cíclicas y no constantes, es decir que las cargas pueden variar en sentido, valor o ambos simultáneamente durante varias ocasiones, esto lo podemos ver reflejado en las fuerzas a las que está sometida una silla o cama, en la que personas de distintos tamaños, pesos, anchos, etc. van a utilizar el producto y generar fuerzas de distintas magnitudes y direcciones.

A continuación, se explicará que es la resistencia a la compresión, seguido por una tabla de la resistencia del material en secciones rectas y una comparación entre la Guadua A. K y el Bambú Moso.

Esta información nos servirá para contrastar los resultados de las pruebas, debido a que las técnicas que se apli-

caran son utilizadas en B. Moso y no en el material a experimentar.

Resistencia a la compresión:

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. (Illinois Tool Works Inc, 2018)



Ilustración 07 Prensa para medición a la compresión paralela a la fibra.

- Según la tesis Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Guadua Angustifolia y determinación del módulo de elasticidad (C. P. Takeuchi Tam, 2007) el material posee una resistencia a la compresión de 56 MPa. (Transformas MPa a Kg/cm²)

Esto quiere decir que tiene una resistencia similar a la del acero, lo que demuestra que es sumamente elevada para ser un material orgánico, esto permite que la caña resista grandes cargas en sentido de la fibra.

Donde:

- σ_{adm} : esfuerzo admisible (MPa)
- σ_k : valor característico (MPa)
- G: modificación para tener en cuenta la diferencia entre la calidad de laboratorio y la práctica: Valor predeterminado 0.5.
- D: valor de modificación para la duración de la carga: carga permanente (- 1.0), carga permanente más carga viva (- 1.25), carga anterior más carga del viento (- 1.5)
- S: factor de seguridad, predeterminado como 2.25

Ilustración 08 Formulario para leer Tabla 1

Parámetro	Finca				Total
	El Bambusal	Nápoles	Los Ángeles	Playa Rica	
Número de muestras	222	225	160	202	809
$\sigma_{Mínimo}$	29.45	34.00	30.11	33.86	29.45
$\sigma_{Máximo}$	82.23	92.27	81.74	118.79	118.79
$\sigma_{Promedio}$	58.52	59.43	56.29	51.57	56.21
Desviación Estándar	10.89	8.63	10.40	8.63	10.16
σ_k	37.76	44.42	39.14	39.86	40.42
σ_{adm} (Carga muerta)	8.39	9.87	8.70	8.86	8.98
σ_{adm} (Carga muerta + Carga viva)	10.49	12.34	10.87	11.07	11.23
σ_{adm} (Carga muerta + Carga viva + viento)	12.59	14.81	13.05	13.29	13.47

Tabla 1 Tabla sobre los valores de resistencia del material en segmentos rectos.

- Se presentará a continuación un estudio comparativo entre la Guadua A. K y el B. Moso realizado por Stéphane Schröder, para poder determinar variantes entre el uno y el otro material, sabiendo que las técnicas a aplicar son normalmente usadas en Moso o Phyllostachys Edulis y pudiendo presentar diferencias en el material a estudiar.

◊ Estas pruebas fueron realizadas bajo el sistema KOMO-certified standard, comparando los dos tipos de

caña y teniendo como punto de comparación las características del Picea noruega y Meranti rojo oscuro.

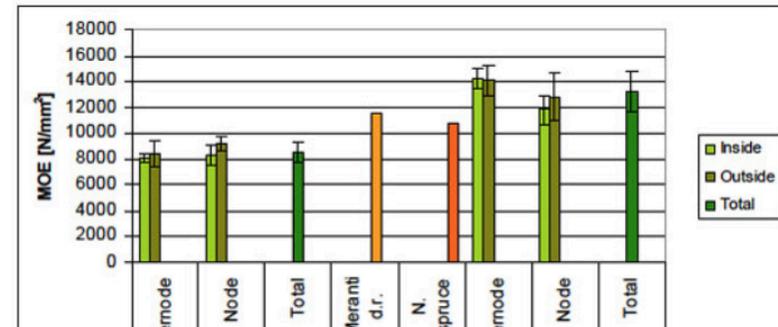


Tabla 2 Comparación físico-mecánica de Guadua Vs Moso.

◊ Los resultados muestran que la resistencia de la Guadua esta sobre el Moso por mucho (G.A.K. 142 760,26Kg/cm² – 122 365,94Kg/cm², B.P.E.

◊ 87 695,59Kg/cm² – 81 577,29Kg/cm²), dándonos un dato muy importante al momento de querer curvar la guadua

Esta información bibliográfica relacionada al tema nos ha brindado datos valiosos, debido a que esta ha sido desarrollada en universidades o institutos especializados en el tema que cuentan con laboratorios suficientemente capaces de brindar datos fiables.

1.3 Laboratorio.

Espacio físico en el que se generan pruebas mediante parámetros y ambientes controlados. En estos se realizan prácticas mediante técnicas para obtener datos que serán analizados para poder dar una conclusión.

En una prueba de laboratorio se debe tomar en cuenta tres parámetros a cumplir, los mismos que se enumeraran a continuación:

- Preparación previa a la práctica:
 - ◊ Este punto se desarrolla fundamentalmente sobre la teoría obtenida de manera previa de los estudios de campo y bibliográficos. Se analizan con detalle las técnicas y procesos a trabajar.
- Realización de la práctica:
 - ◊ La realización de la práctica se caracteriza, por como su nombre lo dice, en desarrollar la práctica como tal, el uso de herramientas o material de laboratorio, la reproducción de fenómenos deseados, toma de data entre otras acciones.
- Conclusiones de la práctica: En este momento se debe analizar la data y generalizaciones obtenida de las pruebas en el laboratorio para poder llegar a una conclusión concreta y real. (Iglesias, 2013)

Las pruebas que se realizarán en esta tesis serán mediante diversas técnicas de curvado para saber cómo se comportaría el material en cada una de ellas.

1.4 Técnicas.

Según lo encontrado en la investigación bibliográfica y estudio del estado del arte podemos determinar 5 técnicas de las cuales profundizaremos, trabajaremos y experimen-

haremos en 3 de ellas, esto debido a que previamente en la carrera se realizó una experimentación con una de estas técnicas sobre el mismo material bajo la misma problemá-

tica y no se consiguieron buenos resultados, lo que creó mayor inquietud sobre el tema.

Las técnicas encontradas son netamente artesanales, con la excepción de una de ellas, curvado mediante cultivo, lo que se debe a que esta depende de la agroindustria de la materia prima, siendo esto ámbito de otra profesión.

1.4.1) Curvado con vapor:

Este es un proceso de reblandecimiento típico de las maderas, sustituyendo a la inmersión en agua para el curvado, lo que genera que el material se vuelva maleable y pueda tomar formas curvas sin que se rompan las fibras. El proceso de humidificación se realiza en una autoclave para que el vapor penetre de mejor manera en las fibras.

Para dar la forma requerida se recomienda utilizar una plantilla que puede ser prensada en un molde de machimbre o como canal en el que entra la pieza de caña y toma la forma del mismo.

Esto se debe dejar secar dentro del molde durante unos días para que tome la forma y no se tuerza.

Ilustración 09 Autoclave para curvado de madera.

Esta técnica fue experimentada previamente en la carrera y no dio buenos resultados, la razón que se pudo determinar fue que la fibra del material al no ser tan rígida como la madera se hidrata generando desprendimiento de la mis-



ma y volviéndose esponjosa.

Al momento de generar la fuerza para la curvatura el material se triza en ambos lados y desprende fibras a los costados debido a la compresión en esta 'esponja'.

1.4.2) Curvado con calor y arena:

Este proceso de curvado es para mantener la estructura cilíndrica del material al 100% debido a que la arena gene-

ra un sólido en el espacio del interior de la caña y el calor reblandece la lignina del material haciendo que este se

vuelva flexible. A este proceso se le añade agua mediante un paño mojado haciendo que el material se hidrate, no se quemé y no se parta; la lignina dentro de la Guadua A.K. comienza a deteriorarse sobre los 200° C, lo que según el Ing. Fajardo significa se debe superar esta temperatura para poder mejorar el manejo de la flexibilidad del material y poder generar formas curvas con mayor facilidad.

Este es un proceso muy similar al que se utiliza para curvar tubos de acero, debido a que toda superficie cilíndrica al ser transformada en una curva genera arrugas en el lado interior de la misma.

(Schröder, Guadua Bamboo, 2013) (Maurina, 2015) (Zierenberg)

Ilustración 010 Proceso de sopeteado en Phyllostachis



1.4.3) Curvado mediante latilla y ca-

lor:

Este proceso es aquel que muestra los resultados

más comprometedores, debido a que es la técnica encontrada en los referentes anteriormente detallados.

Esta no está considerada una técnica de curvado si no un tipo de unión ya que esta se utiliza para abrazar una caña con otra formando una sección curva de material. Se le conoce como unión Sincho o por articulación con doble tope.

Para realizar este proceso se tiene que extraer el material en las partes a curvar del cilindro para que se genere una latilla en un costado, se debe rebajar el espesor de esta para evitar fisuras por la compresión de las fibras.

En esta latilla se puede generar un laminado una vez curvado para recuperar algo de espesor y resistencia, estas piezas adicionales son latillas que se enchapan una sobre otra.

(Misión técnica de Taiwan, Prefectura Santa Elena., 2013) (Bamboo as a construction material, 2014)



Ilustración 011 Proceso constructivo CHING CHAIR N2 en el que se puede apreciar la técnica de latilla.

1.4.4) Curvado mediante cortes:

Proceso de curvado que necesita de una sucesión de cortes en forma de V, tal como se encuentra en la bibliografía y como nos explica el Arq. Patricio Hidalgo, esto permite que el material que queda entre los cortes se comprima y la latilla restante genere la curva. Esto puede realizarse en caña seca, siendo una de las mayores ventajas de esta técnica, en la entrevista el Arq. Hidalgo nos comenta que los cortes no tienen una medida máxima o mínima y que son generados al ojo por así decirlo, de igual manera, sugiere que para obtener mejores resultados se debe generar la técnica en material verde, ya que el agua dentro del material es la que brinda mayor flexibilidad al material.

Esto es muy utilizado en estructuras arquitectónicas por lo que las curvas generadas no cuentan con un acabado vistoso.

(Maurina, 2015) (Schröder, Guadua Bamboo, 2013) (Hidalgo, 2018)



Ilustración 012 Resultados de Curvado mediante cortes en apoyabrazos.

1.4.5) Curvado durante el crecimiento.

Esta es una de las técnicas más novedosas que se presentan, siendo la primera en pensar en la generación de piezas pre curvadas antes de la cosecha, estandarizando formas, usos y presentando un nuevo material totalmente aplicable en la generación de diversos productos.

Esta técnica necesita de moldes que permitan a la planta crecer al ser guiada por el mismo, haciendo que la fibra no se deforme al momento de ser cosechada.

Estos procesos se están poniendo en práctica y están siendo analizados para poder definir pasos y características del material necesarios para que la planta responda de la manera adecuada.



Ilustración 013 Cultivo de Bambú en moldes.

1.5 Conclusión:

Concluyendo esta primera etapa podemos decir que se está trabajando con un material que brinda buenas características, ya sea en tanto al crecimiento, al bajo impacto ambiental y a las características físico-mecánicas.

Teniendo en cuenta que al ser un material que se viene utilizando de manera milenaria existen técnicas y procesos sumamente artesanales, los mismos que no se encuentran detallados a profundidad en la bibliografía encontrada es decir, existe poca información referente a las técnicas a estudiar, lo que nos deja en un campo un tanto desconocido, pero con bases suficientes como para realizar experimentaciones al respecto.

Encontrando técnicas y procesos para el curvado del material no únicamente para generar formas orgánicas con el mismo sino como métodos de uniones mediante segmentos curvos que permiten al material fusionarse con otro segmento del mismo para generar un volumen con formas definidas.



Ilustración 014 Técnica de amarre Sincho.

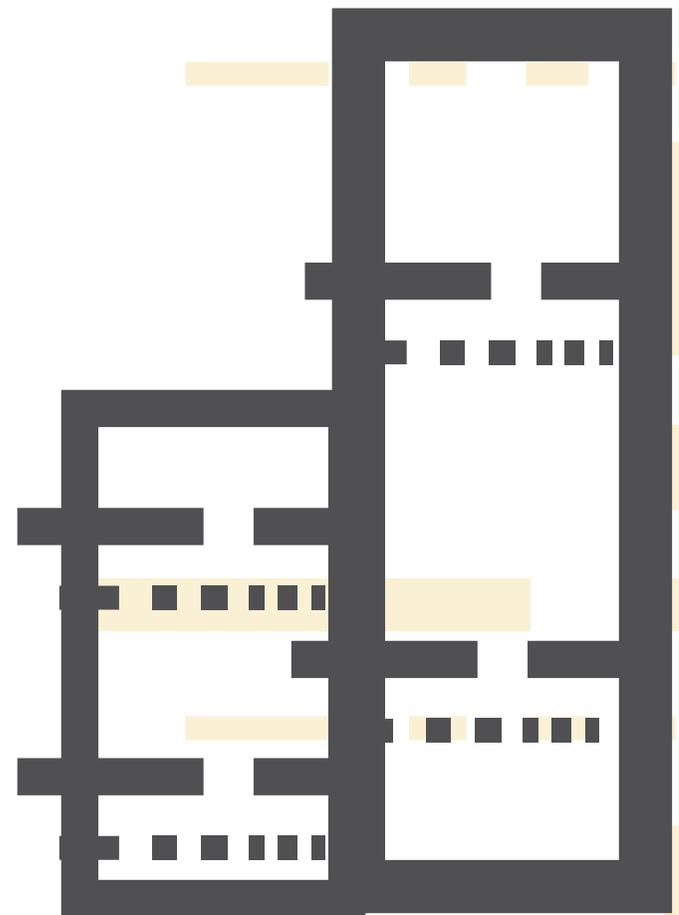
Gracias a la información obtenida en la entrevista con el Dis. Juan José Romero quien a más de ser diseñador de productos tiene una segunda titulación en Diseño gráfico, se genera la idea de desarrollar un manual de curvado de Caña Guadua A.K. (Romero, 2018) Mediante lineamientos más allá de los experimentales, sino el poder interactuar con diversas formas de lectura o distribución, para así poder hacer que esta información sea de fácil acceso y generar un mayor impacto en el medio del diseño y la construcción con este material.

Con esta información podemos determinar las técnicas que se pondrán a prueba, Calor y arena, Latilla y calor y cortes, esperando obtener resultados de funcionamiento con las primeras pruebas piloto.

Capítulo 2.

DISEÑO

EXPERIMENTAL



Habiendo definido las 3 técnicas que se utilizaran para experimentar sobre el curvado de la Guadua A.K., se realizaran pruebas piloto con cada una de ellas y así saber si se pueden o no aplicar cada una de las técnicas, con la que mejores resultados brinden se procederá a la experimentación en el laboratorio para saber si las características físico-mecánicas se ven afectadas una vez curvado el material, con los resultados obtenidos básicamente se explicara el como se realizaran las experimentaciones y la toma de datos, para posteriormente ponerlo en practica.

Por cada una de las técnicas se realizarán 5 pruebas piloto para poder determinar el funcionamiento de cada una de ellas, las únicas variantes extra que vamos a tomar en cuenta en 2 de las 3 técnicas son si la caña está seca o verde, debido a que en la bibliografía e información obtenida de las entrevistas se conoce que la caña reacciona de distinta manera si esta posee más o menos humedad.

Las características físico-mecánicas serán medidas cuantitativamente en una prensa de laboratorio para poder determinar si la resistencia del material se ve afectada una vez generada la curva, pudiendo cruzar los datos obtenidos en el laboratorio con los de la bibliografía. Esto se determinará en las técnicas que den resultados aplicables al diseño.

Esta información será receptada del laboratorio con los resultados técnicos pudiendo, mediante esto, determinar funciones o aplicaciones en las que el material no vaya a dar problemas.

Se analizarán 3 técnicas de las que ya se han hablado con anterioridad: curvado mediante cortes; calor y arena; y latilla y calor, ya que estas son las técnicas que más difieren la una de la otra y presentan resultados distintos en curvado y acabado, permitiendo una lectura distinta del material con cada una de ellas.

Las técnicas que mejores resultados brinden serán analizadas y puestas a prueba mayor cantidad de veces para poder generar un correcto funcionamiento, determinando los datos de las variables con las que estas trabajan y así concluir con el correcto procedimiento de estas técnicas y la comparación de la resistencia del material en segmentos rectos y curvos.

Estas pruebas nos darán 15 resultados en total, los mismos que serán expuestos en tablas con los datos conseguidos en la experimentación y la o las técnicas que funcionen correctamente se someterán a análisis físico-mecánicos en laboratorio y de igual manera se expondrán las mismas en un manual, de una manera clara, didáctica y dinámica, que servirá para demostrar las aplicaciones de cada una de las técnicas en el ámbito de la generación de mobiliario, accesorios de hogar y planteando de esta manera un nuevo uso del material en el campo del diseño.

2.1)Proceso experimental:

Se definieron y generaron pruebas de curvado en 3 técnicas y 1 curva, la misma que fue un ángulo menor a 90°. Como punto máximo de curvatura que se está tomando es un ángulo de 45° en los extremos de las cañas, sin tomar en cuenta la curvatura que genera en ángulo. Esto mostrará las posibles aplicaciones de cada una de las técnicas; el medir en una sola curva funciona tal cual un percentil, ya que esta medición es generada en un ángulo máximo al que si el material llega a curvarse con uno u otro tratamiento, demuestra que se podría generar ángulos mayores.

En caso de que el material no resista al proceso o no llegue a generar el ángulo de 45° se debe anotar en qué punto este comenzó a sufrir fisuras o deformaciones, detallando si el ángulo es < o > a 90° debido a que este es el punto medio. Esto de igual manera nos proporciona la información necesaria para poder saber en qué producto o forma se puede aplicar el material y cuál sería el ángulo máximo de curvatura con esa técnica.

Las cañas utilizadas serán Guadua Angustifolia Kunt, de la misma que no se conoce el tiempo que tiene de cosecha, pero aún posee verdor en la corteza lo que demuestra que no está totalmente seca, ya que el material conforme se va secando toma un color café amarillento con variaciones en los tonos.

Los segmentos utilizados para las pruebas piloto serán de 150cm debido a que el material va a ser aplicado en mobiliario doméstico y se analizaron tamaños máximos aplicables de luz de arco para determinar esta medida. Siendo este una constante para los tamaños de piezas a utilizar, el diámetro de las cañas varía entre 70 mm y 100 mm con esta transición a lo largo de la misma (6m de caña).

2.2) Herramientas.

Las herramientas utilizadas para la experimentación son básicas y algunas hechas en casa. Estas nos ayudarán y facilitarán procesos necesarios para la generación de las diversas técnicas.

A continuación, se detallará una lista de herramientas separadas de acuerdo a cada una de las técnicas.

1) **Calor y arena.**

- ◇ Arena
- ◇ Soplete y sistema de gas
- ◇ Sacabocados de tubo 2m de largo
- ◇ Barreta
- ◇ Alambre
- ◇ Franela
- ◇ Agua
- ◇ Soporte para generar curvatura

2) **Latilla y Calor.**

- ◇ Caladora Eléctrica
- ◇ Sierra de arco
- ◇ Compás
- ◇ Soplete y sistema de gas
- ◇ Flexómetro
- ◇ Franela
- ◇ Agua
- ◇ Cilindro para moldear (pedazo de Caña)
- ◇ Plantilla de curvas

3) **Cortes.**

- ◇ Ingletadora
- ◇ Serrucho de costilla
- ◇ Taladro
- ◇ Brocas
- ◇ Martillo
- ◇ Escuadra
- ◇ Compás
- ◇ Flexómetro
- ◇ Soporte (Uillaje para fijación de caña, duela de madera con 2 abrazaderas metálicas)
- ◇ Desarmador
- ◇ Playo
- ◇ Cuchilla
- ◇ Formón

2.3) Constantes y variables para el correcto funcionamiento de las técnicas.

Las constantes y variables fueron determinadas independientemente por cada una de las técnicas analizadas.

Para la toma de estos datos se generaron dos tablas la una que indica las constantes y otra las variables, ayudándonos esto a procesar la data que se obtendrá en las pruebas.

A continuación, se presentarán los cuadros con los datos constantes y los espacios en blanco de las variables para demostrar cómo fueron tomados los datos.

CORTES			
CONSTANTES	DEFINICIÓN	UNIDAD	PARAMETRO
LARGO DE SECCIÓN	Tamaño que corresponde a un pedazo del largo total de algo, normalmente es lineal.	cm.	
ESPESOR DEL MATERIAL	Ancho de las paredes del material en la parte a ser curvada.	mm	
DISTANCIA ENTRE CORTES	Distancia entre cada corte.	cm.	
CANTIDAD DE CORTES	Cantidad de cortes generados en la sección a curvar.	#	
ANCHO DE LATILLA	Ancho del material que genera la curva (Latilla)	mm	
VARIABLE	DEFINICIÓN	U	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Conocer que tan seco o verde esta el material, con esto se puede intuir la humedad del mismo.	Verde .(1) Medio.(2)	

Tabla 3 Constantes y Variables Técnica mediante cortes.

ARENA Y CALOR			
CONSTANTES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	Tamaño que corresponde a un pedazo del largo total de algo, normalmente es lineal.	cm.	
VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Conocer que tan seco o verde esta el material.	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	Cantidad de tiempo que se proporciona a la caña, esto reblandece la lignina.	min.	
ANGULO POR CURVAR	Determinar si es $< \alpha > 90^\circ$	$< \alpha >$	

Tabla 4 Constantes y Variables Técnica mediante calor y arena.

LATILLA Y CALOR			
CONSTANTES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	Tamaño que corresponde a un pedazo del largo total de algo, normalmente es lineal.	cm.	
ESPESOR DEL MATERIAL	Ancho de las paredes del material en los extremos.	mm.	
ANCHO DE LATILLA	Es el ancho de la latilla que será el vínculo que se curvara.	cm.	
VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	Cantidad de tiempo que se proporciona a la caña, esto reblandece la lignina.	min.	
ESTADO DEL MATERIAL	Conocer que tan seco o verde esta el material, con esto se puede intuir la humedad del mismo.	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	Determinar si es $< \alpha > 90^\circ$	$< \alpha >$	

Tabla 5 Constantes y Variables Técnica mediante latilla y calor.

Las constantes tomadas en cuenta en esta tabla son las características que pueden ser reguladas, tales como son largos de sección, distancias entre cortes y espesores sobre la latilla, pudiendo esto generar resultados que nos indiquen si la técnica tiene o no factibilidad de uso con las características establecidas.

Las variables son los aspectos que no se pueden controlar o que varían entre una y otra prueba, ya sea por características del material que no tiene procesamientos, tal como puede ser el espesor de las paredes o la forma de los nudos, así como también procesos que al ser una técnica artesanal no está medido ni regulado como es el tiempo de exposición al fuego.

2.4) Procesos.

En este punto se detallarán los procesos de cada una de las técnicas una por una, para conseguir datos y resultados concretos, así como también podremos tener correctas mediciones de las variables y obtener una correcta producción al momento de poner en práctica las técnicas.

Cada una de las mismas tiene procesos previos para la generación del curvado, por lo que es necesario detallar esto de igual manera.

Las técnicas a trabajarse van a ser descritas tal cual nos indica la información obtenida de la investigación y se generarán acotaciones de los factores que no se especifican y generan la posibilidad de probar con varias opciones.

2.4.1) Procesos de la técnica mediante cortes.

Esta es una técnica utilizada normalmente para generar formas curvas o esquinas redondeadas, encontrado en la fabricación de muebles, artesanías e incluso dentro de la arquitectura, la información encontrada al respecto es aplicada sobre Bambú Moso o *Phyllostachis edulis*. (Schröder, Guadua Bamboo, 2013)

- ◊ Realizar cortes en V donde se va a generar la curvatura, la ausencia de material a uno de los lados facilita que el lado opuesto genere una curva, las paredes inclinadas de la muesca permiten que el material se soporte y no sobrepase el ángulo de curvatura.
- ◊ Los cortes pueden ser de hasta dos tercios del cilindro y se pueden generar más o menos pronunciados dependiendo de qué tan drástica se necesita generar la curva.
- ◊ Aplicar calor gradualmente en sentido de la fibra, es decir de la parte más gruesa a la más delgada de la caña.
- ◊ Se debe aplicar agua con una franela de manera paulatina para que esto humecte la fibra.

- ◊ Sin dejar de aplicar calor se debe comenzar a ejercer fuerza para que el bambú tome la forma deseada, durante este proceso se debe frotar a franela mojada sobre la superficie caliente.

- ◊ Una vez conseguida la forma deseada se debe dejar enfriar el material.

- ◊ Colocar pegamento o amarrar la pieza de caña en la posición final para que de esta manera se asegure y se mantenga.

(Maurina, 2015) (Schröder, Guadua Bamboo, 2013)

Acotaciones:

No se encuentra en ningún caso el ángulo para los cortes en V, por lo que se probará con varias opciones. De igual manera pasa con la exposición al calor y la frecuencia de la aplicación de agua con el trapo.

2.4.2) Procesos de la técnica mediante latilla y calor.

Esta más que una técnica de curvado es una técnica de amarre en caña que utiliza segmentos curvos, encontrada con el nombre de Sincho o doble but bent joint, la misma que cuenta con muy poca información al respecto, pero es la que más se ve utilizada en la generación de productos de diseño, sobre todo en los objetos mostrados en el estado del arte.

Esta técnica al contrario de la anterior pudimos obtener en un solo texto los pasos para generar una unión correcta, pero sin obtener mayor información sobre algún tipo de trato previo del material antes de ser curvado. Según lo que Ta Chin-Lin nos comenta en el mensaje, la caña está en estado verde, mientras las imágenes del texto (Misión técnica de Taiwan, Prefectura Santa Elena., 2013) nos muestra la aplicación de esta en material seco.

Esta técnica tampoco se ve aplicada en Guadua A.K. por lo que no sabemos qué resultados podemos obtener, se encuentra aplicada en Pyllostachis y Moso. (Raj & Agarwal, 2014) (Misión técnica de Taiwan, Prefectura Santa Elena., 2013)

- ◇ Generar línea de corte en la sección que se desea generar la curva, marcando el segmento que se va a desprender.

- ◇ Con la caladora generar el corte por la línea previamente realizad. Esto dejará dos segmentos de caña unidos por un nervio.

- ◇ Generar una marca en la parte interna, justo en medio.

- ◇ En la mitad izquierda se debe generar otra marca más en medio de la sección, se debe repetir este paso una vez más en la mitad del lado izquierdo.

- ◇ Por el lado externo a 1/32 de la mitad a la derecha se debe generar una muesca más.

- ◇ Culminado el proceso de muescas procedemos a aplicar calor, esto se debe hacer directamente con el soplete.

- ◇ Se debe humectar cada cierto tiempo con un trapo mojado.

- ◇ Cuando se sienta que el material comienza a ablandarse debemos soportar la mitad de la latilla en un cilindro para generar soporte.

- ◇ Sin dejar de aplicar calor se debe ir generando la fuerza necesaria para que el material tome la curva deseada.

- ◇ Dejar enfriar.

Acotaciones:

No se especifica ningún ancho ni espesor de la latilla a ser curvada, de igual manera el tiempo de exposición al calor ni el tipo de corte que debe tener en los extremos.

2.4.3) Procesos de la técnica mediante arena y calor.

Esta es una técnica utilizada para generar formas curvas con materiales cilíndricos, ya sea este tubo de acero o cañas tales como el Bambú Moso.

Dentro de la investigación de campo pudimos obtener información importante sobre esta técnica, tal como que se debe remover los nudos desde el interior para permitir que la arena pase entre culmo y culmo o que se debe generar perforaciones para permitir que el vapor que se genera tenga por donde escapar y no parta la caña con presión. (Guevara, 2018) (Maurina, 2015) (Schröder, Guadua Bamboo, 2013)

- ◊ Primero con el sacabocados se debe perforar los nudos en la parte interna para permitir que la arena llegue al culmo final.
- ◊ Rellenar la caña con arena, en este punto la caña se vuelve un sólido, haciendo que el material no tenga espacio para expandirse y permitiendo que la cáscara mantenga su forma sin generar fisuras o dobleces.
- ◊ Generar perforaciones en las bases de los culmos, esto evita que el vapor se encapsule en el interior de la caña y genere presión que pueda afectar al material; la reacción es parecida a la de una olla de presión.
- ◊ Una vez relleno el material y perforando las fugas de vapor se comienza a aplicar calor al material directamente con el soplete. El proceso de calor debe reblandecer el material para permitir que este genere una forma curva.
- ◊ Se debe aplicar con frecuencia agua con la franela debido a que esto hidrata la superficie y evita quemaduras.
- ◊ Cuando el material comienza a cambiar de color se debe colocar en algún soporte y sin dejar de aplicar calor se comienza a generar presión sobre la zona a curvar, poco a poco el material va a ir tomando la forma deseada.

- ◊ Una vez conseguida la forma se debe tratar de mantener la misma mediante amarres o prensas hasta que el material se enfríe, en este proceso se debe aplicar agua con el trapo.

- ◊ Vaciar y limpiar las cañas para evitar tener residuos de arena en el resto de procesos.

Acotaciones:

En esta técnica no se puede tener control sobre el espesor del material o espacio para que la fibra tome forma, por lo que no se comprende qué va a pasar con el material en la parte interna de la curva, es necesario un espacio amplio para generar el trabajo.

2.5) Definición de procesamiento de datos.

Los datos obtenidos de las 15 pruebas realizadas con las 3 técnicas serán evaluados según los datos obtenidos en las tablas de variables. Estas pruebas nos sirven para conocer datos que deben dejar de ser variables y pueden convertirse en constantes y así hacer que los procesos cada vez sean más estandarizados.

Los datos de las tablas servirán para establecer características de las técnicas aplicadas sobre el material, esto más los resultados físicos nos permitirán darnos cuenta si las propiedades físico-mecánicas se ven o no afectadas a partir de la aplicación de los procesos de cada técnica.

No se realizarán mediciones en artefactos de alta precisión con probeta de latilla debido a que no es la maquinaria que genere toma de datos en segmentos curvos, no cumpliendo con las pruebas necesarias.

Se validará el punto en el que los datos físico-mecánicos obtenidos en la investigación se ven afectados con la técnica adecuada, esto gracias a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio.

La experimentación fue registrada mediante fotografías, las mismas que servirán para determinar el ángulo formado en cada una de las pruebas, lo que una vez introducido en el software que nos permitirá hacer la toma correcta de este dato.

2.5.1) Herramientas de medición.

Para la medición en la experimentación se utilizaron herramientas físicas y digitales, apoyándonos en la tecnología para poder obtener datos más certeros.

A continuación, enlistaremos las herramientas utilizadas:

- ◇ Cronómetro
- ◇ Flexómetro
- ◇ Calibrador
- ◇ AutoCad
- ◇ Tablas
- ◇ Block de notas
- ◇ Grabadora
- ◇ Cámara fotográfica

2.5.2) Presentación de resultados.

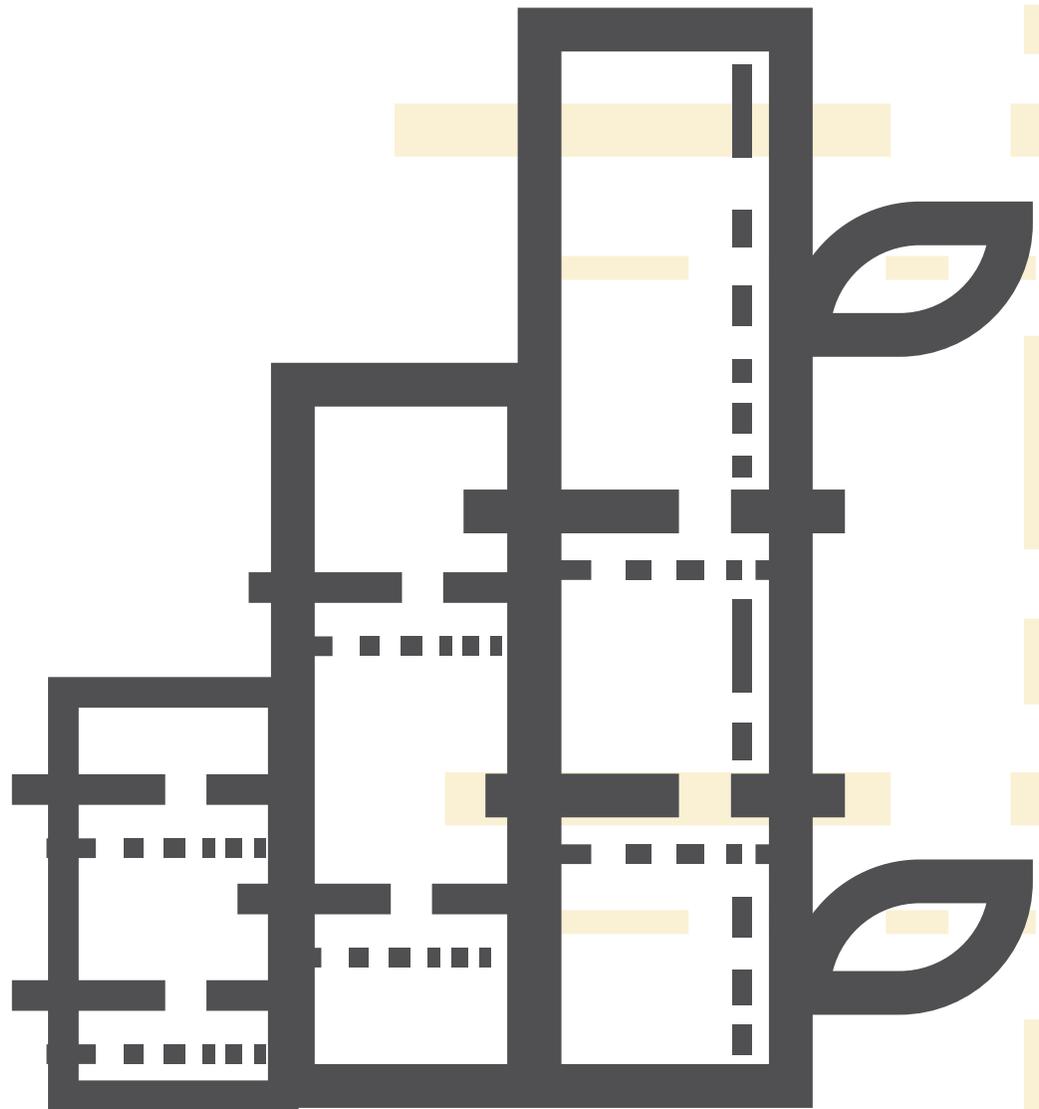
Los resultados se presentarán en un cuadro en el que se mostrarán las constantes y una media resultante de las diferentes tomas en cada una de las variables de las técnicas que resulten positivas, mientras que las que no resulten presentarán con el cuadro del mejor resultado y se justificará las posibles causas, esto con el fin de que se conozcan las variables en el caso de que se continúe en los estudios.

Por otro lado, con las técnicas aplicables al mobiliario y accesorios de hogar se presentará un registro fotográfico completo de los procedimientos y procesos seguidos para conseguir los resultados correctos, estas fotografías permitirán comprender cómo se generó la curva y ayudarán a la generación del manual para el curvado de Caña Guadua A. K.

Para concluir esta etapa se han definido las características para las pruebas piloto del funcionamiento de las pruebas, estas nos permitirán definir cuales se pueden aplicar y que se debe mejorar en ellas para su correcto funcionamiento, al momento de definir el funcionamiento se procederá a las pruebas de laboratorio.

Capítulo 3

EXPERIMENTACIÓN



A continuación se presentaran los procesos de experimentación aplicados y los resultados obtenidos de las pruebas piloto, seguido de las pruebas de laboratorio que nos permitirán comparar las características del material en segmentos rectos y curvos, cumpliendo con este punto el objetivo propuesto.

Se realizaron las pruebas por cada una de las técnicas determinadas. Esto nos sirvió para conocer las reacciones del material ante una u otra de estas, de igual manera en este proceso se registra si existen cambios en cada variable.

Se presentarán los cuadros de cada una de las 15 probetas para demostrar el análisis que se realizó y que los resultados se vean respaldados mediante esta información.

Para terminar con las pruebas se utilizó el momento cuando se genera la ruptura de la fibra, esto debido a que el material se verá aplicado en productos de diseño y para esto es necesario que el mismo esté en perfectas condiciones. Esto nos permite conocer una media de la posible curva que se puede generar antes de la ruptura.

Se presentarán conclusiones individuales por cada técnica analizada y una conclusión definitiva respecto a las características del material, comparando estas en segmentos rectos y una vez curvado mediante la técnica que mejor se preste. Esto nos permitirá conocer las diversas aplicaciones que cada una de esas pueda tener.

La conclusión respecto a las características de funcionamiento se presentará con cuadros en los que se tendrán medias para los procesos y así estandarizar las técnicas.

3.1) Recolección de data en pruebas piloto.

A continuación, se presentan los cuadros con los datos recolectados de cada probeta de cada una de las técnicas. En estos cuadros se mostrarán, como se comentó en el capítulo anterior, constantes y variables, las mismas que en algunos casos presentan variaciones en las constantes debido a que la investigación de campo no nos brindó todos los datos necesarios para que las técnicas funcionen de manera correcta y genere la curva de manera adecuada, por lo que en algunos casos se decidió probar con diferentes opciones siempre con características controladas.

Los estados de las cañas fueron determinados por el material que se consigue en el mercado en 4 de las 5 pruebas, esto para poder determinar si el material que se consigue a la venta es óptimo para generar formas curvas.

Por otra parte, con la prueba que mejores resultados brinde se generarán pruebas con caña verde para ver si mejoran sus características, ya que como cualquier madera al estar verde presenta mayor flexibilidad y esto puede mejorar los acabados de las curvas.

3.1.1) Recolecta de data técnica latilla y calor.

LATILLA Y CALOR P1		
CONSTANTES	DIMENSIÓN INDICADOR	
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm.	7
ANCHO DE LATILLA	cm.	4
VARIABLE	DIMENSIÓN INDICADOR	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	5,08
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 6 Latilla y Calor P1

Observaciones:

Se genera la latilla en una sección en la que es culmo y 2 nudos, esto significa que no existen nervios en medio de la curva, se generan rupturas en los nudos que están cerca de las secciones cilíndricas, es la primera vez que se pone en práctica la técnica, es decir existe falta de experiencia.



Ilustración 3-01 Latilla y Calor P1

LATILLA Y CALOR P2		
CONSTANTES	DIMENSIÓN INDICADOR	
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm.	8
ANCHO DE LATILLA	cm.	4
VARIABLE	DIMENSIÓN INDICADOR	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	7,6
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 7 Latilla y Calor P2

Observaciones:

Nudo en medio, se generaron mejores resultados al parecer debido a que la fibra no se expande tan fácilmente gracias a que los nudos cuentan con fibras en diversas direcciones haciéndolo más resistente, el calor reblandece el material, lo que demuestra que esto es necesario, se revienta el material, generando dobleces, los mismos que se ven reflejados en ambos lados (interno y externo) del material.



Ilustración 3-02 Latilla y Calor P2

LATILLA Y CALOR P3		
CONSTANTES	DIMENSIÓN INDICADOR	
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPELOR DEL MATERIAL	mm.	5
ANCHO DE LATILLA	cm.	4.6
VARIABLE	DIMENSIÓN INDICADOR	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	6.2
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 8 Latilla y Calor P3

Observaciones:

Generación de muescas en interior y exterior de la latilla tal como se encontró en la bibliografía; mejora el proceso y permite generar una curva mucho más cerrada.

El corte realizado en el exterior no funciona ya que desprende a la cáscara de la caña y se genera un doblez en el medio.



Ilustración 3—03 Latilla y Calor P3

LATILLA Y CALOR P4		
CONSTANTES	DIMENSIÓN INDICADOR	
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPELOR DEL MATERIAL	mm.	8
ANCHO DE LATILLA	cm.	4
VARIABLE	DIMENSIÓN INDICADOR	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	9,33
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 9 Latilla y Calor P4

Observaciones:

Se deja un nudo completo en medio de la latilla para saber si funciona la lógica de las fibras, mejora la curva con respecto a las pruebas sin cortes generando una curva más homogénea, la cáscara revienta un poco en la unión con el cilindro generando marca de doblez.



Ilustración 3—04 Latilla y Calor P4

LATILLA Y CALOR P5		
CONSTANTES	DIMENSIÓN INDICADOR	
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPEJOR DEL MATERIAL	mm.	5
ANCHO DE LATILLA	cm.	4
VARIABLE	DIMENSIÓN INDICADOR	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	19.83
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 10 Latilla y Calor P5

Observaciones:

Prueba realizada con los cortes los mismos puntos en los que el material genera líneas de doblez, la mitad derecha de la latilla muestra una curvatura homogénea hasta la unión con el cilindro, la cáscara se desprende en el corte generado, la latilla está generada únicamente en culmo.



Ilustración 3—05 Latilla y Calor P5

3.1.1.1.) Conclusión de técnica:

Necesita 2 o más personas para su correcto funcionamiento, la generación de las muescas en la pared interior del material es de mucha utilidad, esto permite que el material fleje de mejor manera y la curva tenga un acabado más suave, evitando con tanta facilidad que se generen rupturas en la fibra.

El uso de calor ayuda a que el material se vuelva más flexible, esto se puede sentir al momento de generar fuerza sobre el material frío y una vez calentado.

El ancho de la latilla es una de las constantes que más se debe tener en cuenta, debido a que esta debe soportar todas las fuerzas que se generarán para formar la curva.

Se pueden generar mayor cantidad de muescas para que estas ayuden a que la fibra se contraiga sin trazarse a los extremos y parte externa del material.

3.1.2) Recolecta de data técnica arena y calor.

ARENA Y CALOR P1		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	13
ANGULO POR CURVAR	< o >	0

Tabla 11 Arena y Calor P1

Observaciones:

La prueba fue generada con un soplete directamente sobre la superficie, lo mismo que genera puntos negros ya que comienza a carbonizarse la fibra, después de 13 min de calor se comienza a ejercer una fuerza en los culmos calentados y el material no reacciona.

Se humecta con un trapo mojado.



Ilustración 3—06 Arena y Calor P1

ARENA Y CALOR P2		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
ESTADO DEL MATERIAL	min.	15
ESTADO DEL MATERIAL	< o >	0

Tabla 12 Arena y Calor P

Observaciones:

Se aplicó más tiempo que la P1 para definir si es el factor de exposición al fuego el que afecta al material permitiéndole generar una curva.

Se aplicó fuerza en los culmos calentados, pero no se deformó en lo absoluto.

Se untó agua con el trapo.



Ilustración 3—07 Arena y Calor P2

ARENA Y CALOR P3		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	18
ANGULO POR CURVAR	< o >	0

Tabla 13 Arena y Calor P3

Observaciones:

Caña hidratada durante una semana empapando la arena y la fibra, se aplicó aún más calor para tratar de malear el material.

No se genera ningún resultado.



Ilustración 3—08 Arena y Calor P3

ARENA Y CALOR P4		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	21
ANGULO POR CURVAR	< o >	0

Tabla 14 Arena y Calor P4

Observaciones:

Caña humectada por una semana de igual manera, esta se aplicó calor en su totalidad, la misma que presentó un proceso de deshidratación en medio de la calentada y generó una espuma en el extremo superior.

Se aplicó fuerza en medio de la caña, sin obtener resultados positivos.



Ilustración 3—09 Arena y Calor P4

ARENA Y CALOR P5		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	26
ANGULO POR CURVAR	< o >	0

Tabla 15 Arena y Calor P5

Observaciones:

Mejora el proceso de calentado, encontrando una distancia óptima para no quemar el material (70 cm de la boca del soplete), se aplica 26 min.



Ilustración 3—010 Arena y Calor P5

3.1.2.1.) Conclusión de técnica:

Concluyendo esta técnica se puede decir que para la variedad Guadua A. K. No presenta resultados positivos, pudiendo determinar que el uso de esta técnica para la creación de curvas con el material no es la adecuada, ya que el material no se ve afectado por estos procesos.

Esto debido a que la elasticidad del material no se ve afectada de la manera suficiente como para generar formas orgánicas.

Es necesario para el mejor funcionamiento de la técnica que esta se genere con un mínimo de dos personas.

3.1.3) Recolecta de data técnica cortes.

CORTES P1		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPELOR DEL MATERIAL	mm	8
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	1
CANTIDAD DE CORTES	#	32
ANCHO DE LATILLA	mm	44
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	9
ANGULO POR CURVAR	< o >	<90

Tabla 16 Cortes P1

Observaciones:

Se generaron cortes perpendiculares a la fibra con el espesor del disco de corte (3mm), en una distancia total de 70cm, queda una latilla en la espalda de la curva, la misma que muestra fisuras en la fibra en los cortes más grandes.

Al momento de generar la curva quedan espacios de forma triangular debido a los cortes, esto podría ser aprovechado como un detalle para el diseño.

Presenta los mejores resultados hasta el momento.

CORTES P2		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPELOR DEL MATERIAL	mm	6
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	2
CANTIDAD DE CORTES	#	4
ANCHO DE LATILLA	mm	68
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	6

Tabla 17 Cortes P2

Observaciones:

Se generan cortes amplios (6,8 cm) para que la sección de donde se extrajo material pueda comprimirse y dar la forma curva, el material muestra fisuras en la latilla de la espalda de la curva en todos los puntos en donde está generado el vértice de la V del corte.

La sierra se colocó con una inclinación de 30° y la caña era la que giraba para generar la forma de V.



Ilustración 3—011 Cortes P2

CORTES P3		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm	6
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	1
CANTIDAD DE CORTES	#	6
ANCHO DE LATILLA	mm	45
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	7
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 18 Cortes P3

Observaciones:

Se generan cortes con igual inclinación que la prueba anterior, estas al parecer son muy grandes y hacen que el material se trice en los vértices de las V, el material muestra trizaduras antes de que se contacten nuevamente los rectores cortados.



Ilustración 3—012 Cortes P3

CORTES P4		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm	6
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	3
CANTIDAD DE CORTES	#	6
ANCHO DE LATILLA	mm	50
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	2
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	7,3
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 19 Cortes P4

Observaciones:

Muecas de 15 en cada lado del corte, el material mostró una ruptura en el corte más profundo, permite un mejor manejo del material, pero por falta de experticia no se sabía que esto afectaría los resultados.



Ilustración 3—013 Cortes P4

CORTES P5		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	INDICADOR
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm	6
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	1.5
CANTIDAD DE CORTES	#	10
ANCHO DE LATILLA	mm	32
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1) Medio.(2) Seco .(3)	1
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	0
ANGULO POR CURVAR	< o >	90>

Tabla 20 Cortes P5

Observaciones:

No fue necesario aplicar calor para generar la curva, los cortes fueron realizados en un solo sentido a 15° de inclinación, el material mantiene una curvatura mayor a 90° sin necesidad de generar ninguna fuerza sobre ella, es decir el solo peso de la caña genera peso suficiente como para deformarlo, se amarró los extremos para mantener la curva cerrada al máximo, pero el material no mantiene la forma deseada si no es mediante un peso o fuerza que la genere.

La curva en el ángulo generado presenta una sensación sólida, agregándole un peso de 370 Lb la pieza no se ve afectada.

3.1.3.1) Conclusión de técnica:

El funcionamiento de esta técnica se ve reflejado de mejor manera en caña verde, esto se debe a que la flexibilidad de este material se ve menos afectada en este estado.

Es necesario mantener un ancho mínimo de latilla para evitar rupturas de la fibra, esto se regula gracias a un soporte generado al momento de realizar los cortes, evitando el desplazamiento indebido y la rotación del material, permitiendo regular la profundidad de los cortes.

Se debe tener en cuenta que las propiedades elásticas del material se ven afectadas debido a que, al perder soporte en el cilindro gracias a los cortes, la latilla se deforma de su estado original por el mismo peso de la caña, manteniendo cierta curvatura, pero al momento de ejercer una fuerza las fibras se curvan en un mayor ángulo, las mismas que regresan a su forma de semiflexión una vez retirada la misma.

Para mantener esta forma curva en el material se plantea el rellenar el cilindro de caña con espuma expandible como alma de la caña o generar amarres mediante tensores, los mismos que unirán una parte con otra, manteniendo las fuerzas que generan la forma.

Es posible generar esta técnica con una sola persona, lo que en producción representaría menores gastos que la anterior.

3.2.) Procesamiento de datos.

El procesamiento de la data obtenida en el punto anterior será presentado concluido en una tabla con medias de los datos, los mismos que regulan las características de los procesos para la transformación del material con cada una de las técnicas puestas a prueba.

Los resultados presentados a continuación sirven para poder llegar a una conclusión que exprese que tan funcional es generar estas formas en la Guadua A. K. Conociendo si el material se ve o no afectado, brindando información importante para la generación de diseño en cualquier tipo de producto.

Conociendo estos datos podremos determinar qué formas se pueden desarrollar y por ende qué producto podríamos fabricar. La tesis está proyectada para ser reflejada en mobiliario y accesorios de hogar, por lo tanto, las curvas necesarias pueden variar desde ángulos muy abiertos a otros muy cerrados, al igual que el desarrollo de detalles como jaladeras o luces de espejo aplicando el material curvado.

En el mercado no se consigue fácilmente caña en estado verde, por lo que las pruebas se realizaron en el material que está a la venta al público, para de esta manera conocer si es que es o no posible trabajar con el material curado y en un estado medio.

Por esta razón para las pruebas en material verde o fresco fue necesario cosechar cañas con las características planteadas para el material a trabajar, estas fueron las constantes que se estudiaron.

En el proceso de cosecha me encontré con que la Guadua A. K. posee ramas largas y flexibles, las mismas que están compuestas de la misma manera que la caña, esto quiere decir que posee culmos que no son tan huecos, nudos y ramificaciones; esta parte del material no se encuentra a la venta, por lo que se podría considerar desperdiciada.

El momento que nos dimos cuenta de eso decidimos tratar esta parte del material para poder utilizar algo que está siendo desechado y tener una mayor conciencia con el medioambiente.

Las cañas fueron cosechadas de un pequeño guadual que pertenece a una hacienda familiar en el valle de Yunguilla en la provincia del Azuay, las mismas que están cultivadas de manera silvestre, por lo que no se conoce edad, salud de la planta, velocidad de crecimiento entre otros datos técnicos de cultivo.

3.2.1) Medias de data obtenida.

A continuación, se presentan las tablas de las 2 técnicas que permitieron generar una curva al momento de haber sido sometidas a experimentación, en estas tablas se presentarán las medias para generar curvaturas con el material, estos datos son básicamente la guía para la aplicación de estas técnicas en la fabricación de productos.

Estas tablas y los procesos anteriormente determinados, nos permitirán la generación del manual de curvado de Guadua A. K., para que este facilite a diseñadores y artesanos, desde el momento de la ideación, ya que esto nos permite prever en la concepción qué proceso es mejor para lograr los resultados esperados.

CORTES Medias		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	PROMEDIO
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm	6,4
DISTANCIA ENTRE CORTES	cm.	1,75
CANTIDAD DE CORTES	#	11,6
ANCHO DE LATILLA	mm	47,8
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	1,8
	Medio.(2)	
	Seco .(3)	

Tabla 21 Medias Cortes

LATILLA Y CALOR Medias		
CONSTANTES	DIMENSIÓN	PROMEDIO
LARGO DE SECCIÓN	cm.	150
ESPESOR DEL MATERIAL	mm.	6,6
ANCHO DE LATILLA	cm.	4
VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO	min.	7,34
ESTADO DEL MATERIAL	Verde .(1)	2
	Medio.(2)	

Tabla 22 Medias Latilla y Calor

Los resultados de esta técnica generar una especie de doblez por lo que se descarta el uso de la misma para el desarrollo de productos de hogar.

3.3) Estandarización de procesos de las técnicas que brindaron resultados positivos.

Para este proceso se determinó que la técnica que brinda mejores resultados para la generación de formas curvas con Guadua A. K. es la técnica mediante cortes, esto debido a que las pruebas nos demostraron que se puede llegar a generar formas orgánicas con acabados suaves y sin dañar la fibra que queda sin cortes.

Esta técnica fue puesta a prueba y adaptada a las necesidades encontradas para lograr un resultado prometedor para la aplicación deseada del material.

Técnica de curvado mediante cortes:

El uso de caña verde presenta mayor cantidad de mejores resultados, tal como nos comenta el Arq. Patricio Hidalgo en la entrevista que se le realizó, para este proceso de curvado, debido a que las fibras son más flexibles y permiten un mejor acabado, sin generar rupturas en este proceso.

Los cortes deben generarse con una distancia mínima de 1,5cm, con un espesor de corte de 3mm (espesor de la cerrra).

Dependiendo la curvatura que se desee generar se deben realizar más o menos cortes, siendo la sección ranurada la que va a generar la curva.

La cantidad de cortes definen la forma deseada, el diámetro de la caña hace que esto varíe, a mayor diámetro mayor cantidad de cortes para generar la curva y viceversa.



Ilustración 3—014 Pruebas

La fuerza se debe generar paulatinamente para que las secciones vayan contactándose y así evitar que se reviente la fibra en la latilla o anillos resultantes del cilindro seccionado.

El ancho de la latilla para ser funcional debe ser de entre 3 y 4cm dependiendo del diámetro de la caña (Pruebas realizadas en cañas de entre 5 y 6cm de diámetro) ya que esta es la cantidad necesaria de material para soportar las fuerzas aplicadas permitiendo generar una flexión en la fibra y que esta mantenga la forma redondeada de la superficie.

Se pueden variar los ángulos de corte ya que la distancia que el material recorre es la misma, teniendo en cuenta que los cortes en ángulo permiten curvar con menor esfuerzo y estéticamente se ven mejor, ya que generan una virtualidad más pequeña al momento de contactarse, los mejores resultados sobre la inclinación del corte son de 10°, este ángulo nos ha permitido generar mayor cantidad de pruebas positivas.

Es necesario el uso de una guía para la caña al momento de usar la ingletadora, se puede utilizar un pedazo de tablero con 2 bridas sujetadas para poder resbalar este por la mesa de la sierra sin que la caña gire, desplazando el eje del corte y dañando la pieza, así se consigue que los cortes sean todos iguales, la latilla sea uniforme y poder obtener una superficie que permita un mejor acabado en el producto final.

Si el eje de corte se desplaza al momento de generar la fuerza para curvar la latilla se fisura debido a que las fuerzas se desvían en varios sentidos.

De igual manera es importante generar tops con la profundidad de los cortes, ya que si varía el ancho de la latilla ese punto es punto de fisura. Es muy importante tener en cuenta que al estar trabajando con un material que no está estandarizado, se debe ser precavido con respecto a las deformidades en el cilindro a lo largo de la caña.



Ilustración 3—015 Cortes a 45



Ilustración 3—016 Detalle del corte a 45



Ilustración 3—017 Cortes a 15 con cortes de 3 y 5mm

Una vez que se genera la curva se debe colocar amarres con alambre para que este mantenga la forma deseada.

Para brindarle una característica nueva al material, el poder mantenerse pegado, se decidió aplicar espuma de poliuretano, siendo este un agente externo que ayuda en la estructura final del material y a mantener la forma curva en lo absoluto.

Para este proceso se debe tapar todos los orificios de la caña para evitar que la espuma escape, paso siguiente es realizar un orificio en cada culmo que se aplicó la técnica y se debe rellenar, se colocó un tarugo en modo de tapón y se deja secar.

El proceso de secado de la espuma dura alrededor de 24 horas, pudiendo a partir de ese momento trasladar las piezas a un horno de túnel para acelerar el proceso de secado del material.

Según las pruebas realizadas en el horno de túnel de la empresa pública EDEC EP se pudo determinar que la caña pasa de tener un 50% de humedad a un 22% en 9 días, con una programación de 60% de humedad durante los primeros 3 días con una temperatura de 55° C, pasando a una segunda fase en la que la humedad fue de 35% y una temperatura de 45° C durante 3 días más, la tercera fase constó de 3 días a 25% de humedad con una temperatura de 38° C, esta sería la última etapa del proceso experimentado. Estos datos no son totalmente precisos debido a que este no fue el tema de experimentación de la tesis y no se profundizó en esto.



Ilustración 3—018 Programación Horno de túnel.

3.4) Pruebas de laboratorio sobre la técnica de curvado mediante cortes.

Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay, mediante pruebas de compresión paralela a la fibra en una prensa electrónica, las probetas utilizadas tienen 38 cm de largo con 20 cm seccionados en medio, estas fueron sometidas a la prueba sin ser curvadas, haciendo que la prensa genere la curva, teniendo resultados incorrectos ya que las lecturas que la prensa daba eran de la fuerza necesaria para generar la curvatura en sentido paralelo a la fibra, mas no de la resistencia que la curva llega a tener por lo tanto, se generaron 10 probetas con las mismas características de las anteriores, pero generadas la curva y rellenas con espuma de poliuretano, teniendo resultados mucho más reales sobre la fuerza que el material resiste, no se tomó en cuenta la distribución de los nudos, ni la sección de la caña de la que proviene el pedazo.



Ilustración 019 Lata de poliuretano.

Según (Méndez Cruz J. I., 2005) la resistencia de la caña varía dependiendo de la edad, esta variación es de 2,5 veces la resistencia entre una caña de 1 año con una de 6 años, por lo que se decidió realizar pruebas de compresión paralela a la fibra con el material que se utilizará para la generación de los productos, pero en segmentos rectos, para así poder tener datos más reales sobre las variaciones de las resistencias.

Los diámetros y espesores del material no afectan a la toma de datos ya que el cálculo que se realiza es peso sobre área al cuadrado, determinando la carga que se puede aplicar en relación al diámetro del material.

Todos estos datos nos servirán para comparar los valores de la resistencia del material entre segmentos curvos y rectos.

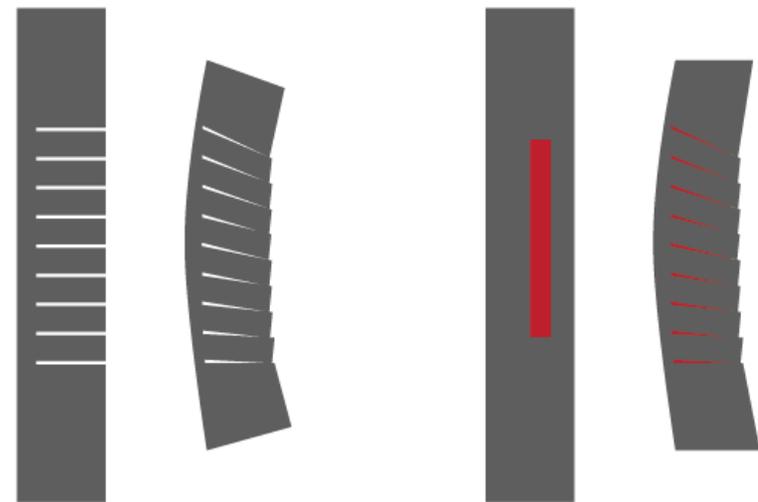


Ilustración 3—020 Diferentes tipos de probetas.

A continuación, se presentará el cuadro resultante de las pruebas para poder comparar los datos del laboratorio con los obtenidos en la investigación bibliográfica y así conocer como se ve afectado el material.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY. LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL.							
TÉCNICAS Y PROCESOS PARA EL CURVADO DE CAÑA GUADUA, APLICADO A MOBILIARIO Y ACCESORIOS DE HOGAR.							
ESTUDIANTE: JOAQUIN JARAMILLO KOUPEMANN.			FECHA : CUENCA 28 DE JUNIO DEL 2018				
INFORME DE ROTURA DE CAÑAS CURVADAS A LA COMPRESIÓN							
PROBETA	FECHA DE HECHURA	FECHA DE ENSAYO	DÍAS DE COSECHA	ESFUERZO POR COMPRESIÓN		CARGA UNITARIA Kg./cm ²	
				CARGA TOTAL Kg	CARGA UNITARIA Kg./cm ²		
P1	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	950	39,62		
P2	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	899	37,88		
P3	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	599	27,84		
P4	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	612	26,72		
P5	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	770	32,42		
P6	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	794	34,67		
P7	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	753	33,32		
P8	23 de Junio de 2018	25 de Junio de 2018	2	878	29,61		
P9	24 de Junio de 2018	26 de Junio de 2018	2	838	29,88		
P10	25 de Junio de 2018	27 de Junio de 2018	2	878	33,88		
					PROMEDIO	39,61	

ENSAYADO:
Sr Ramiro Bautista A.
LABORATORISTA LDA.

Tabla 23 Tabla de resultados de laboratorio.

En este cuadro se puede determinar que el valor de carga paralela a la fibra una vez curvada tiene un promedio de 30,61 Kg/cm², siendo este valor un indicador sobre las posibles aplicaciones para el material en caso de que vaya a ser utilizado de forma estructural poder determinar su resistencia a cargas máximas.

En caso de combinar segmentos rectos con curvas se debe pretender que las fuerzas no trabajen directamente sobre los segmentos curvados ya que el material no tiene buena resistencia en sentido perpendicular a la fibra y la curva es un punto de fractura en caso de que esta sea parte estructural.

El cuadro que se mostrará a continuación compara los datos de la resistencia del material en segmentos rectos y los datos obtenidos mediante las segundas probetas curvas sometidas a prueba, se tomará el valor de la caña utilizada en nuestras pruebas en segmentos rectos como referente, siendo ese valor el 100%, para de esta manera poder transformar los valores en porcentajes y así saber que tanto se ve afectada la resistencia del material.

Tabla comparativa segmentos rectos Vs Curvos.			
	Segmentos Rectos	Curvado + ESP	Diferencia
Kg/cm ²	116	30,61	85,39
%	100	26,39	73,61

Tabla 24 Tabla comparativa entre segmento recto Vs curvo.

Como conclusión podemos observar que la carga que soporta el material una vez aplicada la técnica de curvado es de 30,61Kg/cm² siendo esta 73,61% menor que el valor de los segmentos rectos, pudiendo gracias a esto saber que el material una vez curvado mediante la técnica de cortes si se ve afectado en tanto a la resistencia a la compresión paralela a la fibra, pero que de igual manera soporta cargas necesarias para generar mobiliario y accesorios de hogar.

Las curvas aplicadas al diseño en sí siempre deben contar con nervios tensores que ayuden a estructurar la forma mediante triangulación, técnica utilizada en la creación de mobiliario para evitar que estos se deformen o desarmen, es decir, evitando que la forma curva se pierda.

3.5.) Aplicación de técnica de curvado de Caña G.A.K. en mobiliario y accesorios de hogar.

Como parte primordial de esta tesis está la aplicación de la técnica que brinde mejores resultados en mobiliario y accesorios de hogar, para poder dar nuevas lecturas al material, permitiéndonos crear formas y figuras poco habituales para la utilización de Guadua.

3.5.1.) Mobiliario.

Para el mobiliario se planteó generar un Galán de noche, este es un mueble utilizado para colocar la parada de ropa que se va a utilizar al día siguiente, normalmente generado en madera sólida, su forma normalmente se compone de líneas rectas tal como se puede observar en la imagen siguiente.



Ilustración3—021 Galán de Noche.

A continuación, se presentará el proceso creativo y constructivo de un Galán de Noche aplicando la técnica de curvado de Guadua A. K.

Partiendo de la utilidad y espacio en el que este mueble va a verse desenvuelto, es necesario tener en cuenta que mientras menos volumen tenga el mismo es mejor, esto se verá restringido a las funciones ya que debe contar con medidas mínimas para poder ser funcional con las prendas de vestir.

Las medidas referenciales de un galán de noche, se presentarán a continuación, las mismas fueron tomadas de una página web de DIY (http://bricolaje.facilissimo.com/como-hacer-un-galan-de-noche-i_977945.html), y de igual manera se tomaron medidas de un galán de noche que ha sido utilizado durante 2 años y ha permitido saber que las medidas funcionan correctamente.

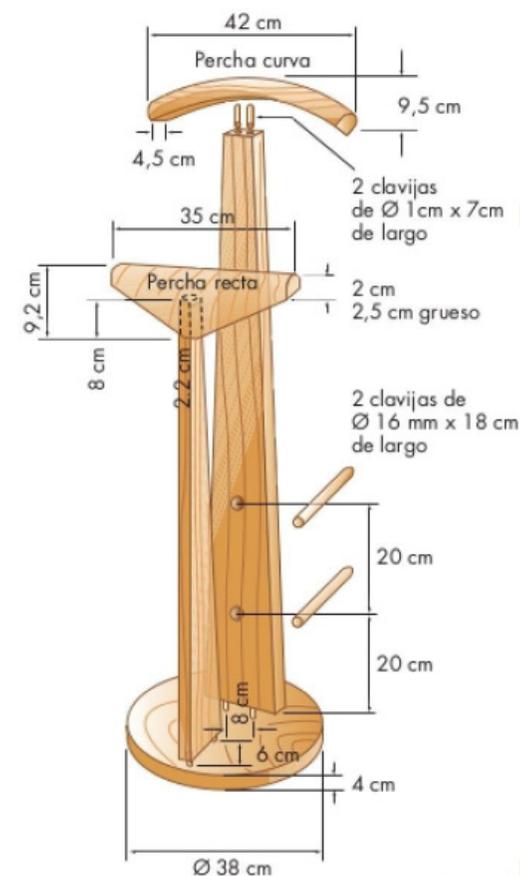


Ilustración 3—022 Medidas referenciales de un galán de noche.

3.5.1.1.) Proceso Creativo.

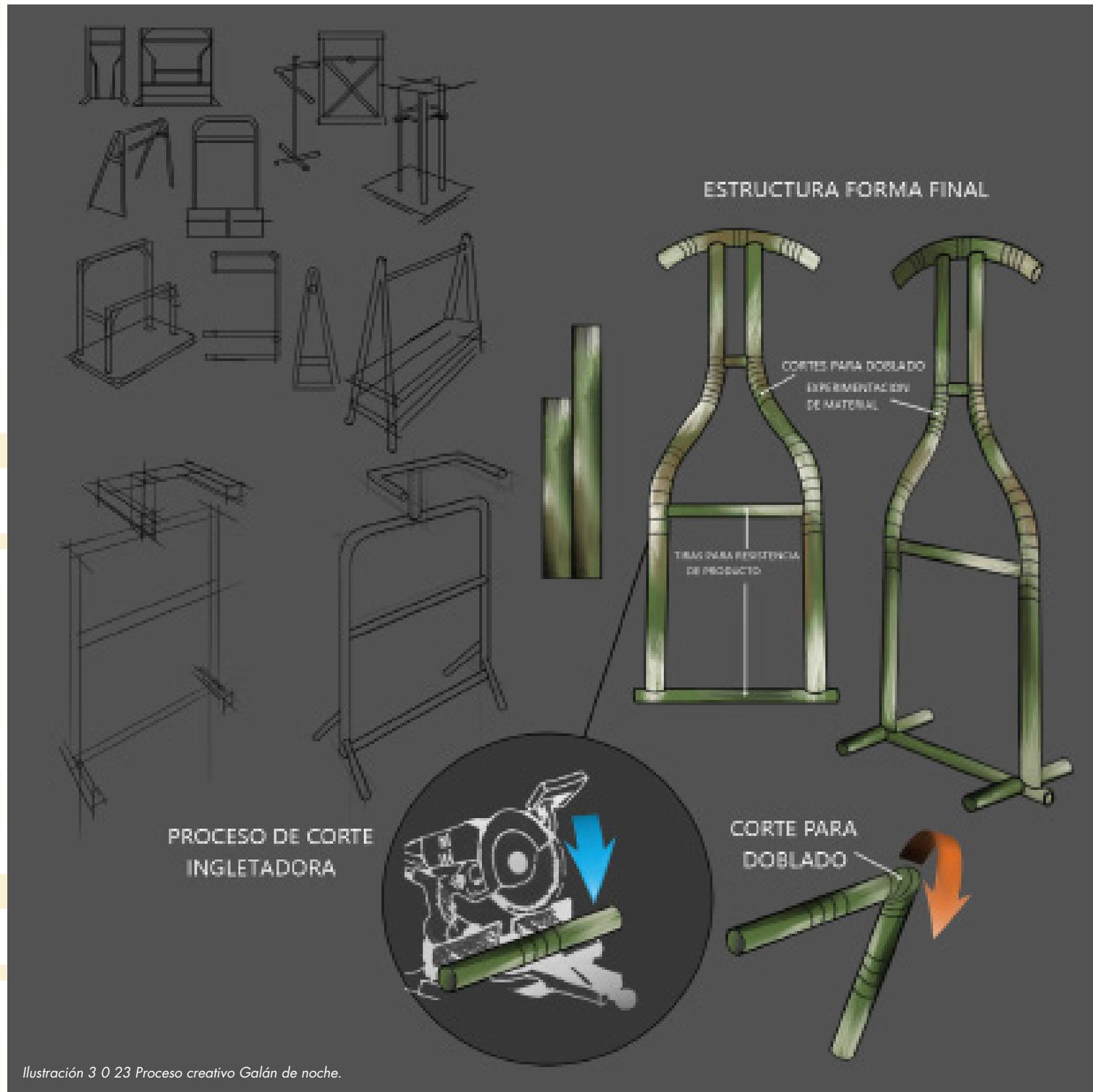


Ilustración 3 0 23 Proceso creativo Galán de noche.

3.5.1.2.) Proceso Constructivo.

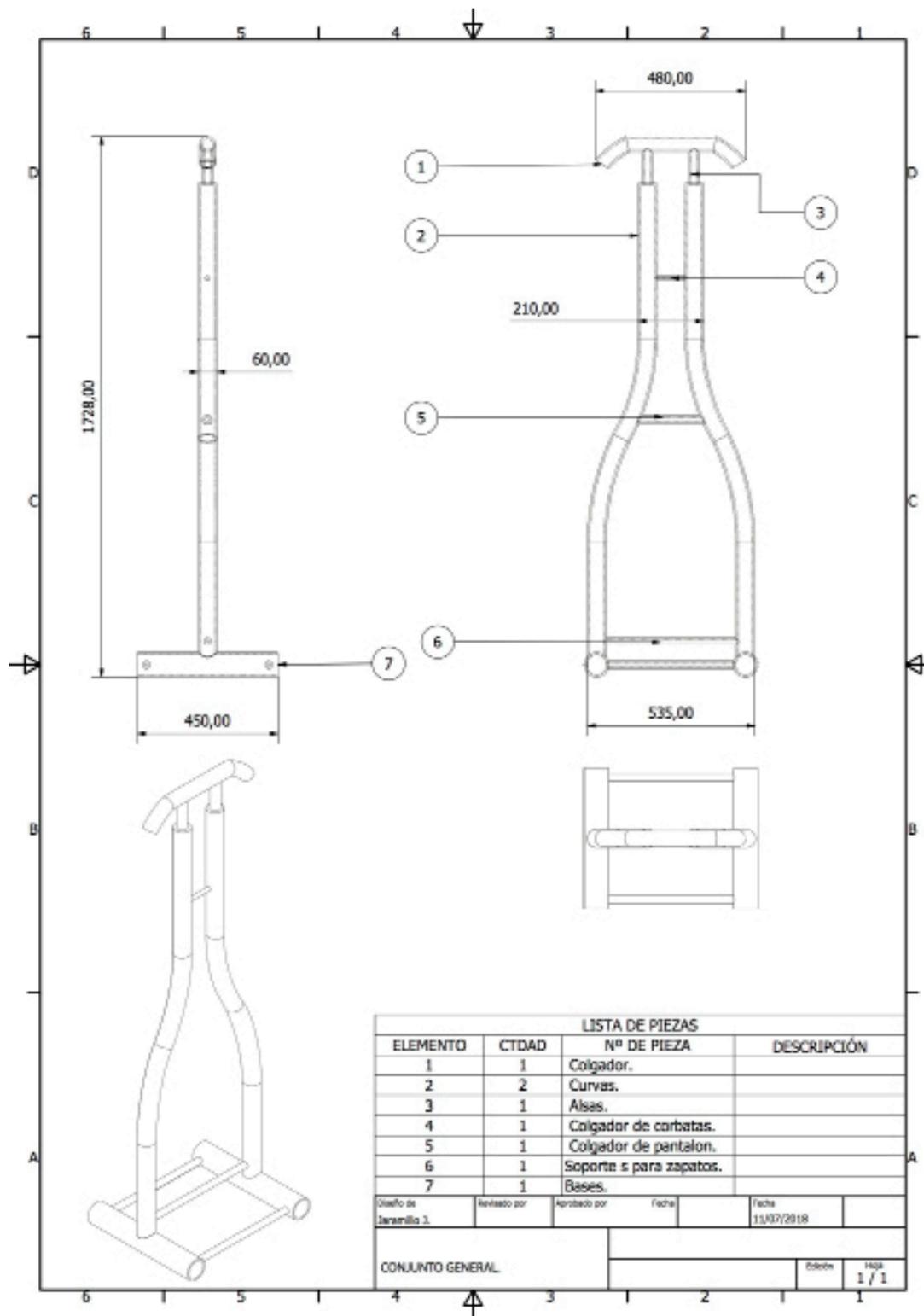


Ilustración 3 0 24 Conjunto general Galán de noche.



Ilustración 3 0 25 Render 1 Galán de noche.



Ilustración 3 0 26 Render 2 Calan de noche.

3.5.2.) Accesorio de hogar

Como accesorio de hogar podemos definir a todo producto que sirve como auxiliar dentro del desenvolvimiento del usuario dentro de un entorno tal como una sala, habitación o hall, tomando como producto referencial una lámpara de pie, se decidió trabajar bajo este concepto.



Ilustración 3—0 27 Lámpara de pie (Nórdica Uzagi).

Se genero una lámpara de pie, combinando dos curvas de caña con cemento, para que este brinde rigidez y peso al producto, se utilizaron destajes y cortes para unir y estilizar las cañas, siendo estas las piezas en donde se colocara la luz.

La tecnología de focos que se utiliza es LED, estas son cintas que cuentan con focos adheridos uno al lado del otro y son compatibles con corriente 110V sin necesidad de un transformador.

Este producto es estéticamente diferente a lo que estamos acostumbrados a ver, ya que la materialidad de el mismo no es no que se utiliza normalmente con estas formas curvas, funcionalmente no existen problemas ya que cumple perfectamente el trabajo para el que fue creado.

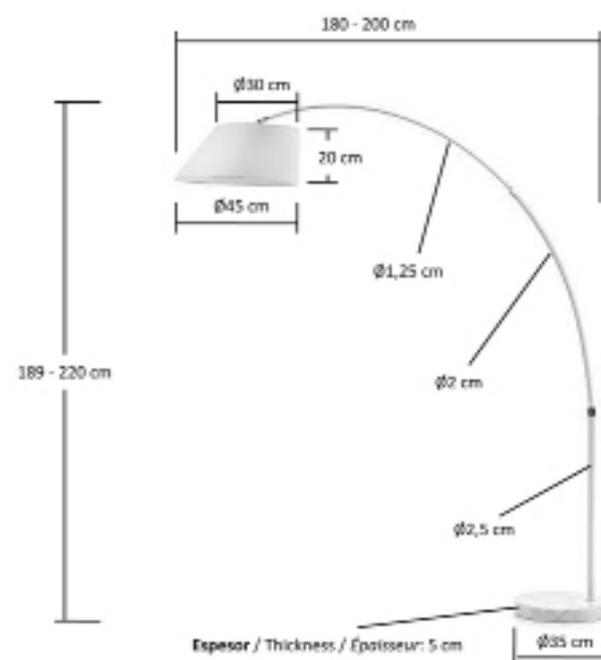


Ilustración 3—0 28 Medidas referenciales de una lámpara de pie.

3.5.2.1.) Proceso Creativo.

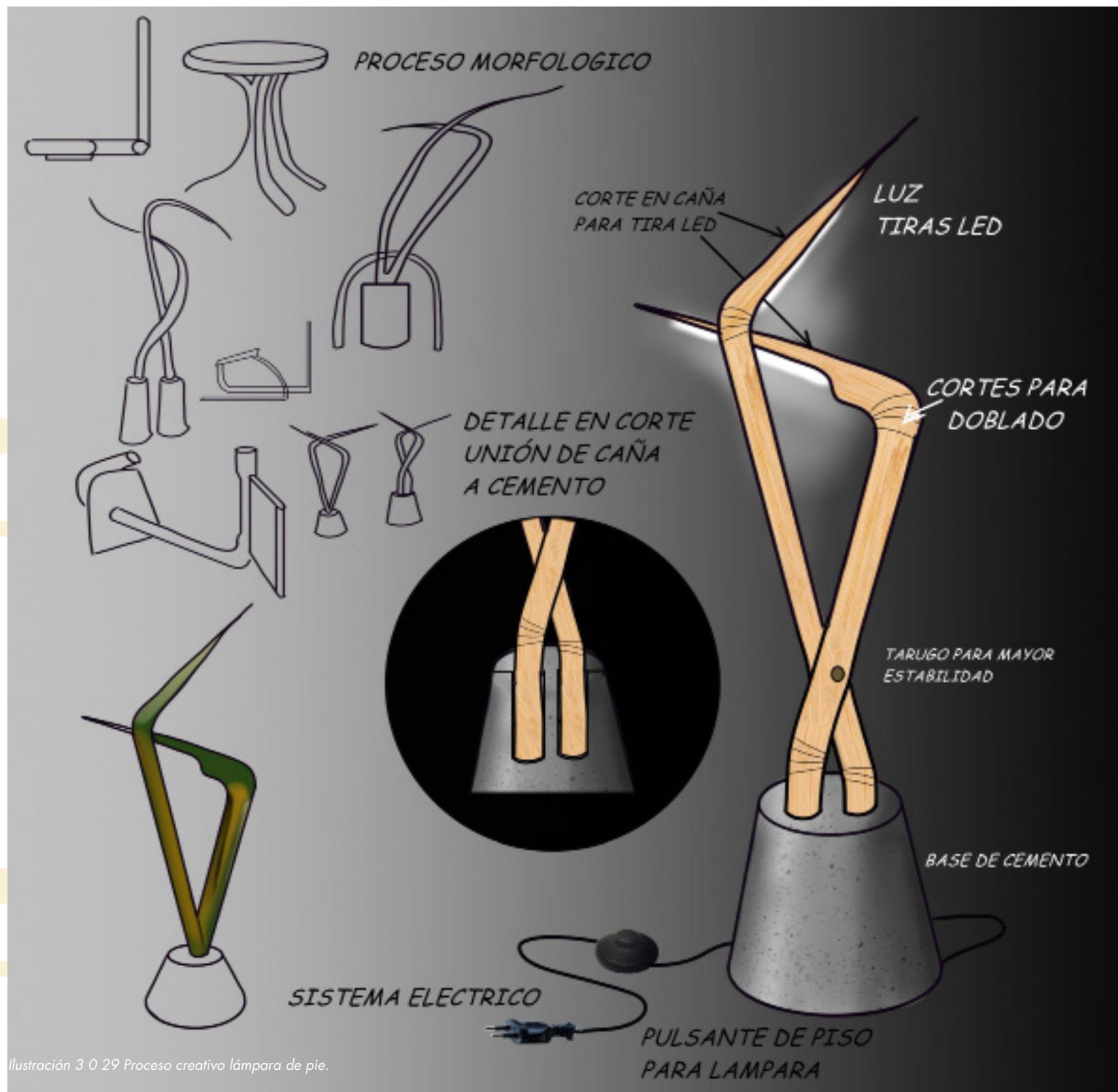


Ilustración 3 0 29 Proceso creativo lámpara de pie.

3.5.2.2.) Proceso Constructivo.

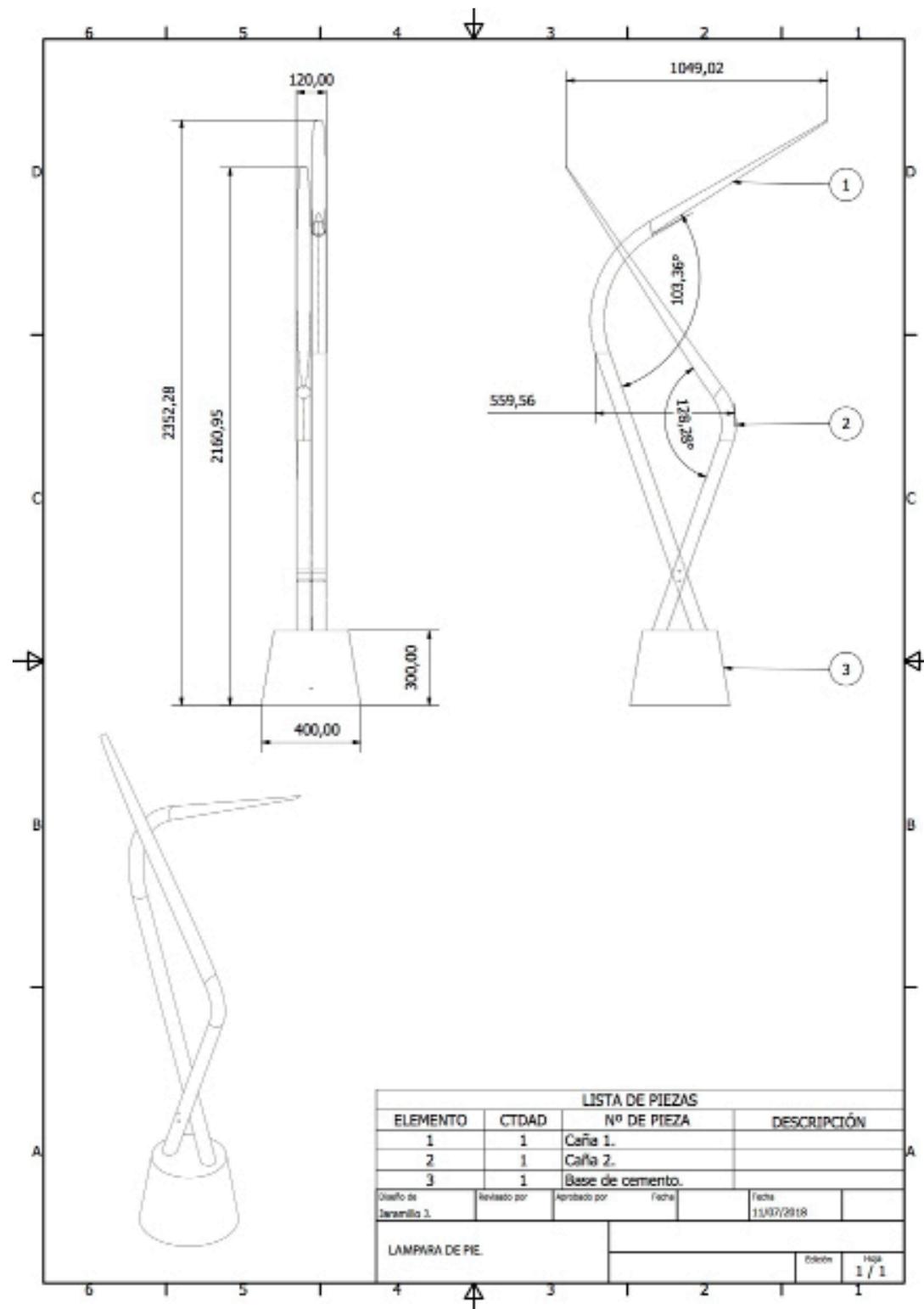


Ilustración 3 0 30 Conjunto general Lámpara de pie.



Ilustración 0 31 Render 1 lámpara de pie.



Ilustración 0 32 Render 2 Lámpara de pie.

3.6) Conclusiones

Para concluir con esta tesis es importante tener los objetivos en mente, esto nos ayudara a saber cómo fueron resueltos cada uno de ellos y que resultados se obtuvieron, a continuación, se enumeraran dichos objetivos (General y específicos):

Objetivo General

Plantear técnicas favorables para el curvado de Caña Guadua dentro de la generación de mobiliario y accesorios de hogar a través de métodos experimentales.

Objetivos Específicos

- Analizar los datos obtenidos a partir de la investigación bibliográfica respecto a las características físico-mecánicas de la Caña Guadua para poder terminar si su resistencia en segmentos rectos se ve afectada una vez
- Explorar diversas técnicas de curvado de caña, para determinar cuál de las técnicas favorece más a la creación de mobiliario y accesorios de hogar.
- Generar prototipos que ejemplifiquen la técnica que más favorece al diseño de mobiliario y accesorios de hogar con Caña Guadua curvada.

Teniendo en cuéntalo presentado podemos concluir en cada uno de estos puntos, respecto al análisis de datos obtenidos en la bibliografía podemos decir que el material maduro (6 año o más) tiene una gran resistencia a la compresión paralela a la fibra, soportando una carga de 571,04 Kg/cm², este valor en relación al obtenido en pruebas realizadas en el Laboratorio de la Universidad del Azuay sobre probetas rectas en caña tierna (2 a 6 años), 116 kg/cm², es alrededor de 4,9 veces superior, brindándonos esto un dato importante, es mejor el uso de cañas tiernas y verdes dentro del proceso de curvado ya que son más flexibles, pero son menos resistentes.

La determinación de la técnica favorable para la generación de mobiliario y accesorios de hogar, se realizaron pruebas con 3 técnicas de las cuales obtuvimos un único resultado positivo, pero dejándonos con la duda respecto al funcionamiento de la técnica y los acabados que esta podía llegar, por esa razón se decidió variar la técnica a la generación de cortes sucesivos o un ranurado en el material, para que la sección trabajada genere la curva, los resultados fueron mejorando y se llegó a generar curvas simples y dobles, permitiéndonos conocer que existe la posibilidad de hacer curvas en varios sentidos en una sola caña.

En la generación de prototipos para ejemplificar la técnica se decidió realizar un galán de noche y un armador de ropa, ambos productos relacionados a un ambiente para tratar de mantener una concordancia en los diseños, de presentar de igual manera un manual para el uso correcto de la técnica desarrollada en esta tesis, esto ayudara a proyectos de gente que esté interesada en trabajar en el material, así mismo en este manual se presentan fotos de los productos finales para mostrar acabados y ensambles utilizados.

Por favor les invito a ingresar a la aventura de trabajar con este material.

Anexos



Bibliografía

Schröder, S. (November 9, 2014). What is Guadua angustifolia.

García Pazmiño, C. G. (Enero de 2013). Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6595>

Maurina, A. (2015). Curved Bamboo Structural Element.

Schröder, S. (24 de Septiembre de 2013). Guadua Bamboo. Obtenido de <https://www.guaduabamboo.com/working-with-bamboo/bending-bamboo>

Zierenberg, B. Arbeitsmaterial für den Lernenden "Biegen". Berlin: IBE.

Andalucía, F. d. (2011). TIPOS DE ESFUERZOS FÍSICOS.

Raj, A. D., & Agarwal, A. B. (2014). Bamboo as a Building Material. Uttrakhand.

Iglesias, C. M. (2013). FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA DIDÁCTICA EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. Cienfuegos, Cuba.

Guevara, D. (20 de 04 de 2018). Entrevista D.G.

Schröder, S. (24 de Septiembre de 2013). Guadua Bamboo. Obtenido de Guadua Bamboo: <https://www.guaduabamboo.com/working-with-bamboo/bending-bamboo?rq=bending>

Bamboo as a construyion material. (2014). SlideShare. Obtenido de LinkedIn Corporation: <https://www.slideshare.net/agnusberna/bamboo-as-a-construyion-material>

GONZÁLEZ, H., MONTOYA, J., & BEDOYA, J. (2007). RESULTADOS DEL ENSAYO A FLEXIÓN EN MUESTRAS DE BAMBÚ DE LA ESPECIE Guadua angustifolia Kunth. Pereira.

Misión técnica de Taiwan, Prefectura Santa Elena. (2013). Bambú. Phyllostachys. Manual de artesanías y muebles. Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.

Méndez Cruz J. I., P. R. (2005). Curado y preservación de la caña guadúa seleccionando agentes y preservantes químicos. Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

C. P. Takeuchi Tam, C. E. (2007). Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la Guadua Ancustifolia y determinación del modulo de elasticidad. Bogotá.

Illinois Tool Worcks Inc. (06 de 06 de 2018). INSTRON. Obtenido de <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>

Hidalgo, A. P. (13 de 02 de 2018). Entrevista Arq. P.H. (Joaqu, & i. J. Koupermann, Entrevistadores)

Romero, J. J. (16 de 02 de 2018). Entrevista Dis. J.J.R. (J. J. Koupermann, Entrevistador)

Bibliografía de Ilustraciones

Ilustración 0-1

<https://static1.squarespace.com/static/53407b1de4b05fdb12d8f4a7/54b8d234e4b06f2c55e8c89c/545f8f88e4b00e059c1a-be90/1491124397669/?format=1500w>, <https://>

Ilustración 0-2

<http://bambusa.es/wp-content/uploads/2014/01/Partes-GUADUAS.jpg>

Ilustración 0-3

<https://i.pinimg.com/originals/46/d6/b4/46d6b44e3afc5c2580357b16fc35b041.jpg>

Ilustración 0-5

<http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2016/03/stefan-diez-soba-bamboo-03.jpg>

Ilustración 0-6

http://www.velomobileseminar.com/downloads/Vittouris_Design-diversity.pdf

Ilustración 0-8

(Illinois Tool Worcks Inc, 2018)

Ilustración 0-9

<http://www.woodworkersjournal.com/tag/plywood/>

Ilustración 0-10

<http://cdn-scraplogo.pearltrees.com/5f/3e/5f3e14f16c1fd6e920722ec3521d7922-pearlsquare.jpg?v=2>

Ilustración 0-11

<https://www.behance.net/gallery/59869133/Ching-Chair>

Ilustración 0-12

<http://www.dxlftx.com/wp-content/uploads/2018/05/bamboo-pole-furniture-how-to-bend-bamboo-furniture-leg-styles-antique.jpg>

Ilustración 0-13

Designing for Velomobile Diversity: Alternative oportunities for sustainable personal mobility.

Ilustración 0-14

<https://www.diezoffice.com/stories/soba-for-japan-creative/>

Ilustración 3-21

<http://kanto.co/valet-de-chambre-bois/valet-en-bois-la-maison-vetement-et-daco-inspirations-avec-valet-de-chambre-bois-ima-ges/>

Ilustración 3-22

http://bricolaje.facilísimo.com/como-hacer-un-galan-de-noche-i_977945.html

Ilustración 3-23

<http://www.espooo.com/wp-content/uploads/2018/03/como-hacer-una-lampara-de-pie-casera-lampara-nordica-uzagi-10801080-lampara-nordica-pinterest.jpg>

Ilustración 3-24

<https://due-home.com/lamparas-de-pie/lampara-de-pie-may.html>

Abstract

Techniques and processes for the bending of “Caña Guadua” to manufacture household furniture and accessories

The common use of “Caña G.A.K.,” a material used in the manufacturing of a great number of products elaborated with straight segments, have raised concern about whether or not it is possible to create curved shapes with material of cylindrical segments through techniques with latilla. By taking into consideration the physical-mechanical properties and different techniques, tests were carried out to determine which procedure is the most suitable to manufacture household furniture and accessories. The results are shown in tables with data and prototypes of the product for each of the categories (household furniture and accessories).

Key words: experimentation, feasible design, alternative technologies, artisan process, environment, natural fibers.

Joaquín Jaramillo

Carlos Pesántez, DSnr.

Code 71327

Translated by



