

PARAMETRIZACIÓN DEL CURVADO DE VARA DE MIMBRE BLANCO MADURO

Memoria para optar al título profesional de Diseñador Industrial

Nicolás Plubins Damann
Autor

Mauricio Tapia
Profesor Guía

Octubre, 2015

A mi familia, amigos y compañeros, por su apoyo y cariño.

Resumen

El proyecto que se presenta a continuación, tiene que ver con la aplicación del diseño y tecnologías CAD-CAM al servicio de la artesanía en mimbre, en lo que respecta al curvado de la vara. Para ello, se aplica un proceso experimental, abordando el proceso de curvado desde una perspectiva paramétrica, en donde cobran especial importancia, las relaciones dimensionales entre los elementos en cuestión (matrices y varas), y la identificación y control de variables que mejoren dicho proceso. Se trabaja a partir de la técnica que utilizan los artesanos de la localidad de Chimbarongo, descartando la inclusión de tecnologías que alteren aquellos saberes tradicionales, y enfocándose en el control de los parámetros que interactúan en dicha tradición.

Indice

Resumen	7	2 EXPERIMENTACIÓN	43
Indice	9		
Introducción	11	2.1 Antecedentes	45
		2.1.1 Análisis	46
1.ANTECEDENTES	13	2.2 Objetivos	48
1.1 Mimbre	15	2.2.1 Objetivo general	48
1.1.1 Tipos	15	2.2.2 Objetivos específicos	48
1.1.2 Definiciones	15		
1.1.3 Clasificación	16	2.3 Diseño experimental	49
1.1.4 Requisitos	17	2.3.1 Remojo	49
1.1.4.1 Requisitos dimensionales	17	2.3.2 Preparación de varas	49
1.1.5 Salix Viminalis: características	17	2.3.3 Muestreo	50
		2.3.4 Secado	52
1.2 Artesanía	20	2.4 Prototipos	53
1.2.1 Herramientas	20	2.4.1 Prototipo n°1	53
1.2.1.1 Preparación de Material	20	2.4.2 Prototipo n°2	54
1.2.1.2 Producción de objetos	22	2.4.3 Prototipo n°3	54
1.2.2 Técnicas y Procesos	23	2.4.4 Prototipo n°4	55
1.2.2.1 Curvado	23	2.4.5 Prototipo n°5	56
1.2.2.2 Uniones	25	2.4.6 Prototipo n°6	57
1.2.2.3 Terminaciones	25	2.4.7 Prototipo n°7	58
1.2.3 Caso de estudio:		2.4.8 Prototipo n°8	59
Sillón tronco moño de 2 cuerpos	26	2.4.9 Prototipo n°9	60
1.3 Técnicas Afines	30	2.5 Análisis de resultados	63
1.3.1 Doblado de Tubos	30		
1.3.1.1 Consideraciones	30	3 CONCLUSIONES	67
1.3.2 Curvado de madera y ratán	32	3.1 De la experimentación	68
1.3.2.1 Preparación del material	32	3.2 Aplicaciones al diseño	68
1.3.2.2 Procedimiento	33		
1.3.2.3 "Springback"	35	Referencias	71
1.4 Diseño paramétrico	36	Indice de imágenes	72
1.4.1 Diseño generativo	37		
1.4.2 Grasshopper	38	4 ANEXOS	75
1.4.3 Digital crafting	39		
1.4.4 Paracrafting	40		

Introducción

Este proyecto, nace de un interés en expandir las posibilidades, tanto formales como de manufactura, de una técnica artesanal, a través del diseño. El proceso comenzó en el año 2014, cuando Mauricio Tapia, académico de la Universidad de Chile, formula un proyecto que busca "levantar datos para la sistematización paramétrica del curvado de mimbre maduro blanco". Como dichos objetivos están estrechamente relacionados con los intereses mencionados anteriormente, se decide colaborar en el levantamiento de información.

El curvado de la vara de mimbre, es un proceso que es parte del repertorio de técnicas utilizadas por los artesanos de Chimbarongo, y que actualmente, aún presenta un gran potencial de desarrollo y aplicaciones. La parametrización de esta técnica, consiste en encontrar las relaciones cuantitativas entre las variables y elementos que interactúan en dicho proceso. Aquellos datos, abren la posibilidad de un nuevo lenguaje formal de esta materia prima, además de una revalorización de la artesanía en mimbre, tanto del componente humano involucrado como de los productos que genera.

Los artesanos de Chimbarongo han aplicado el curvado de la vara de mimbre durante muchos años, por esta razón, el diseño experimental implementado en el levantamiento de datos, se basa en dicha práctica tradicional, buscando complementarla, en vez de redefinirla y despojarla de su carácter de artesanía.

Para cumplir el objetivo mencionado anteriormente, previa experimentación, se realiza un levantamiento de información sobre la práctica artesanal del mimbrero, el curvado de materiales como madera y ratán, y el diseño paramétrico.

1. ANTECEDENTES

1.1 Mimbre

El mimbre, dependiendo del punto de vista, puede ser considerado como uno de los arbustos del género *Salix* o bien la fibra vegetal que se obtiene de éstos. “Los ejemplares arbóreos de *Salix* son conocidos popularmente como *sauces*.” (Abalos, 1998)

1.1.1 Tipos

Abalos (1998) establece que en Chile, las principales especies de *Salix* que se presentan son:

- *Salix Humboldtiana*
- *Salix babylonica*
- *Salix alba*
- *Salix viminalis*

Esta investigación se concentrará en la especie *Salix Viminalis*, dado que a partir de su fibra son confeccionados la mayoría de los productos que se producen en Chimbarongo. Es la especie que se cultiva y trabaja por excelencia en dicha zona.



Imagen 1. *Sauce babylonica* o *llorón*.
fuente: <http://zoevaldes.files.wordpress.com/2008/10/champs-elysees-cardenas-0131.jpg>



Imagen 2. *Salix viminalis*. Elaboración propia.

1.1.2 Definiciones

En el año 1998, La División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, junto al Instituto Tecnológico de Chile y el Instituto Forestal de Chile (INFOR) generaron una norma oficial (Nch2039 of 1998) para el sector del mimbre. Dicha norma establece la clasificación y las características físicas que deben cumplir las varillas y huiras de mimbre, como materia para la industria de mueblería y cestería. Aplica tanto al comercio interno, como a la exportación de huiras y varillas de mimbre.

Para los propósitos mencionados anteriormente se aplican las siguientes definiciones:

Mimbre: ramas verdes de la especie salicácea *Salix viminalis*.

Varilla: rama seca de mimbre, cortada a la mayor longitud posible pero no menor de 80 cm, desprovista de hojas y ramas secundarias, con corteza o descortezada.

Huira: Sección longitudinal de una varilla de mimbre, blanca o cocida, obtenida mediante partido, descarnado y descostillado con un ancho comprendido entre 2 mm y 10 mm y un espesor de hasta 3 mm.



Imagen 3. *Huira*. Elaboración propia.

En este capítulo se abordan los principales antecedentes que dan vida a este proyecto. El mimbre como materia prima, haciendo énfasis en los procesos a los que se ve expuesto este material en la manufactura de objetos. Se enuncian y definen los conceptos principales que maneja la artesanía en mimbre y se revisan las técnicas y herramientas utilizadas en dicha práctica.

También, se recopilan algunas técnicas de curvado de distintos materiales, como lo son el proceso de doblado de tubos, el curvado de madera y ratán. Y finalmente, se enuncian los conceptos ligados al diseño paramétrico.

Mimbre / clasificación

Mimbre blanco o Mimbre crudo: aquel que ha sido sometido a un proceso de descortezado y secado conservando el color característico de la especie.

Mimbre Cocido: aquel que ha sido sometido a un proceso de cocción, descortezado y secado, obteniendo un color marrón uniforme; dependiendo de la intensidad del proceso, el color obtenido puede ser café claro, café mediano o café oscuro.



Imagen 4. Varilla mimbre cocido
fuente: <http://www.artesaniapradena.cl/imagenes/TEXTURAS/05.jpg>

Mimbre teñido: mimbre blanco que ha sido tratado con tinturas para obtener un color determinado uniforme.

Huira: sección longitudinal de una varilla de mimbre, blanca o cocida, obtenida mediante partido, descarnado y descostillado, con cutícula, con un ancho comprendido ente 2 mm y 10 mm y un espesor de hasta 3 mm.

Descarnado o desmedulado: operación mediante la cual se elimina la médula de una huira, dejándola prácticamente plana en su lado interior.

Descostillado: operación de corte mediante la cual se dimensiona la huira de un ancho uniforme.

Atado: Conjunto de varillas de mimbre, secas al aire, de un diámetro y una longitud determinada.

Metro de mimbre: atado de varillas de mimbre cuyo perímetro medido en la base es de un metro.

Calidad de mimbre: conjunto de atributos, tales como rectitud, ramificaciones o ganchos, presencia de nudos, perforaciones, protuberancias u otros similares, presencia de manchas, presencia de daños por insectos, hongos u otros agentes, uniformidad de la longitud y el grosor que determinan su clasificación en un determinado grado



Imagen 5. Atados de mimbre. Martel y Pacheco, 2014

1.1.3

Clasificación

La Nch2039 of 1998 establece distintas clasificaciones aplicadas a las varillas de mimbre: *tipo, variedad, clase y grado*.

Según su superficie, se clasifican en los siguientes **tipos**:

- Varillas de mimbre con corteza
- Varillas de mimbre descortezado

Según su diámetro, se clasifican en las siguientes **variedades**:

- Varillas de mimbre fino
- Varillas de mimbre mediano
- Varillas de mimbre grueso

Según su tratamiento de postcosecha, se clasifican en las siguientes **clases**:

- Varillas de mimbre blanco
- Varillas de mimbre cocido café claro
- Varillas de mimbre cocido café mediano
- Varillas de mimbre cocido café oscuro
- Varillas de mimbre teñido

Respecto a su calidad, independientemente de su tipo, variedad y clase, las varillas de mimbre se clasifican en los siguientes **grados**:

- Varillas de mimbre grado 1
- Varillas de mimbre grado 2
- Varillas de mimbre grado 3

1.1.4

Requisitos

Para efectos de esta investigación, es importante estar al tanto de los requisitos establecidos por la norma chilena, para definir las variedades (diámetro) de las varas de mimbre.

1.1.4.1

Requisitos dimensionales

El 90% (como mínimo) de las varillas de mimbre de la muestra de cada lote, deben cumplir lo establecido en las tablas 1, 2 o 3 según corresponda.

Tabla1. Mimbre fino

Longitud (cm)	Tolerancia (cm)	Diámetro* (mm)	
		mínimo	máximo
80	-3	2	4
100	-3	2	4
120	-3	2	4
140	-3	2	4

* : medido en el extremo más ancho

Tabla2. Mimbre mediano

Longitud (cm)	Tolerancia (cm)	Diámetro* (mm)	
		mínimo	máximo
180	-4	5	11
200	-4	5	11
220	-4	5	11
240	-4	5	11
260	-4	5	11
280	-4	5	11
300	-4	5	11
320	-4	5	11

* : medido en el extremo más ancho

Tabla3. Mimbre grueso

Longitud (cm)	Tolerancia (cm)	Diámetro* (mm)
300	-5	>12
320	-5	>12
340	-5	>12
360	-5	>12
380	-5	>12
400	-5	>12

* : medido en el extremo más ancho

1.1.5

Salix Viminalis: características

La vara de Salix Viminalis presenta tres tipos de fibras en su composición.



Imagen 6. Sección de vara. Elaboración propia.

Mimbre / salix viminalis

La fibra exterior se denomina huir, luego viene la médula, y finalmente el núcleo. La dureza de estas fibras va disminuyendo desde el exterior hacia el interior. Es por esta razón, que en la elaboración de huiras para tejido, éstas pasan por el proceso de descarnado.

Como se compone por fibras longitudinales, la vara de mimbre constituye un material anisotrópico, es decir, su comportamiento mecánico varía, según el sentido de los esfuerzos que se ejerzan sobre ella.

Con el objetivo de levantar mayor información sobre este material, se compró un metro de mimbre grueso a la empresa Mimbres Sandoval, de la localidad de Chimbarongo. Las varas fueron separadas según su diámetro basal.

El diámetro de la sección del mimbre va disminuyendo desde la base hacia la punta. Para determinar si existe un patrón o consistencia en esta variación, se seleccionaron, al azar, 3 varas de cada grosor basal, y se midió su sección cada 10 cm. Al graficar estos datos, se puede apreciar que, entre las distintas varas, la pendiente (que representa el decrecimiento de su sección), es similar.

La tabla con todos los datos se encuentra al final de este documento, en la sección anexos.

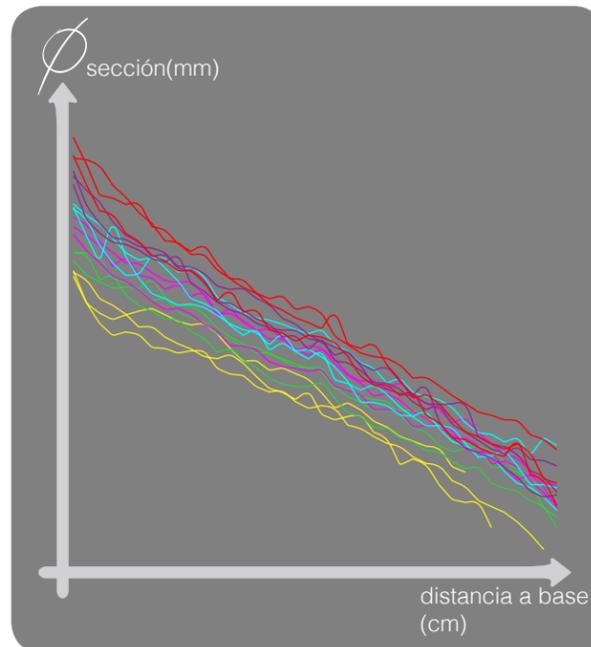


Imagen 9. Variación de sección de varas. Elaboración propia.

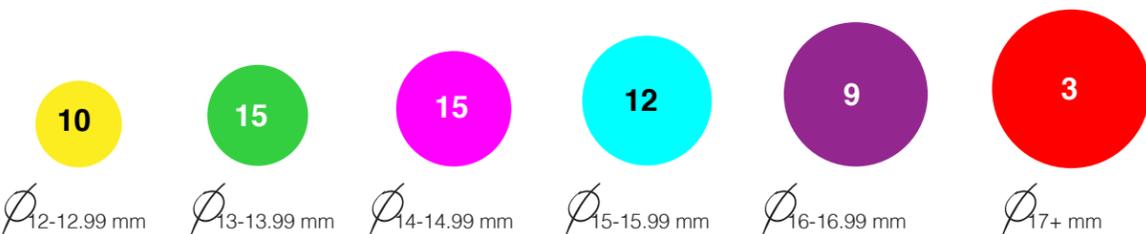


Imagen 7. Número de varas metro de mimbre, según diámetro basal. Elaboración propia.

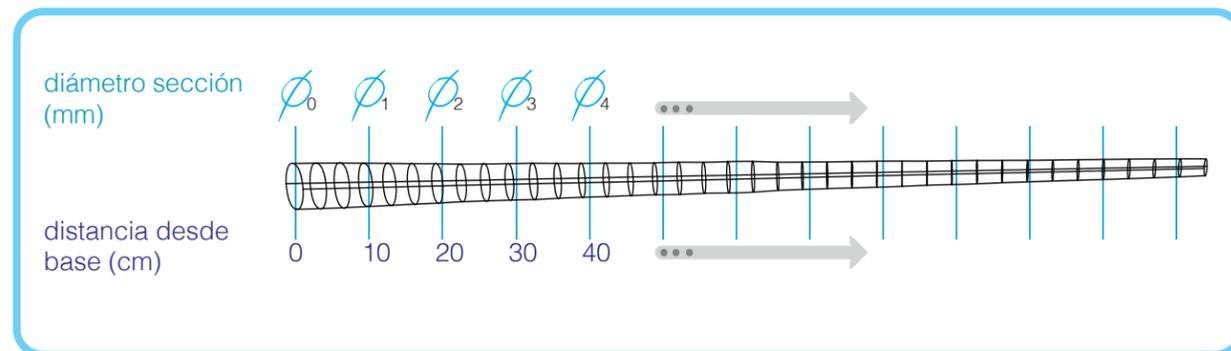


Imagen 8. Medición de sección de varas. Elaboración propia.

Table 3. MOE on tension parallel to grain (MPa) among species and sites.

Tabela 3. MOE em tração paralela às fibras (MPa) entre espécies e sítios.

SITE	<i>Salix viminalis</i>	SD	<i>Salix sp.</i>	SD	<i>Salix x rubens</i>	SD	<i>Salix purpurea</i>	SD
Bocaina	2214 abAB	263	1566 aB	99	1847 aB	140	2631 aA	416
Cerro Baio	3027 bA	314	(-)	(-)	2255 aB	189	2751 aAB	438
Estação 1	2170 aA	496	1762 aA	225	(-)	(-)	2205 aA	637
Estação 2	2014 aA	408	2168 aA	491	2006 aA	442	2742 aA	369
Gargantilha	2453 abA	322	(-)	(-)	2132 aA	232	2571 aA	467
Lino	2401 abA	563	1941 aA	230	(-)	(-)	2480 aA	264
Urubici	2051 aA	220	1938 aA	249	2314 aA	605	2059 aA	365
TOTAL	2333 AC	479	1917 B	338	2111 AB	376	2487 C	469

Imagen 10. Módulo de elasticidad en tensión. (Vargas et al., 2012)

Con respecto a las propiedades mecánicas, Vargas, Nascimento, Bolzon y Nisgoski (2012) realizaron distintos ensayos en cuatro especies de salix, incluida la especie viminalis. La gracia de estos ensayos, fue que compararon las propiedades mecánicas de las varas según su lugar de procedencia, en este caso, de distintos lugares de Brasil. Ahí se dieron cuenta que, para algunas propiedades, el lugar de procedencia si las hacía variar, pero no de manera sustancial.

De modo similar, se realizaron ensayos de tracción a las varas obtenidas de Chimbarongo. Se testearon tres diámetros distintos, 8, 12 y 15mm, para distinguir si el volumen de médula influye en dicho comportamiento.

Por una limitante dimensional de la mordaza disponible, las varas de 12 y 15mm de diámetro tuvieron que ser cortadas por la mitad para poder ser testeadas. Según el personal a cargo de los ensayos, este procedimiento es típico; luego se deben multiplicar los valores obtenidos por dos. No obstante, aquellos ensayos demostraron que la huir es la fibra más fuerte en la vara de mimbre, y que al dañarla, se compromete el desempeño del material. El módulo de Young en tensión, obtenido en las probetas de 8mm de diámetro, fue doblemente mayor que el de las probetas restantes. El medio valor obtenido fue de **3250 MPa**.



Imagen 11. Ensayo de tracción. Elaboración propia.

1.2 Artesanía

Existen varios puntos de vista en cuanto a la definición de *artesanía*. Por ejemplo, en la publicación "Chile Artesanal Patrimonio Hecho a Mano" del Consejo Nacional de la Cultura y las Artes (CNCA, 2008) se plantea que algunas visiones del concepto *artesanía* radican en sus elementos productivos: la técnica y herramientas involucradas, y otras se enfocan en los aspectos socio culturales de la práctica artesanal.

Este proyecto hace uso de la definición de artesanía utilizada por la UNESCO, que fue acordada en el Simposio Internacional "La Artesanía y el Mercado Internacional: Comercio y Codificación aduanera, realizado en la ciudad de Manila (Filipinas) en 1997.

"los productos artesanales son los producidos por artesanos, ya sea totalmente a mano o con la ayuda de herramientas manuales o incluso de medios mecánicos, siempre que la contribución manual directa del artesano siga siendo el componente más importante del producto acabado. Se producen sin limitación por lo que se refiere a la cantidad y utilizando materias primas procedentes de recursos sostenibles. La naturaleza especial de los productos artesanales se basa en sus características distintivas, que pueden ser utilitarias, estéticas, artísticas, creativas, vinculadas a la cultura, decorativas, funcionales, tradicionales, simbólicas y significativas religiosa y socialmente" (CNCA, 2008. p33)

A continuación se revisa la artesanía en mimbre desde distintos enfoques, en donde las herramientas y técnicas empleadas en dicha actividad cobran especial atención.

1.2.1 Herramientas

La artesanía en mimbre puede descomponerse, a un nivel muy básico, en dos actividades: preparación del material y producción de objetos.

El análisis de las herramientas empleadas se realiza según dicho criterio.

1.2.1.1 Preparación de Material

La preparación del material también se descompone en dos temas, dado que el mimbre puede trabajarse en forma de huirá, que es principalmente tranzada y tejida, o bien como varilla, que, según sea su diámetro, también pueden tejerse o bien utilizarse como varas estructurales de algún objeto.

1.2.1.1.1 Huiras

El proceso de obtención de la huirá comienza con la división de una varilla de mimbre en 3 o 4 partes, a través de **cuñas de madera**, cuyo desplazamiento es guiado por un pequeño corte inicial de un **cuchillo**, efectuado manualmente en el extremo de mayor diámetro de la varilla.

Se procede a remojar estas secciones de varilla para luego pasarlas por una máquina llamada **descarnadora**, cuya función es extraer la médula o corazón. A este proceso se le llama *desmedulado*.

Finalmente, se dimensionan las huiras de un ancho homogéneo por medio de una máquina **descostilladora**, proceso denominado *rebaje*. El ancho de huirá que define el artesano está estrechamente relacionado con el uso que planea darle.



Imagen 12. Cuña.
fuente: <http://aguabuenabio.blogspot.com/2011/10/quieres-hacer-canastos-de-mimbre.html>



Imagen 13. Descarnadora. Elaboración propia.

La herramienta descarnadora está fabricada en acero y posee dos ajustes para controlar la tarea que desempeña. Por un lado, la altura del filo de la hoja que realiza el corte en la varilla, despojándola de la médula, es regulada mediante los pernos más próximos al filo, permitiendo así un

control sobre el espesor de la huirá obtenida. Dicho ajuste se relaciona estrechamente con la fuerza que ejerce el rodillo sobre la varilla, que a su vez depende de la tensión ajustada en el resorte.

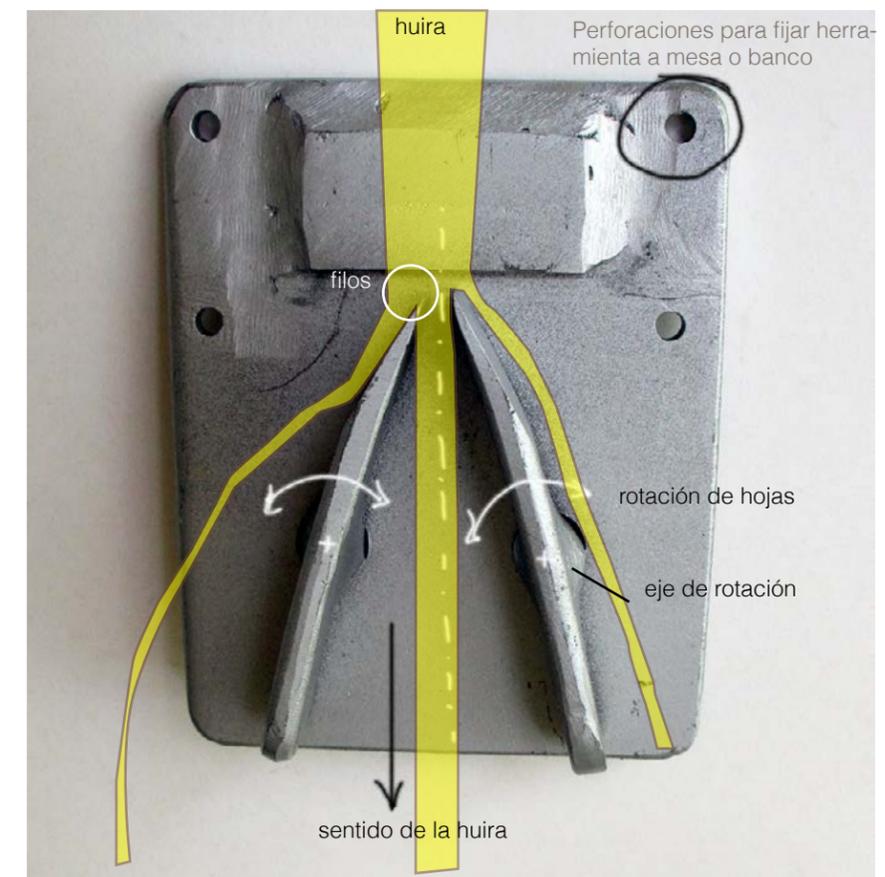


Imagen 14. Descostilladora. Elaboración propia.



Imagen 15. Descostilladora, detalle. Elaboración propia.

Con respecto a la herramienta descostilladora, la distancia que separa el filo de las hojas de acero es controlada por el ángulo de rotación que se le da a éstas, y ajustadas a través de 2 tuercas. Sin embargo, al observar esta herramienta siendo usada por distintos artesanos, se pudo constatar que utilizan poco dicho control de ajuste. En vez de soltar o ajustar ambas tuercas, cada vez que se requiera regular el ancho de la huira obtenida, los artesanos utilizan un martillo y con suaves golpes regulan dicho parámetro.

Frente a este último detalle en su uso, hay que aclarar que **el ancho de la huira se va reduciendo gradualmente**, de lo contrario es muy probable que la huira se rompa.

1.2.1.1.2 Varillas

El mimbre suele trabajarse húmedo, ya que en esta condición el material se vuelve más flexible. Es por esto que, tanto varillas como huiras, son sumergidas en agua, en un **estanque** de concreto, antes de ser trabajadas.

Una vez húmedas, las varillas que van a ser utilizadas para algún armazón estructural, se dimensionan y cortan utilizando una **tijera podadora**.



Imagen 16. Tijera, cuchillo, martillo.
fuente: <http://www.madeinmimbre.com/>

1.2.1.2 Producción de objetos

1.2.1.2.1 Con Huiras

En el proceso de tejeduría, cada artesano cuenta con un **balde** de agua, en donde va re-humectando las huiras cada cierto tiempo, para restablecer su flexibilidad.

A veces, los artesanos hacen uso de un **destornillador** de paleta fina y de un **gancho**, improvisado a partir de alambre, para ir guiando la punta de la huira, cuando la densidad del tejido complica la inserción de los dedos entre éste.

El corte de material excedente se realiza con tijera podadora o cuchillo según sea el caso. El cuchillo se ocupa cuando varias huiras terminan en un mismo sector, y son cortadas y adelgazadas para luego ser cubiertas por un embarrilamiento, utilizando otra huira.

1.2.1.2.2 Con Varillas

Cuando se utilizan las varillas para tejer, los artesanos cortan los excedentes utilizando sus propias manos o bien utilizando una **tijera podadora**.

Por otro lado, cuando se hacen las estructuras de los objetos a base de varillas de mimbre, además de la tijera podadora, los artesanos utilizan un **cuchillo** afilado para hacer cortes oblicuos en el material. Estos cortes posibilitan la unión de dos varillas, o bien, mediante dos semi cortes intersectados en la mitad de la sección del mimbre, permiten doblar la vara en un ángulo agudo. Las uniones entre varillas generalmente se hacen utilizando **martillo** y clavos.

Con respecto al curvado de las varillas de mimbre, los artesanos generalmente utilizan sus manos y cuerpo para llevar a cabo esta tarea. Sin embargo, en ocasiones hacen uso de **moldes** o matrices, en donde fijan las varillas y las dejan secar ahí mismo para obtener una forma determinada.

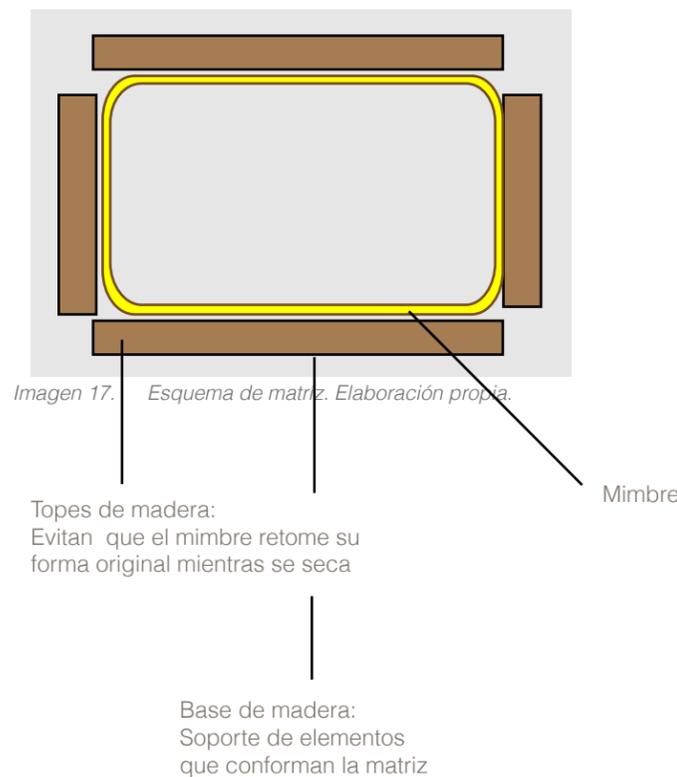
1.2.2 Técnicas y Procesos

A continuación se analizan distintas técnicas y procesos asociados al trabajo con varillas de mimbre. El trabajo con huiras ha sido descartado de esta sección debido a que este se constituye principalmente de técnicas de tejeduría, temática que se aleja de la fuerza motriz de este proyecto.

1.2.2.1 Curvado

El curvado de la varilla de mimbre depende en gran medida del remojo previo del material en agua, proceso que ablanda temporalmente la médula interior del mimbre, otorgándole elasticidad a la varilla. El tiempo de remojo varía según los criterios del artesano, sin embargo es común que para una varilla gruesa, que será usada como elemento estructural, este tiempo sea de doce horas aproximadamente.

Rodolfo Castro, Premio Nacional Maestro Artesano 2013, Chile, comenta que el tiempo de remojo de la vara de mimbre es clave para su posterior curvado. Además, aclara que no necesariamente a mayor tiempo es más fácil trabajar con la vara, ya que a mayor tiempo en agua, la vara se vuelve más elástica, es decir, si bien presenta menos resistencia para deformarse, ésta se vuelve más propensa a retomar su forma original.



Artesanía / técnicas y procesos

Otro factor que Rodolfo recalca es el de “quitarle la fuerza” al mimbre antes de realizar con él una curva muy pronunciada. Para llevar a cabo este procedimiento, se debe manipular la varilla y conformar con ella una elipse

o circunferencia de gran radio, para luego ir reduciéndola gradualmente. Es importante agregar que este procedimiento se hace lentamente, con el fin de evitar fracturas en el mimbre.



Imagen 18. Curvado Manual, Rodolfo Castro. Elaboración Propia.



Imagen 19. Curvado Manual 2. Elaboración Propia.

En esta imagen, el artesano fija los puntos de apoyo de la varilla mediante clavos.

1.2.2.2

Uniones

Como se aprecia en la imagen anterior, la unión entre varillas, o bien entre varilla y estructura de madera, se realiza mediante clavos, probablemente porque es lo más rápido y simple de hacer. Sin embargo, al usar clavos “se producen rajaduras y agrietamientos en los muebles, disminuyendo considerablemente su calidad. Además, este tipo de unión se suelta al poco tiempo.” (Abalos, 1998, p.43)

En el caso de unir dos varillas por sus extremos, además de utilizar clavos, se realizan cortes diagonales en ambas varillas, de manera que se puedan superponer ambos extremos y se puedan aplicar los clavos en dicho espacio.

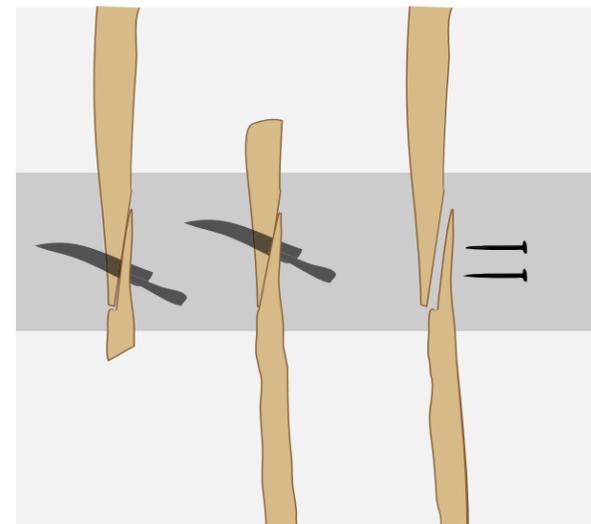


Imagen 20. Uniones. Elaboración Propia.

Hay que recalcar que los artesanos hacen estos cortes de manera totalmente manual, estimando las medidas y sin la ayuda de ninguna herramienta o soporte que guíe el corte a través de la varilla. Esto se traduce en un acabado pobre, en donde se presenta una gran distorsión en la superficie de la zona de unión, o traslape, de las varillas.

Encima de las uniones de clavos generalmente se hacen amarras, también llamadas *ligaduras*, utilizando huiras. Estas ligaduras, en palabras de Abalos: “permiten mejorar el diseño en partes específicas o en la superficie total del mueble, pudiendo ocultar imperfecciones constructivas y la presencia de clavos o corchetes que no se desean a la vista”. (1998, p.44)



Imagen 21. Ligadura en unión. Elaboración propia.

Respecto a las ligaduras, se puede agregar que éstas refuerzan en gran medida las uniones a base de clavos. Eso se debe a que la médula de las varillas de mimbre es blanda, por lo tanto se genera una suerte de articulación en los clavos. Las ligaduras restringen el movimiento de las varillas, prolongando la duración de la unión.

1.2.2.3

Terminaciones

La terminación de un producto es el proceso que le otorgará su aspecto final. En el caso de los productos de mimbre, “pueden ser dejados en forma natural, o bien recubiertos por tintes, pinturas o barnices” (Abalos, 1998)

Si se aplica algún tipo de recubrimiento, la superficie del producto debe lijarse para que éste se adhiera bien al mimbre. La aplicación se realiza de manera manual, utilizando pistola de aire comprimido.

Por otra parte, algunos artesanos declaran aplicar cola fría disuelta en agua, por medio de una brocha, a sus productos una vez terminados. Sin embargo, este proceso lo realizan sólo por encargo especial, y generalmente, en vez de aplicar ellos el recubrimiento, delegan este proceso a quien vaya a comercializar los productos.

Artesanía / caso de estudio

1.2.3

Caso de estudio: Sillón tronco moño de 2 cuerpos

A continuación se documenta cómo Daniel Trejo, artesano de Chimbarongo, confecciona el esqueleto del sillón Tronco Moño de dos cuerpos. Parte de la información presentada en esta sección fue levantada por Natalia Arriaza (2014), sin embargo, se realizan dos viajes al taller en donde trabaja Daniel para complementar dicho estudio, observar su trabajo desde cerca, y levantar un diagnóstico en función de los intereses de este proyecto.



VISTA FRONTAL

Imagen 22. Matriz base sillón. Arriaza, 2014

La confección de este sillón comienza con el remojo de las varillas de mimbre, a temperatura ambiente, por un tiempo de 12 horas aproximadamente. Proceso que, como se revisó anteriormente, le otorga a las varillas la elasticidad adecuada para que el artesano pueda trabajar con ellas.

Luego se procede a construir dos estructuras rectangulares, denominadas “base suelo” y “base asiento”, que conforman la base del armado del esqueleto. La gran mayoría de las varillas que se instalan van a vincular estas dos estructuras o bien fijarse a una de ellas.

La base suelo y base asiento se conforman a partir de dos varillas cada una, utilizando la técnica de los cortes oblicuos en los extremos, para lograr un mejor calce en la unión de éstas. Se utiliza una matriz de madera, que contiene topes externos a la geometría de ambas partes. Las varillas de mimbre se fijan a la matriz de manera temporalmente, utilizando clavos.

Hay que aclarar que dicha matriz no incluye superficies para definir el radio de curvatura en los vértices de las estructuras rectangulares. Estas curvas son controladas manualmente por el artesano, utilizando su vista como guía principal.



Imagen 23. Matriz base sillón. Arriaza, 2014

La “base asiento” se eleva por sobre la “base suelo” por medio de ocho varillas que conectan ambas estructuras. Estas varillas son previamente marcadas con un lápiz para indicar a qué altura situar los clavos correspondientes.

Con respecto a la simetría de la estructura, Arriaza observó que el artesano:

“posiciona 4 varillas más, las cuales dispone diagonalmente en cada una de las caras de la figura, mientras realiza esta acción mide las diagonales virtuales de la estructura con una huincha de medir, modificando con leves movimientos, para lograr mayor simetría de la pieza.” (2014, p.18)



Imagen 24. Armado estructura. Elaboración propia.



Imagen 25. Render esqueleto, Etapa Ensamblaje Bases 1. Arriaza, 2014



Imagen 26. Render esqueleto, Etapa Ensamblaje Bases 2. Arriaza, 2014



Imagen 27. Cortes oblicuos. Elaboración propia

De las ocho varillas mencionadas anteriormente, a tres de ellas se les hacen dos cortes oblicuos que se intersectan en la mitad de la sección del material. Estas tres varillas son parte del respaldo, y los cortes le facilitan al artesano fijar la inclinación deseada



Imagen 28. Midiendo diagonales. Elaboración propia

Posteriormente, para darle mayor resistencia a la zona del asiento, se cortan una serie de varillas, que manualmente se curvan, y se les da la forma que aparece en la imagen de abajo.

Estas estructuras son definidas por Arriaza como refuerzos interiores, sin embargo, los ángulos de aquellas estructuras son posibles debido a que se fractura la estructura interna del mimbre.

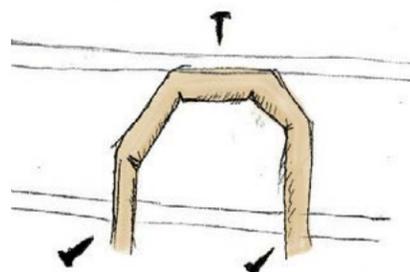


Imagen 29. Refuerzo. Elaboración propia

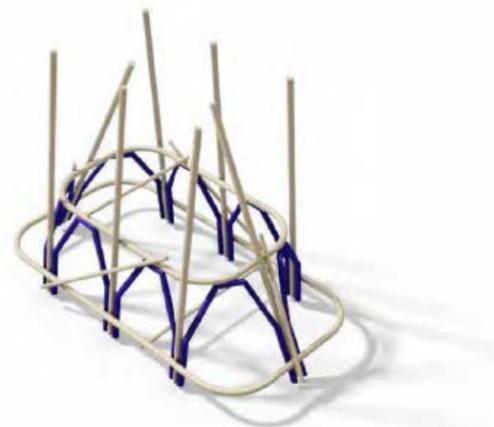


Imagen 30. Render esqueleto, Etapa Refuerzos Interiores. Arriaza, 201.

Luego, para hacer coincidir la zona frontal del asiento con la de la base del suelo, se instalan tres estructuras, que Arriaza (2014) denomina varas primarias frontales, las cuales sirven de soporte para una estructura rectangular perimetral, y que además, se fija en los extremos de las varillas que configuran el respaldo del sillón.

Para lograr estas piezas, se realizan cortes oblicuos que faciliten la deformación en las varillas de mimbre. Sin embargo, pese a que se remueve gran parte del material por la parte interna de los vértices de las figuras, los ángulos son muy agudos y se presentan fracturas en la parte externa también.



Imagen 31. Varas frontales. Elaboración propia



Imagen 32. Esqueleto sillón tronco moño. Elaboración propia

1.3 Técnicas Afines

1.3.1 Doblado de Tubos

El doblado de tubos es lo primero que salta a la mente cuando se habla de la deformación de un material con sección circular. A grandes rasgos, el doblado de tubos se divide en dos técnicas: con mandril (o mordaza) y el doblado a través de rodillos.

Como el doblado a través de rodillos depende en gran parte de la capacidad plástica que tiene el metal, mientras el mimbre se comporta de manera elástica, aquí sólo se verá el curvado a través de mandril.



Imagen 33. Taburetes de acero curvado. fuente: <http://www.themethodcase.com/>

1.3.1.1 Consideraciones

Como lo indica su nombre, en el curvado de tubos a través de mandril, aquella pieza es clave para que la operación sea un éxito. El mandril va inserto en la parte interna del tubo, y su función es "evitar el colapso del material en el punto de curvado" (Thompson, 2007).

Los hay de distintos tipos, sin embargo, el más común es el de bolas articuladas. Éste permite una menor deformación, dado que su sistema de construcción le permite adaptarse a distintos radios de curvatura, manteniendo siempre un calce ajustado (Bralla, 2007).

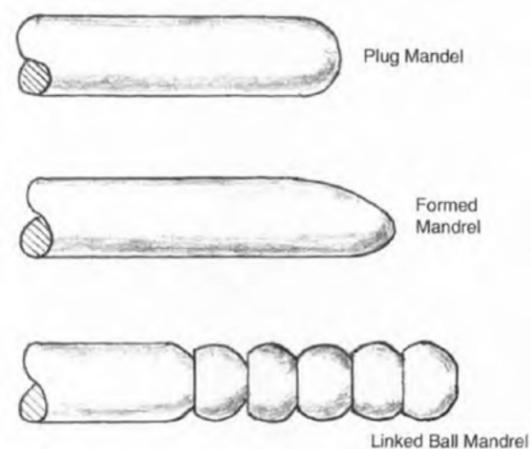


Imagen 35. Distintos mandriles. Bralla, 2007.

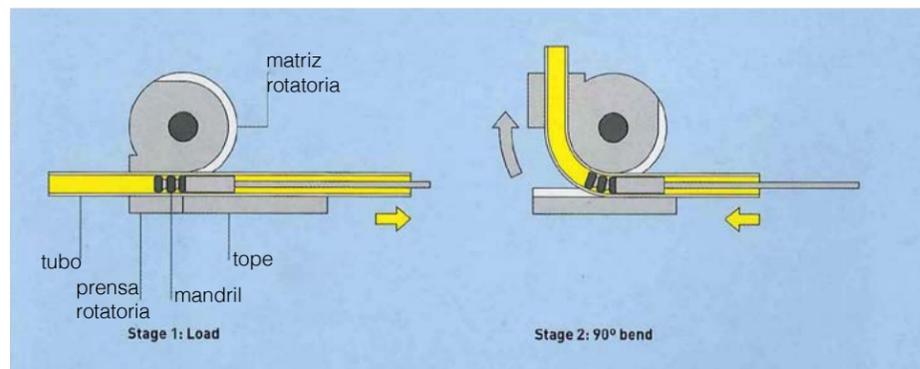


Imagen 34. Doblado de tubos. Thompson, 2007.

Con respecto al radio de curvatura, Bralla plantea que este puede ser tan pequeño como 2.5 veces el diámetro de la sección del tubo, sin embargo una relación de 4 veces es un estándar típico. Por otra parte, Thompson establece que esta relación también se ve afectada por el espesor del tubo. El tamaño de la matriz rotatoria es el que determina el radio de curvatura que tendrá el tubo una vez doblado.

Existen dobladoras de tubos eléctricas y manuales. En las primeras, la prensa rotatoria que se muestra en la imagen anterior se mueve por la acción de un motor. Sin embargo, en el caso de las dobladoras manuales, es necesario agregarle una empuñadura a esta última pieza, teniendo en cuenta que a mayor longitud, más torque ejercerá la acción manual sobre el sistema que dobla el tubo.



Imagen 36. Relación entre diámetros. Elaboración propia.



Imagen 37. Dobladora CNC. fuente: <http://dobladorasyroladoras.com/>

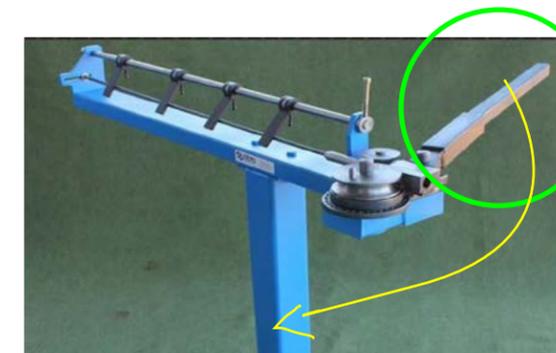


Imagen 38. Dobladora manual. fuente: <http://www.themethodcase.com/>

Técnicas Afines / curvado de madera y ratán

1.3.2

Curvado de madera y ratán

Existen diversos formatos y técnicas para curvar madera. Una de las más populares es el laminado, un proceso en el que finas láminas de material adoptan la forma de una matriz gracias a la fuerza de compresión que se hace sobre ellas y el adhesivo que se coloca entre capas, que luego de curado, constituyen un bloque sólido. Sin embargo, como el formato de madera laminado dista mucho del formato natural de varilla que presenta el mimbre, esta técnica no será analizada en detalle. En cambio, se revisará el curvado de madera sólida y el ratán, que es una enredadera de la cual se obtiene una caña de aspecto similar al mimbre, pero de mayor rigidez.

Es importante recalcar que los parámetros y consideraciones expuestos en esta sección son de carácter general, es por eso que se utiliza el término "madera sólida" en vez de citar una especie en particular.

1.3.2.1

Preparación del material

La preparación del material, tanto para madera sólida como para el ratán, es de gran importancia para su posterior curvado. La lignina es un polímero natural que está presente en ambos materiales, y éste debe ser ablandado para no romper dichos materiales en el proceso de curvado. Tradicionalmente existen dos procesos para lograr este objetivo. Por medio de remojo en agua y cámara de vapor.

1.3.2.1.1

Madera sólida

En madera sólida, el método de ablandar el material mediante remojo usualmente va acompañado de temperatura. Por ejemplo, para curvar las piezas de madera de la silla Thonet N.214, éstas son remojadas por 24 horas a 60°C. Luego pasan a una cámara de vapor, a 104°C, por un rango que va de 1 a 3 horas, dependiendo del espesor de cada pieza (Thompson, 2007). Esta cámara de vapor además está sujeta a una presión controlada, 0.8 bar.

Por otra parte, Michael Fortune (2007) añade un proceso que ayuda a romper los enlaces de lignina al interior de la madera. Él recomienda realizar una curva de radio amplio con la madera para luego voltearla y hacer la misma curva en el sentido contrario.

Varias personas, a diferencia del caso de la silla Thonet 214, construyen cámaras de vapor de manera casera, utilizando PVC o madera terciada, utilizando ollas de cocina como fuente de vapor, y obtienen resultados bastante buenos. Hay que tener en cuenta que el tiempo de trabajo luego de sacar el material de la cámara de vapor es reducido, alrededor de 5 minutos.



Imagen 39. Silla Thonet 214
fuente: <http://xn--iconosdeldiseo-2nb.com/214-THONET>



Imagen 40. Cámara de vapor casera.
fuente: <http://www.americanwoodworker.com/>

1.3.2.1.2

Ratán

La preparación del ratán para su posterior curvado comienza con el dimensionado de las cañas. Estas se pasan por una máquina que homogeneiza el diámetro de éstas, y luego son trozadas según la longitud requerida.

Al igual que con la madera sólida, las cañas de ratán son sometidas a una cámara de vapor, sin embargo, el tiempo requerido es menor. Abalos (1998) establece que las cañas son sometidas a un vapor de 100°C durante 20 a 30 minutos.

1.3.2.2

Procedimiento

1.3.2.2.1

Madera sólida

El curvado de madera se realiza por la compresión de ésta sobre un molde o matriz. Generalmente, se comienza prensando o comprimiendo la madera al molde en el punto central de esta. Pueden usarse sargentos, prensas, o un sistema de cuñas de madera, como aparece en las fotos más adelante. Es importante que este procedimiento se realice lentamente, poco a poco, para evitar alguna rotura en la madera. Dependiendo de la complejidad de la curva, puede ser necesario incluir más puntos de presión entre la madera y molde.



Imagen 41. Lámina de metal (Thompson, 2007, p.200)

Otro aspecto importante de mencionar es que a veces se recomienda utilizar una lámina de metal que haga contacto por toda la superficie externa de la madera que está siendo curvada. Este elemento cumple dos funciones. Previene que las fibras externas se estiren demasiado y además previene que la madera se tuerza (Thompson, 2007).



Imagen 42. Curvado de madera-
fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=e4CoTNeoa98>

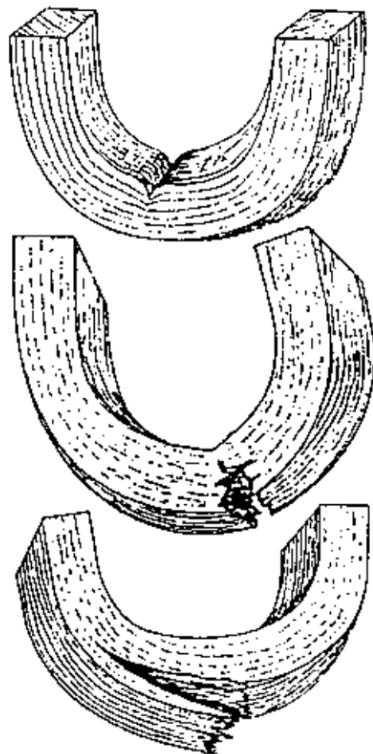


Imagen 43. Fallas en curvado.
fuente: [http://www.tai-workshop.com/english/tech-2\(b\)-e.html](http://www.tai-workshop.com/english/tech-2(b)-e.html)

Arriba se muestran las típicas fallas que pueden suceder en el proceso de curvado. En la primera ilustración, la zona que colapsa es la que está siendo sometida a compresión. La gente de "Tai-Workshop" (Japón) establece que aquella falla puede darse porque el proceso de ablandamiento del material no fue suficiente, o bien porque la madera tenía un alto porcentaje de humedad. Bralla (2007) recomienda que el porcentaje de humedad en la madera tiene que estar entre 20 y 30% para un correcto curvado. Las otras fallas que aparecen se deben a que la franja de metal no fue lo suficientemente fuerte para contener el material, o bien el radio de curvatura es muy pequeño.

1.3.2.2.2 Ratán

El curvado de ratán, al igual que la madera sólida, se realiza a través de matrices. Uno de los diseños más típicos de matrices para curvar ratán es el que aparece en la imagen 44. Consiste en un tablero en donde se colocan estratégicamente cilindros de madera, en donde unos cumplen la función de determinar el radio de curvatura, y otros aseguran la caña e impiden que esta se vuelva a estirar. Las cañas se pasan por estos cilindros de manera manual.

Existe otro tipo de matriz, en donde la caña entra a presión en una ranura que tiene la curva que se desea lograr. Para lograr esto, primero se pre-curva la caña en otra matriz, realizando curvas más pronunciadas de las que presenta la ranura de la matriz definitiva. Esto es para anticipar el efecto "springback" que presentan los materiales elásticos.



Imagen 44. Matriz de curvado ratán.
fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=BtMBhQ8AIJw>



Imagen 45. Matriz de secado ratán.
fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=BtMBhQ8AIJw>

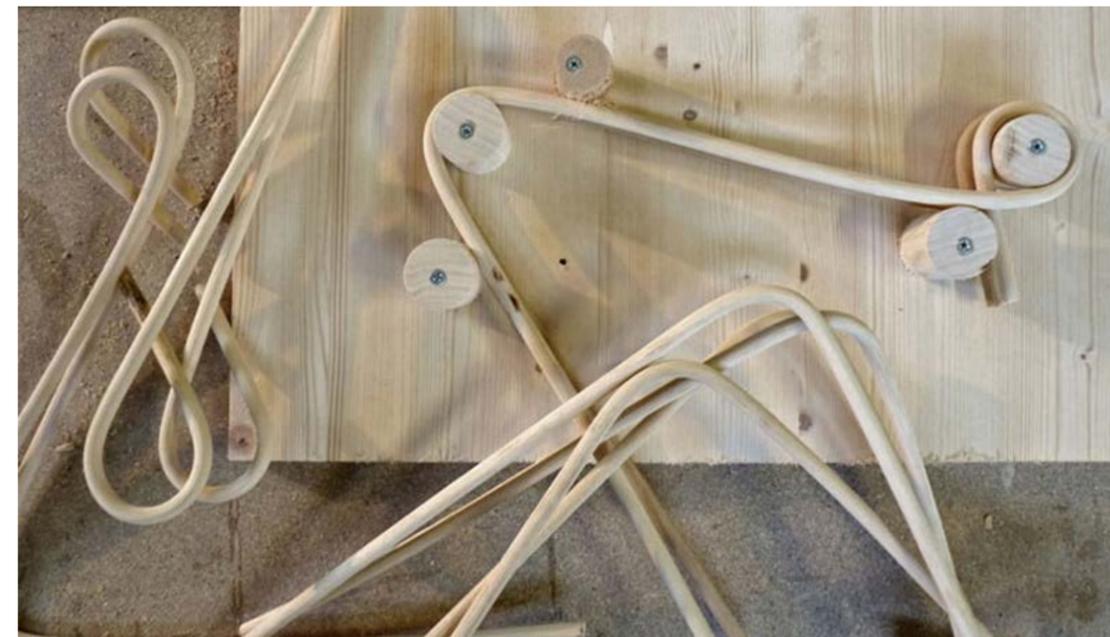


Imagen 46. Matriz de curvado ratán 2.
fuente: <http://www.themethodcase.com/>

Posteriormente, se inserta la caña en la matriz definitiva con la ayuda de un martillo y un pedazo de madera blanda, para no dañar la caña de ratán. En el diseño que se ve en la imagen 45, caben dos cañas por matriz. Luego, estas matrices se meten en una sala, en donde se dejan secar las cañas que hay en su interior a una determinada temperatura y humedad ambiental.

temperatura ambiente, luego de horas e incluso días. Es importante controlar el proceso de secado y controlar la humedad del ambiente para prevenir este efecto, o bien realizar las curvas a un ángulo mayor en las piezas de madera, anticipando este efecto.

El método más efectivo para secar la madera y prevenir el efecto springback son las radiofrecuencias. Tai-Workshop establece que luego de 120 horas, habiendo aplicado esta tecnología, la deformación es sólo de un 3%. Por otra parte, frente a la misma cantidad de tiempo transcurrido, con método de secado por aire caliente, la deformación alcanza un 10%.

1.3.2.3 "Springback"

El efecto "springback", que viene del la palabra inglesa spring = resorte, es común en el curvado de materiales elásticos, como lo es la madera, e incluso se manifiesta en materiales plásticos. Este fenómeno corresponde a una deformación del material una vez sacado de la matriz de curvado, en donde, según las condiciones del caso, la curva se "abrirá" en una cierta medida.

La empresa Tai-Workshop agrega que este efecto ocurre en dos fases. Primero al sacar la pieza de la matriz, y luego puede ocurrir cuando la pieza se deja a

1.4 Diseño paramétrico

Comúnmente, este término está relacionado con el diseño asistido por computadora (CAD). Y se entiende como los diseños que responden a la variación de sus parámetros previamente definidos. Molinere (2011) presenta la siguiente definición:

“El diseño paramétrico es la abstracción de una idea o concepto, relacionado con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permite manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos”

Una de las ventajas que se encuentran en diseñar de esta manera, es la cuantificación de la variación de la forma, en función de un conjunto de parámetros asociados a ella. Ello implica que se pueden explorar distintas variaciones formales, o de un proceso, sin tener que diseñar desde cero.

Existen distintas maneras de levantar datos útiles para diseñar paramétricamente. Por ejemplo, en el año 2010, en The Royal Danish Academy of Fine Arts, se realizó un workshop sobre digital crafting titulado “Diseño Paramétrico: Comportamiento Codificado”, un ejercicio pensado para reflexionar sobre las estrategias para codificar el comportamiento de un material, en función de un solo parámetro, en un ambiente digital. Para ello, se eligió la madera y su flexibilidad como objeto de estudio. Si bien existen fórmulas y tablas de valores para determinar el comportamiento de aquel material frente a distintos esfuerzos, los estudiantes del workshop pudieron levantar sus propios datos empíricamente, y con aquella información alimentar un sistema.

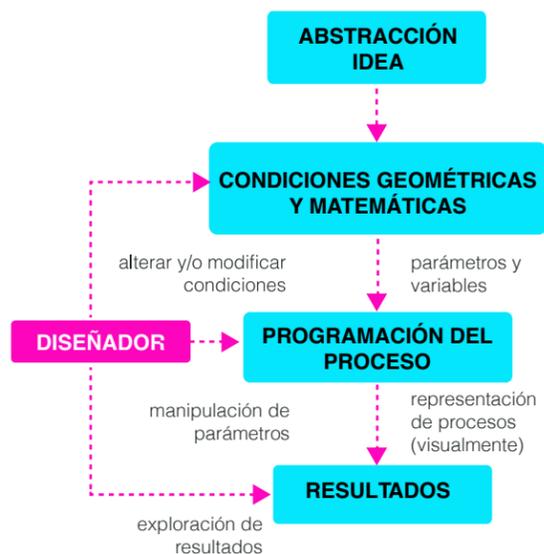


Imagen 47. Diseño paramétrico. Molinere, 2011.

Dentro de las reflexiones del workshop, se cuestionó si se debía poner el foco en la precisión de las mediciones o bien en la interrelación entre distintos parámetros.

Como se aprecia en el esquema superior, los resultados obtenidos de este proceso dependen de la definición de parámetros o variables, y cómo estos están programados para interactuar. Es por esto que dicho enfoque puede aplicarse tanto al diseño de imágenes como de objetos.

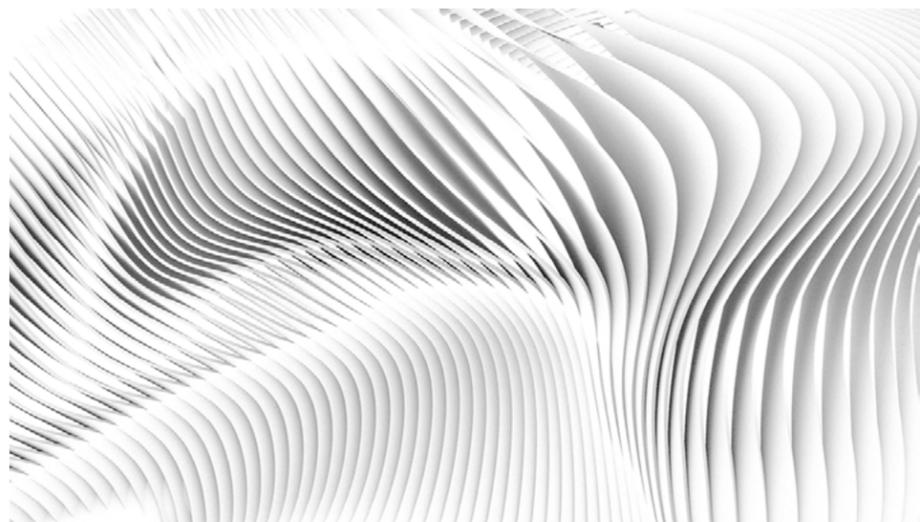


Imagen 48. Diseño paramétrico, texturas. fuente: <http://www.grasshopper3d.com/photo/022b/next?context=user>

1.4.1 Diseño generativo

El diseño generativo va un paso más allá que el diseño paramétrico, en cuanto a la programación de parámetros para generar formas. Krish (2011) plantea que la gran diferencia está en el nivel de protagonismo que adoptan los algoritmos, en el diseño generativo. Si bien el diseño paramétrico controla la forma a través de parámetros específicamente codificados, el diseño generativo delega este control a algoritmos, capaces de generar una gran variedad de resultados, a partir de pequeños cambios.



Imagen 49. Diseño generativo. Fuente: http://www.generative-gestaltung.de/M_2_5_02_TOOL

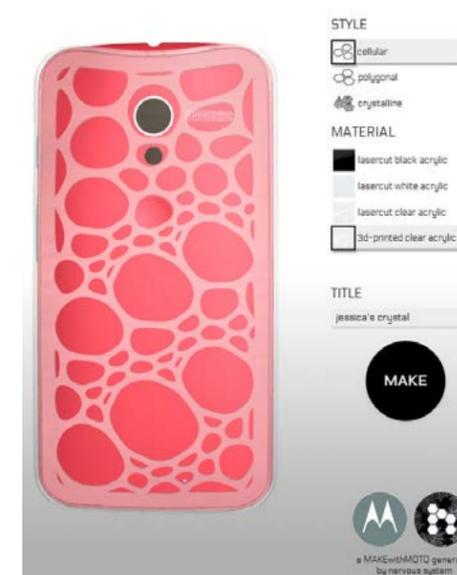
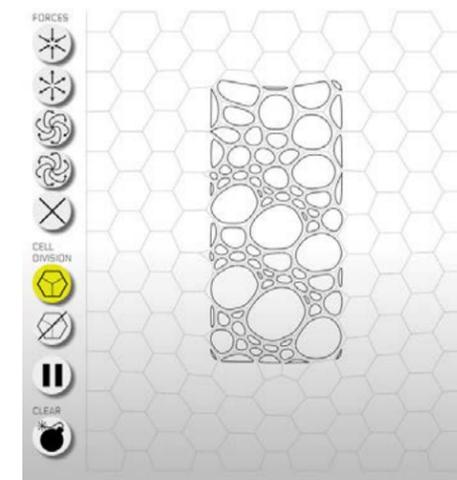


Imagen 50. Nervous System, carcasa. Fuente: <http://n-e-r-v-o-u-s.com/>

El estudio de diseño Nervous System se dedica a generar diseños con estas características, haciendo una intersección entre arte, ciencia y tecnología.

En la imagen de arriba, se muestra un proyecto de carcasas de teléfonos generativa, en donde cada usuario puede customizar el diseño, según los parámetros que se ofrecen. No obstante, no se tiene total control sobre la forma; sólo se controlan algunos parámetros que gobiernan el algoritmo que la genera.

Diseño paramétrico / grasshopper

1.4.2

Grasshopper

Hoy en día existen varios softwares orientados a la parametrización en CAD; Grasshopper es uno de ellos, y se utilizó en este proyecto por la gran versatilidad que brinda. Grasshopper actúa como un plugin en Rhino 3D, y es básicamente un entorno de programación visual; esta característica lo hace idóneo para la generación de modelos paramétricos de gran complejidad, e incluso se puede realizar diseño generativo en él.

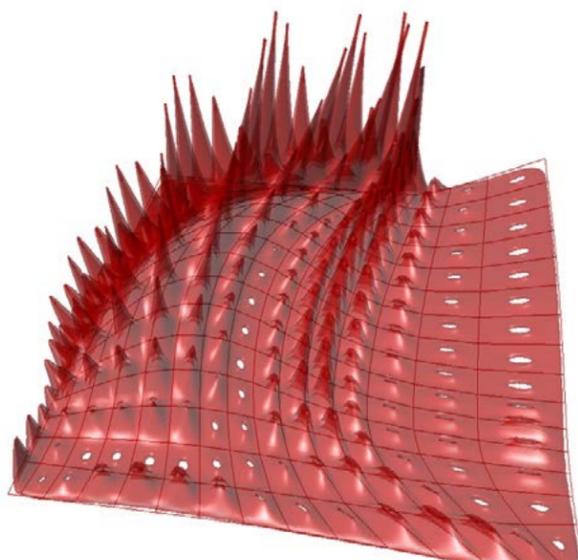


Imagen 51. Superficie realizada en Grasshopper.
Fuente: <http://formularch.blogspot.cl/>

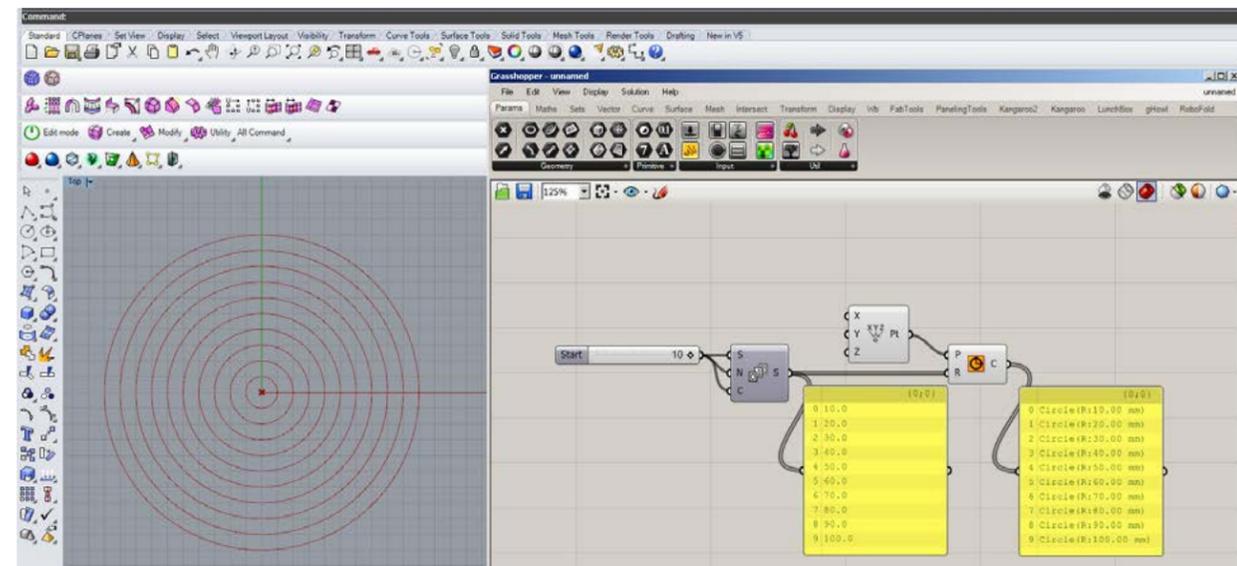


Imagen 53. Rhino3D y Grasshopper. Elaboración propia

La forma que tiene de operar este programa es a través de componentes, los cuales tienen entradas y salidas.

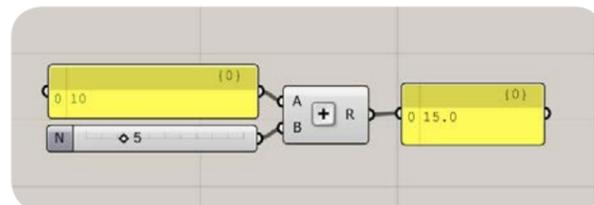


Imagen 52. Suma de dos números. Elaboración propia

Los componentes se van situando en un canvas, y cualquier operación que incluya la generación o manipulación de geometría, puede ser visualizada en la pantalla de Rhino 3D.

En la imagen de abajo, se aprecia una de las ventajas de trabajar en este entorno. Utilizando sólo cuatro componentes, se generaron 10 círculos concéntricos, separados entre sí por 10mm, los componentes en amarillo sólo están para visualizar qué tipo de información arrojan, las respectivas salidas conectadas.

1.4.3

Digital crafting

Uno de los conceptos más fuertes al hablar de diseño paramétrico corresponde al de digital crafting, o fabricación digital. Esta práctica "es la transferencia del conocimiento en técnicas y consideraciones de manufactura, que tradicionalmente ha sido manejada por artesanos, a un sistema que incluye a todos los actores dentro de la cadena de diseño" (Digital Crafting, 2012, p.9). Bajo este paradigma de diseño, gran parte de las operaciones sobre los materiales es realizado por máquinas CNC (operadas por control numérico).

Diseñar para la fabricación digital involucra dominar tanto el comportamiento de los materiales como las herramientas que se utilizarán en el desarrollo de un producto.

Un ejemplo que combina el diseño paramétrico y digital crafting lo constituye la serie "Suple", del estudio chileno Gt2P:

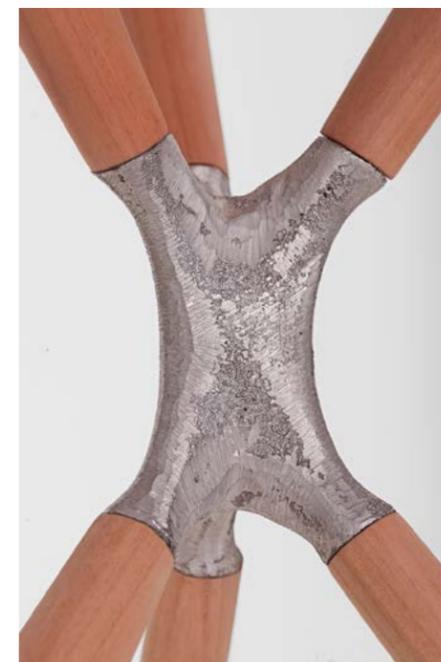


Imagen 54. Suple. <http://gt2p.com/>

Esta es una serie de taburetes y mesas, que tienen la particularidad que todos los elementos que inciden en la geometría del conector de aluminio fundido, están parametrizados.

Algunos de estos parámetros son: el ángulo de los soportes, la profundidad de los insertos, la rugosidad de la superficie y el tamaño de la pieza. Luego de que estos parámetros son establecidos, se recurre a la tecnología de impresión 3D para hacer un prototipo físico, del cual se realiza el molde para el vaciado de aluminio fundido.

Existen diversas tecnologías CNC para la manufactura de piezas y objetos, en donde cada una presenta diversas fortalezas y debilidades, según lo que se desee hacer. Actualmente las tecnologías más tradicionales son el corte láser (geometrías en 2D), fresado CNC (de 2 a 5 ejes) y, recientemente, la impresión 3D.

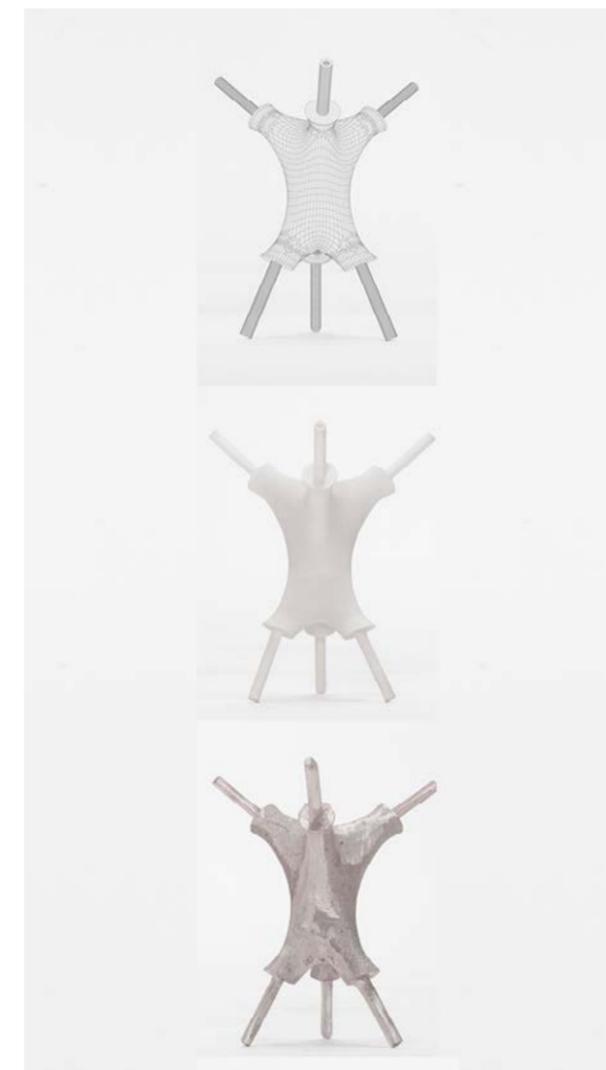


Imagen 55. Digital crafting suple. <http://gt2p.com/>

Diseño paramétrico / paracrafting

1.4.4

Paracrafting

Pese a todas las ventajas que parece brindar la fabricación digital, Guillermo Parada, del estudio Gt2P, en una charla dictada en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, en Octubre de 2014, planteó que dicho paradigma, a nivel local, presenta inconvenientes. Según él, pese a que uno puede anticipar una gran cantidad de factores que inciden en la producción vía maquinaria CNC, la tecnología a la que se tiene acceso, a veces no tiene la precisión necesaria, y finalmente, es el trabajo humano el componente clave en el desarrollo de los productos que ellos diseñan. Es por esta razón que su estudio decide llevar el diseño paramétrico a un nuevo nivel, y acercarlo a la fabricación artesanal, a través de un concepto que denominan "paracrafting".

Para ello, el estudio de diseño se hizo las siguientes preguntas: ¿Y si el diseño paramétrico no fuese digital? ¿Y si el diseño paramétrico fuese análogo? ¿Cómo sería si el diseño paramétrico se tratase de la materialidad y fuerzas?

Aquellos cuestionamientos dieron nacimiento a la "Less CPP N°1, Catenary Pottery Printer", una pseudo impresora de piezas de cerámica, que a través del control de la posición y tensión de distintos puntos de una tela en un armazón, produce distintas formas de catenarias en donde es vaciada porcelana. Si bien esta máquina no permite realizar dos piezas exactamente iguales, si permite generar familias de objetos, que comparten distintas cualidades de expresión según los parámetros empleados.



Imagen 56. CPP N°1. <http://gt2p.com/>



Imagen 57. Less CPP N°1, detalle. <http://gt2p.com/>



Imagen 58. Less, detalle. <http://gt2p.com/>



Imagen 59. Familia Less 1. <http://gt2p.com/>



Imagen 60. Familia Less 2. <http://gt2p.com/>

2. EXPERIMENTACIÓN

En este capítulo se presenta el proceso de experimentación, que persigue proponer una parametrización del curvado de la vara de mimbre. También se presentan los antecedentes levantados previamente respecto a este proceso, durante la etapa Investigación Base Memoria del proyecto, que sirven de punto de inicio para la experimentación.

2.1 Antecedentes

Durante el segundo semestre del año 2014, en el taller de diseño industrial "Tapia/Díaz", de la Universidad de Chile, se realizó un levantamiento de información sobre la varilla de **mimbre cocido** respecto a su curvado. Para sistematizar dicha información, el taller elaboró una ficha de evaluación con los siguientes ítems:

- Largo de la varilla
- Diámetro de la sección de la varilla
- Radio de curva de la matriz
- Ángulo al cual se curvó la varilla
- Qué técnica se utilizó (manualmente o vía matriz)
- Temperatura de humectación de la varilla
- Tiempo de humectación de la varilla
- Temperatura de secado
- Tiempo de secado
- Resultado de curva (graduado de 1 a 4, donde 4 es muy bueno)
- Resultado de sección del mimbre en curva (graduado de 1 a 4, en donde 1 significa que la varilla sufrió graves daños en su sección)

Los participantes del taller realizaron un proceso explorativo, generando una gran variedad en la combinación de los parámetros mencionados anteriormente. Las matrices que utilizaron también fueron diversas, empleando desde objetos cilíndricos cotidianos (botellas, patas de sillas, etc) hasta piezas de MDF mediante corte láser.

Cabe destacar que las varillas que se utilizaron corresponden a mimbre mediano, llegando a 7mm de diámetro. Los datos de cada experiencia se encuentran tabulados en la sección "Anexos" de este documento,



Imagen 61. Matriz MDF_1 Taller DT. Elaboración propia.

Antecedentes / análisis

2.1.1

Análisis

Para el análisis de los datos mencionados anteriormente, se utilizó el programa Excel de Microsoft. Ahí, se utilizó un filtro para seleccionar las probetas en donde el resultado de la curva fue muy bueno, y donde además, la sección del mimbre resultó en "buen" y "muy buen" estado. Aquellas experiencias fueron aisladas, y se introdujo un nuevo valor en la tabla de análisis, que corresponde a la relación entre el diámetro de la matriz utilizada y el diámetro del mimbre curvado (cuociente).

Las probetas se ordenaron en función de este último valor introducido, determinando la relación mínima entre diámetros matriz/mimbre para un curvado satisfactorio. El valor obtenido fue un cuociente igual a seis.

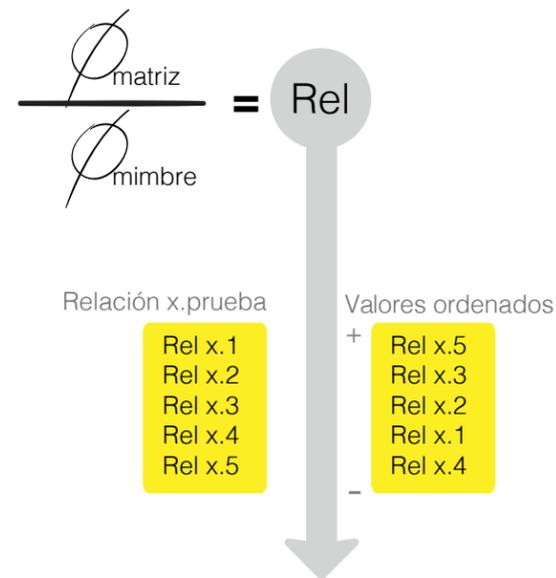
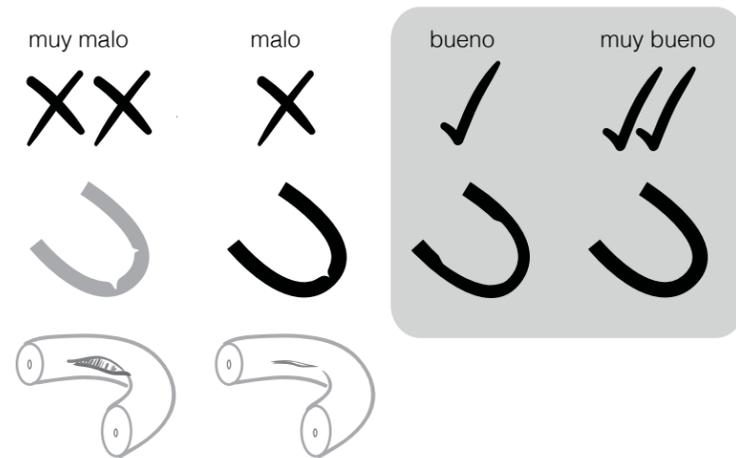


Imagen 62. Análisis de probetas taller "DT" 2014. Elaboración propia.

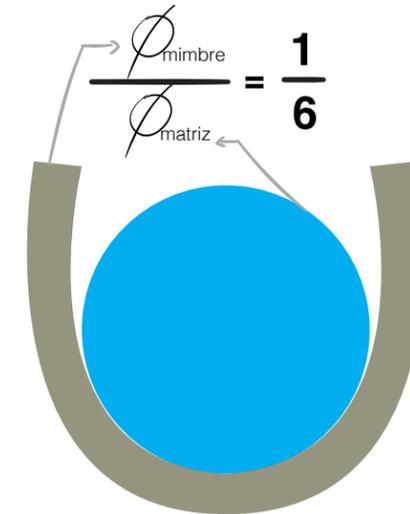


Imagen 63. Relación sección mimbre/matriz. Elaboración propia.

A esa altura del proceso investigativo, se puso a prueba el cuociente encontrado, utilizando una vara de mimbre blanco de 10mm de diámetro de sección, obteniendo resultados satisfactorios.

El curvado se realizó prensando en 3 puntos distintos la vara a un disco de MDF de 15mm de espesor.



Imagen 64. Probeta con relación 1 es a 6. Elaboración propia.

2.2 Objetivos

Los antecedentes que se manejan hasta este punto dan cabida a distintas preguntas de investigación. Si bien la relación 1 es a 6 (diámetro mimbre/matriz) fue comprobada en una vara de mimbre blanco maduro, aquella experiencia, por sí sola, constituye un hecho aislado. Se necesitan más pruebas para determinar la consistencia de la información levantada. Por otro lado, se experimentará con varas de mimbre blanco grueso, dadas las posibilidades que presenta para realizar piezas estructurales.

Es por eso que resulta pertinente preguntarse: ¿Cuál es la relación de diámetros mimbre/matriz mínima, que permita el curvado de varas de mimbre grueso? ¿Se produce efecto "springback" en el curvado de la vara? Y de ser así ¿de qué depende? ¿Cómo curvar la vara?

2.2.1

Objetivo general

Establecer la relación de diámetro mimbre/matriz y ángulo, para un correcto curvado de la vara de mimbre, como así también los distintos parámetros que influyen en dicho proceso.

2.2.2

Objetivos específicos

- Diseño del proceso experimental.
- Diseño de matriz empleada en levantamiento de datos.
- Análisis de datos.



Imagen 65. Curvando mimbre. Elaboración propia.

2.3 Diseño experimental

El proceso de experimentación se realizó mediante el diseño y testeo de diversos prototipos. Para evaluar de dichos prototipos, es necesario definir y controlar las diversas variables que inciden en el curvado, como así también, los diversos procesos y etapas asociadas a éste. Parte de dichas consideraciones fueron definidas antes de empezar a experimentar. Sin embargo, otras se fueron dando a medida que se evaluó cada experiencia.

2.3.1

Remojo

Las varas se dejaron reposar durante 24 horas en agua a temperatura ambiente antes de ser curvadas. Se utilizó este tiempo siguiendo los consejos de Rodolfo Castro, quien expresa que a tal cantidad de horas en remojo, las varas se vuelven más elásticas.

En cada experiencia se emplearon 3 varas, remojadas en un recipiente elaborado a base de una tubería de PVC.

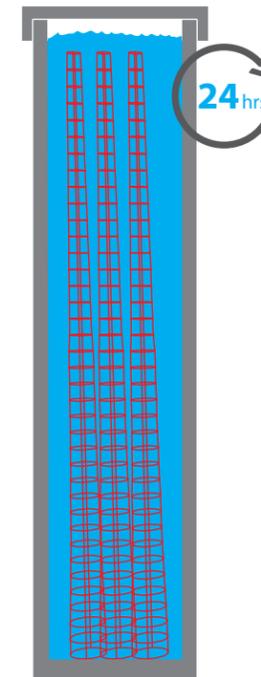


Imagen 66. Cámara de remojo. Elaboración propia.

2.3.2

Preparación de varas

Una vez retiradas de la cámara de remojo, se somete a las varas al proceso artesanal que Rodolfo Castro llama "quitarle la fuerza". Se hacen pequeñas curvas a lo largo de la vara, para luego proceder a realizar una circunferencia de gran radio, que luego se reduce, según el mimbre lo permita.

Demoró acostumbrarse por completo a realizar este proceso, ya que es delicado el punto en donde, en vez de ablandar el mimbre, uno lo termina rompiendo.

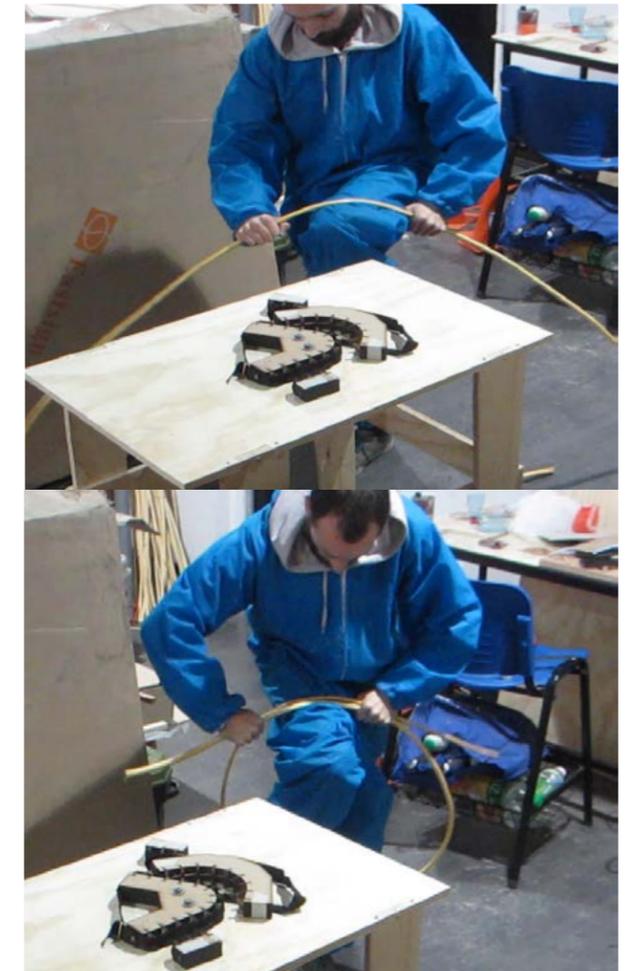


Imagen 67. Preparación de vara. Elaboración propia.

Diseño experimental / muestreo

2.3.3

Muestreo

Para definir el muestreo de las varas primero se debe definir lo siguiente: como la vara de mimbre tiene un diámetro de sección que varía a lo largo de todo su recorrido, se le llamará "diámetro de sección" o "diámetro de mimbre" al valor medido en el punto central, de la curva a realizar, de la vara.

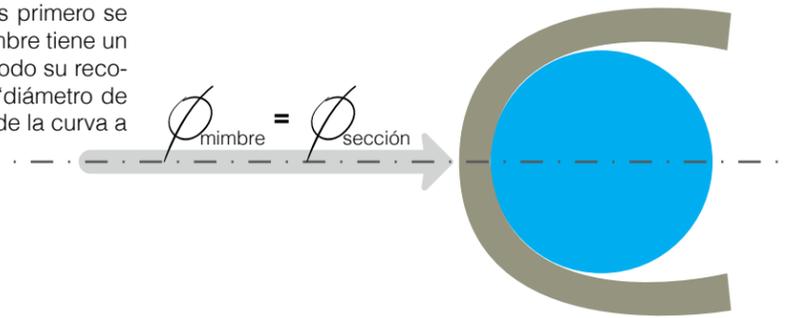


Imagen 68. Diámetro de sección. Elaboración propia.

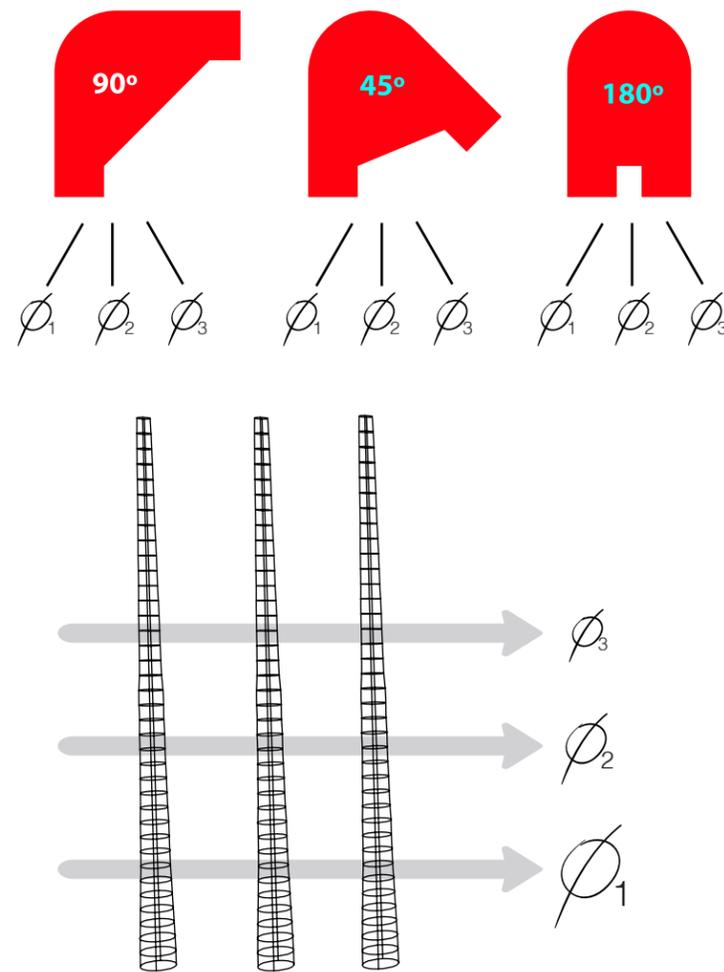


Imagen 69. Muestreo de varas. Elaboración propia.

Se decidió experimentar con tres ángulos de curvatura (90°, 45° y 180°) para así poder establecer una curva del comportamiento de la vara de mimbre. La elección de los ángulos, sigue el criterio de que éstos son los que más se ven en piezas estructurales. El comportamiento en cualquier ángulo intermedio podrá ser interpolado, luego de establecer la curva de comportamiento de la vara.

Adicionalmente, se experimentó con tres diámetros de matriz, donde la menor es aproximadamente 7 veces más grande que el diámetro mayor de vara que se curvó. Una relación aproximada a la mínima obtenida empleando mimbre mediano.

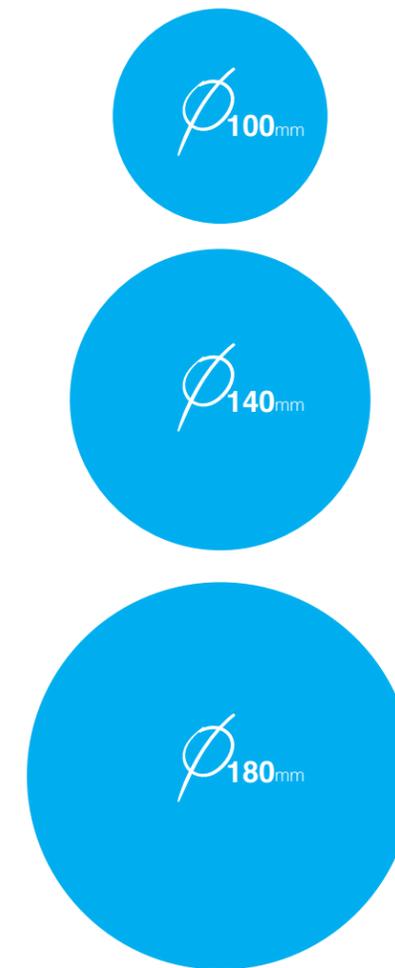


Imagen 70. Diámetros de matrices. Elaboración propia.

En cada experiencia, se utilizaron 3 varas, 1 por cada ángulo a curvar, de las cuales se obtienen 3 diámetros de sección distintos.

La porción de vara que se dejó a ambos lados de la matriz, fue de 10 cm.

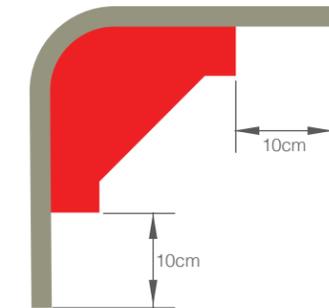


Imagen 71. Estandarización de excedente. Elaboración propia.

Diseño experimental / secado

2.3.4

Secado

Las probetas se secaron durante 18 horas, a 40° C, procurando que el calor sea indirecto. Para la elaboración del horno, se utilizó madera contrachapada y se empleó un calentador eléctrico de aire.



Imagen 72. Horno de secado. Elaboración propia.

2.4 Prototipos

Como establece Ulrich (2010, p.281), los prototipos cumplen diversas funciones: aprendizaje, comunicación, integración y alcance de hitos. Los prototipos pueden ser físicos o analíticos, enfocados o integrales.

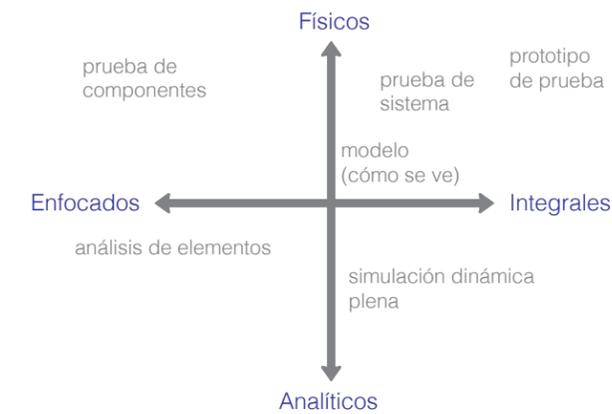


Imagen 73. Tipos de prototipos. Elaboración propia.

Para realizarla, se decidió trabajar mediante corte láser, dado que la intersección de planos perpendiculares permite configurar una serie de puntos de apoyo cóncavos. Adicionalmente, esta tecnología tiene gran precisión, factor que minimizará los errores en el levantamiento de datos posterior.

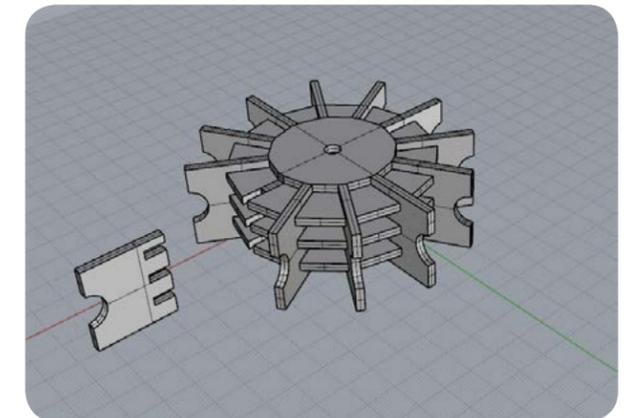


Imagen 75. Prototipo 1, modelo. Elaboración propia.

En este proyecto, los prototipos corresponden a las matrices y sistemas utilizados, para controlar el curvado de las varas de mimbre. La función primordial que tuvieron estos prototipos fue el aprendizaje; cada experiencia aportó a mejorar los prototipos siguientes, tanto en aspectos de manufactura, como de control del proceso de curvado.

2.4.1

Prototipo n°1

Con el objetivo de minimizar la deformación del mimbre en el curvado, se planteó realizar una matriz que tuviera una zona de contacto cóncava entre ésta y la vara de mimbre.



Imagen 74. Sección deformada. Elaboración propia.



Imagen 76. Prototipo 1, construido. Elaboración propia.

Este prototipo fue realizado a escala, con el objeto de familiarizarse con el sistema constructivo y la tecnología empleada. El material utilizado fue MDF de 3mm de espesor, y se trabajó con el software Rhinoceros y el plugin Grasshopper para la parametrización de la geometría de las piezas.

Prototipos

2.4.2

Prototipo n°2

Este prototipo se realizó a escala 1:1. Se modificó la geometría del ensamble entre planos, y se agregaron dos piezas ranuradas, en los extremos superior e inferior, para probar un sistema de sujeción de las varas, a través de cintas o velcro.

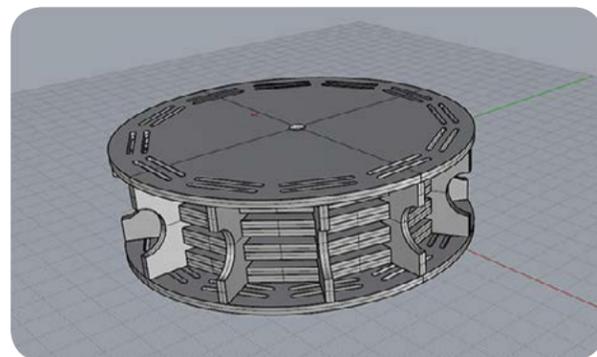
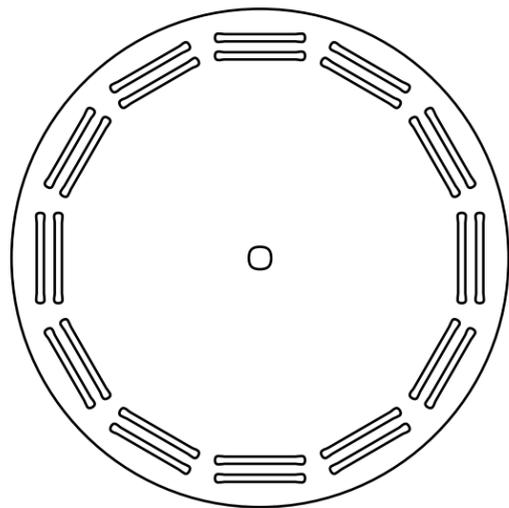
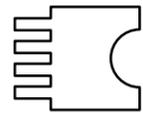


Imagen 77. Prototipo 2, cambios y modelado. Elaboración propia.

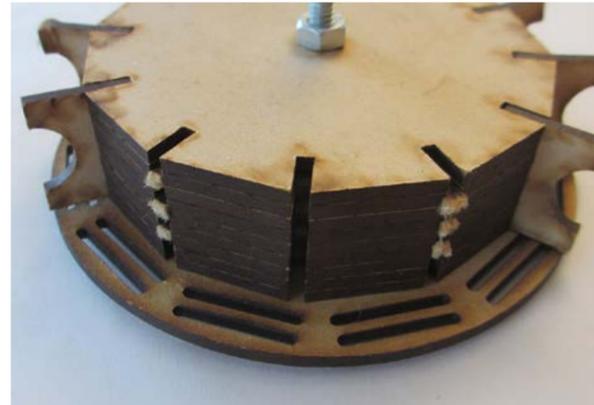


Imagen 78. Prototipo 2, fallas de ensamble. Elaboración propia.

Al ensamblar las piezas del prototipo n°2, fue imposible completar la tarea. Al aumentar la complejidad de los ensambles, se hizo evidente que existían diferencias entre el modelo hecho en software y las piezas fabricadas. Esto significó aumentar la complejidad de la parametrización del modelado de piezas, en donde la pérdida de material por efecto del láser jugó un rol clave.

2.4.3

Prototipo n°3

Para establecer la pérdida de material por efecto del corte láser, se cortó un cuadrado de MDF de 3mm de lado, y luego se midió la distancia entre aristas opuestas.

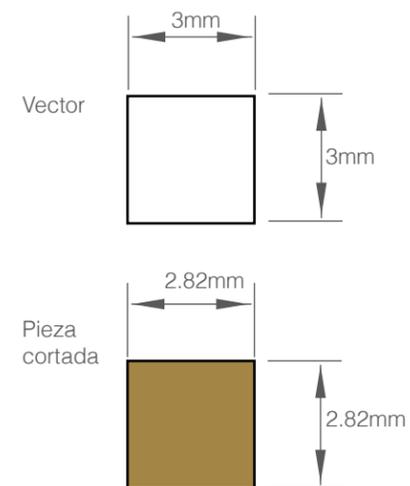


Imagen 79. Evaluación del láser. Elaboración propia.

Asumiendo que la pérdida es simétrica con respecto al centro, la prueba anterior arrojó que el láser remueve **0.09mm** a cada lado del eje central. Por otra parte, también se midió el espesor real del MDF empleado, el cual supera los 3mm que declara el vendedor.

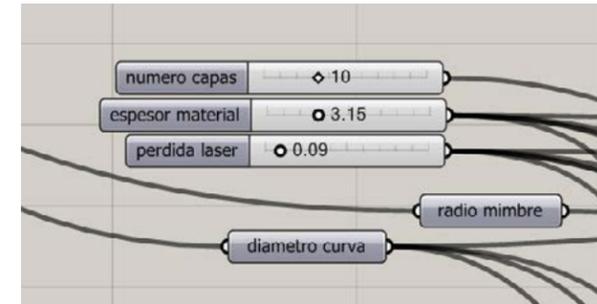


Imagen 80. Inclusión de parámetros. Elaboración propia.

La inclusión de dichos parámetros hizo posible ensamblar, sin problemas, la totalidad de las piezas que configuran el prototipo n°3.

2.4.4

Prototipo n°4

Llegado a este punto, aún no se realizan pruebas de curvado. Se sigue analizando y mejorando la matriz.

Luego de una inspección al prototipo n°3, se decide modificar la costilla central, de manera que haga contacto con la vara de mimbre en todo su recorrido. Asimismo, y pensando en la fuerza que se necesitará emplear, se realizan dos perforaciones a través de la matriz, para así montarla en una superficie y evitar su giro.

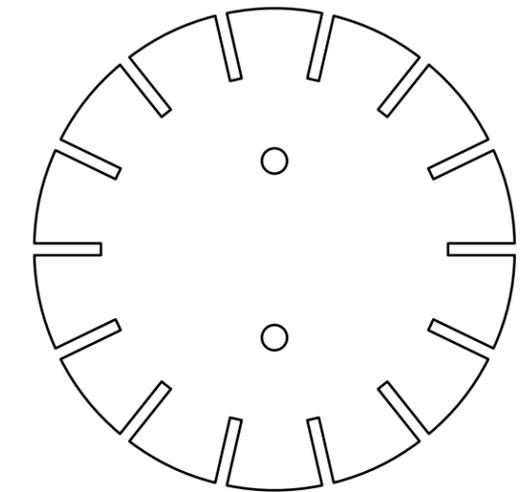


Imagen 82. Perforaciones anclaje. Elaboración propia.



Imagen 81. Prototipo n°4. Elaboración propia.

Prototipos

2.4.5

Prototipo nº5

El prototipo nº5 rescata las ideas de sujeción de la vara presentadas en el diseño nº2. Se añaden tiras de velcro con la ayuda de una engrapadora. Por otro lado, se introduce otra pieza en el sistema de la matriz, con el objeto de utilizar solo una matriz para el curvado, y esta última sirva como matriz de secado. Además, el sistema fue diseñado para que la nueva pieza controle el ángulo de curvado.



Imagen 83. Prototipo nº5. Elaboración propia.



Imagen 84. Curvado con prototipo nº5. Elaboración propia.

Las piezas del sistema fueron fijadas a un soporte de madera, mediante pernos de 1/4 de pulgada. Este soporte fue prensado a la cubierta de una mesa, para poder realizar el curvado.

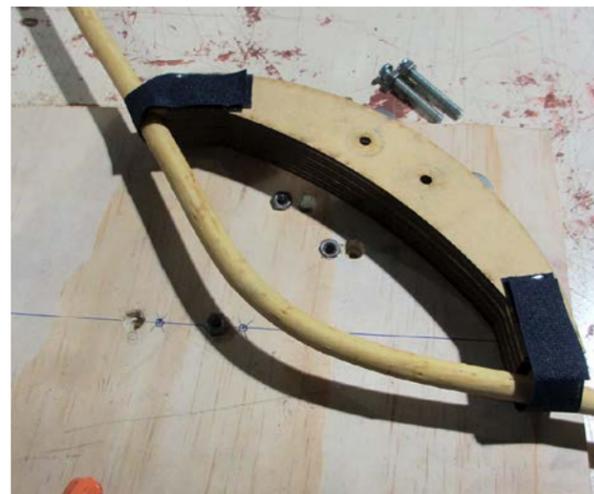


Imagen 85. Falla de velcro. Elaboración propia.

Lamentablemente, el velcro no fue lo suficientemente fuerte para, a partir de los dos puntos mostrados en la imagen de arriba, sujetar y mantener la posición de la vara.

2.4.6

Prototipo nº6

Con el prototipo nº6 se sigue buscando trabajar con velcro, dado que es un sistema de sujeción que presenta gran velocidad de operación. Esta vez se diseña una pieza que servirá tanto para curvar, como para mantener la vara en posición hasta que se seque.

Paralelamente, se probó una variación en este diseño, dado que la construcción de la matriz con costillas de 3.15mm de espesor, hace que la vara quede marcada. Se probó envolviendo una de las matrices con cinta de nylon y evaluar su efecto.

La introducción de la cinta de nylon fue un éxito, sin embargo, el velcro no fue capaz de mantener la vara de mimbre pegada a la matriz, situación que impide una evaluación correcta sobre el ángulo resultante. Se decide desechar el uso de velcro.

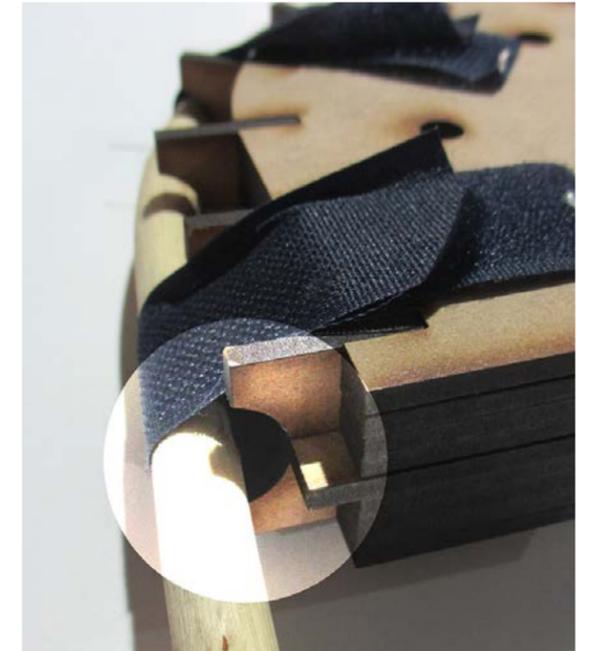


Imagen 86. Falla de velcro 2. Elaboración propia.



sin cinta



con cinta

Imagen 87. Efecto cinta nylon. Elaboración propia.

Prototipos

2.4.7

Prototipo n°7

Dado que la vara de mimbre grueso presenta gran fuerza para retornar a su forma original, se decidió probar la técnica de molde/contra-molde, tradicionalmente usada en curvado de madera. Para ello, se modificó la geometría de la matriz, habilitando espacio para emplear prensas tipo "C" y sargento, y así comprimir la vara entre las piezas involucradas.

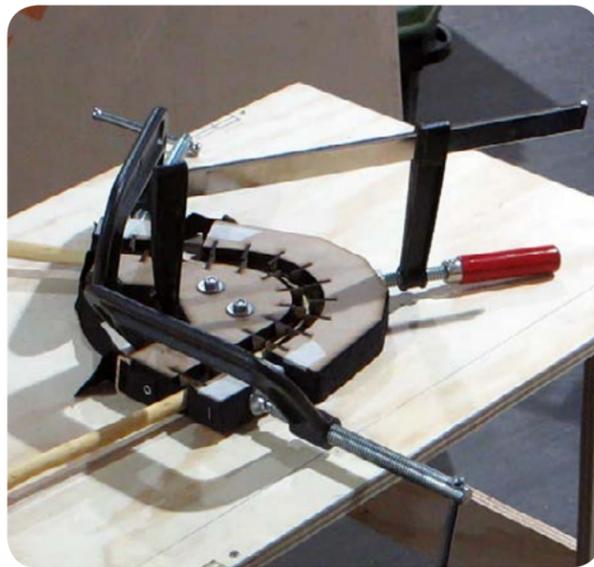
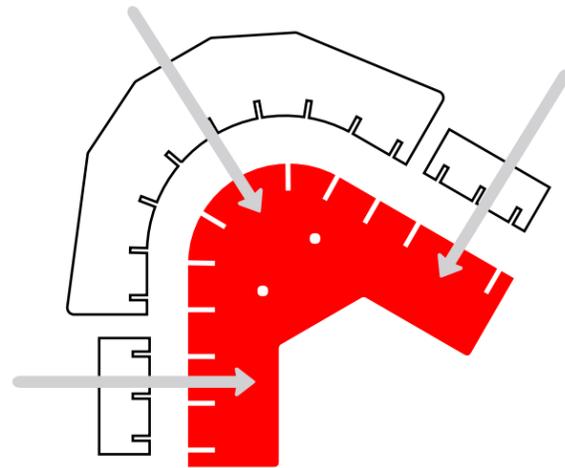


Imagen 88. Prototipo n°7. Elaboración propia.

Luego de curvar algunas varas, se decidió no usar el contra-molde central por dos razones. La primera es que resultó incómodo y lento apretar el sargento en aquella zona, y también porque prensar la vara, en los puntos de inicio y final de la curva, resultó ser suficiente para que ésta se mantuviera en contacto con todo el recorrido de la matriz.

El proceso de curvado concluye amarrando los extremos de la vara por medio de una cinta, para luego proceder a sacarla de la matriz de curvado, y pasarla a la matriz que se confeccionó para secado.

La matriz de secado básicamente es una ranura, en donde se ingresa la vara de mimbre y ésta se opone a la deformación de la vara por la *parte externa* de la curva. Es el mismo tipo de matriz que se utiliza en la industria del ratán, sin embargo, para efectos de precisión en la medición de los ángulos resultantes, es conveniente mantener el lado interno de la curva intacto.



Imagen 89. Matriz de secado, prototipo n°7. Elaboración propia.

2.4.8

Prototipo n°8

En esta experiencia las matrices de secado fueron rediseñadas. Se utilizó madera contrachapada de 15mm de espesor, la geometría de las curvas se cortó por medio de una fresadora CNC, y se agregaron 3 puntos de sujeción con un sistema similar al de las prensas tipo "C". Aquel sistema consiste en un perfil "L" de acero (2mm de espesor) al cual se le hizo un hilo de 1/4 de pulgada, y así ejercer presión a través de un perno. Para aumentar la superficie de contacto, se empleó una tuerca en la punta del perno.

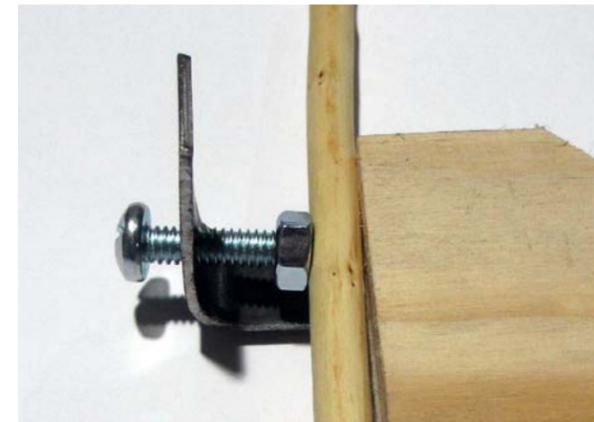


Imagen 90. Matriz de secado prototipo n°8, detalle. Elaboración propia.

Por otra parte, en cuanto al curvado, se decidió probar curvando todas las varas 180°, y luego, al pasarlas a las correspondientes matrices de secado, abrir la curva hasta alcanzar el ángulo correspondiente. El primer punto en fijar de la vara, corresponde al punto medio de la curva que describe.

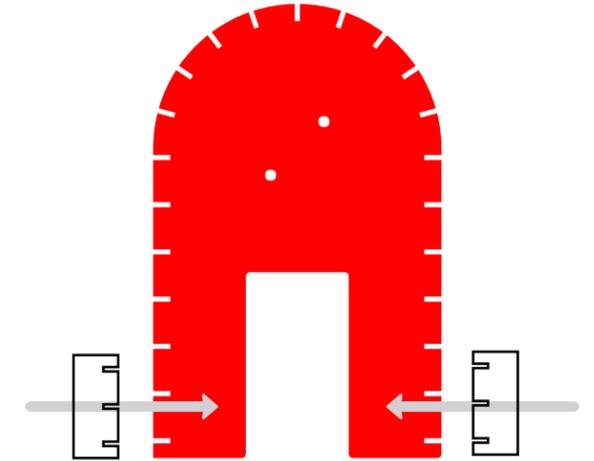


Imagen 91. Matriz de curvado, prototipo n°8. Elaboración propia.



Imagen 92. Matriz de secado, prototipo n°8. Elaboración propia.

Prototipos

Si bien el prototipo n°8 ya permitía realizar el curvado de vara con cierto nivel de control. Su desempeño, tanto en resultados como usabilidad, no fue del todo satisfactorio

La distancia entre los puntos de sujeción, sumada al proceso de traslado entre matrices, provoca una distorsión en la curva por parte de la vara.



Imagen 93. Evaluación, prototipo n°8. Elaboración propia.

2.4.9

Prototipo n°9

Finalmente, se decide desechar la idea de curvar todas las probetas 180°, para luego secarlas a un distinto ángulo. En la siguiente iteración, gran parte de los sistemas del prototipo n°8 se mantienen, y, al mismo tiempo, se reutiliza el concepto presentado en el prototipo n°5.

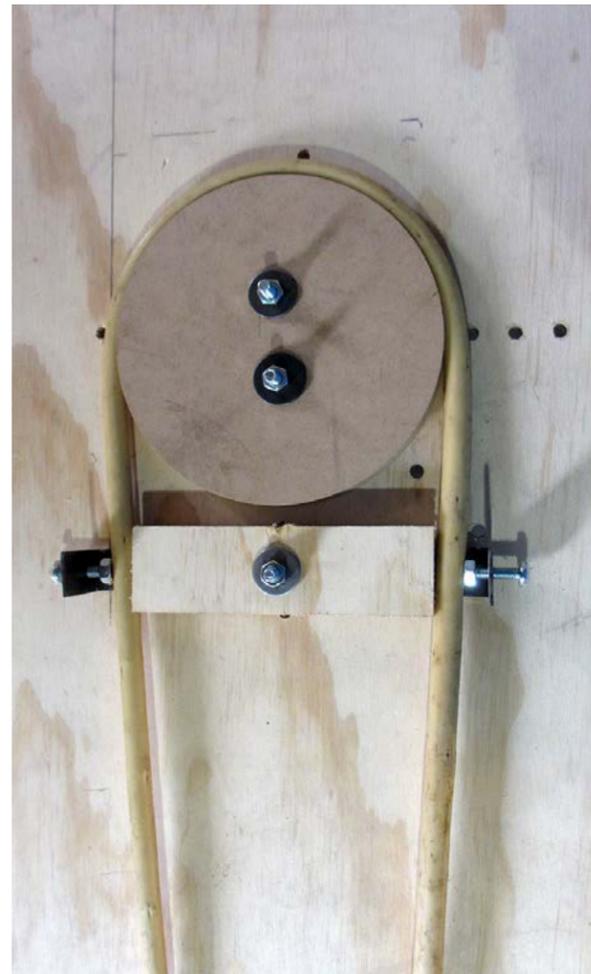


Imagen 94. Prototipo n°9. Elaboración propia.

Como resultado, se obtiene un sistema de curvado en donde la matriz circular se mantiene inmóvil, y define el radio de giro. Y donde la otra pieza define el ángulo de giro y actúa de matriz de secado.

El corte de estas piezas se realizó vía fresadora CNC, sin embargo, se torneó manualmente la concavidad de las matrices circulares.

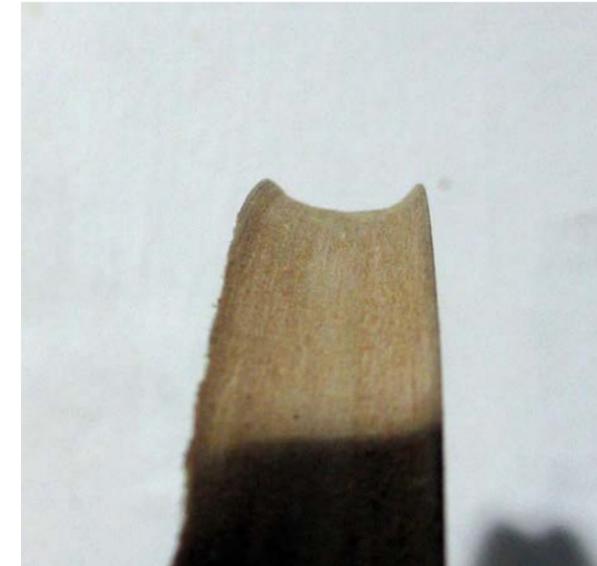


Imagen 95. Matriz circular, detalle. Elaboración propia.

Más tarde, este último proceso se eliminó, ya que de lo contrario, al fijar la vara en la matriz de secado, ésta queda atrapada entre ambas matrices.



Imagen 96. Matrices de secado, p9. Elaboración propia.

Para orientar el posicionamiento de las piezas en cada prueba, se utilizó una placa de MDF cortada con láser, en donde se cortaron las perforaciones de sujeción de todas las piezas a utilizar

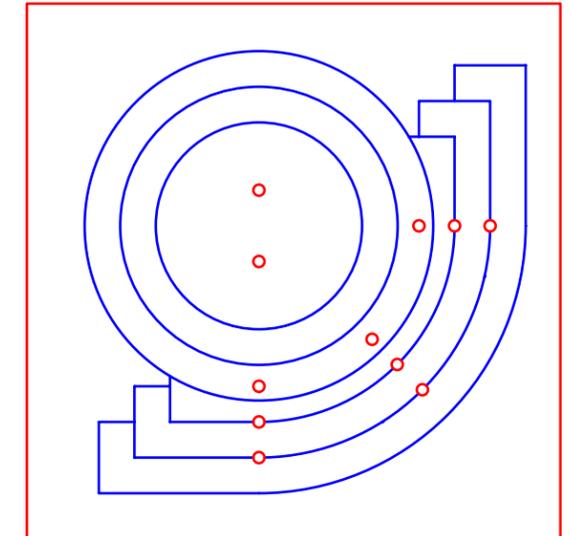


Imagen 97. Vectores de corte, plantilla guía. Elaboración propia.

El sistema no presentó inconvenientes, salvo una leve deformación de la vara en el último tramo de la curva. Esto se solucionó ejerciendo presión en el sentido contrario de la curva, mientras se aprieta el sistema de sujeción.

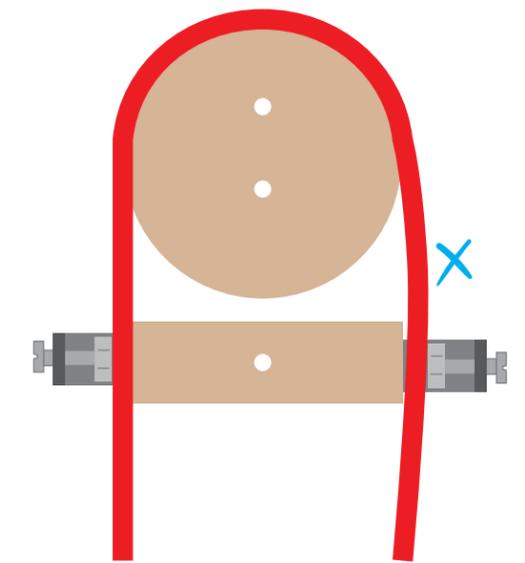


Imagen 98. Deformación de vara, P.n°9. Elaboración propia.

Prototipos

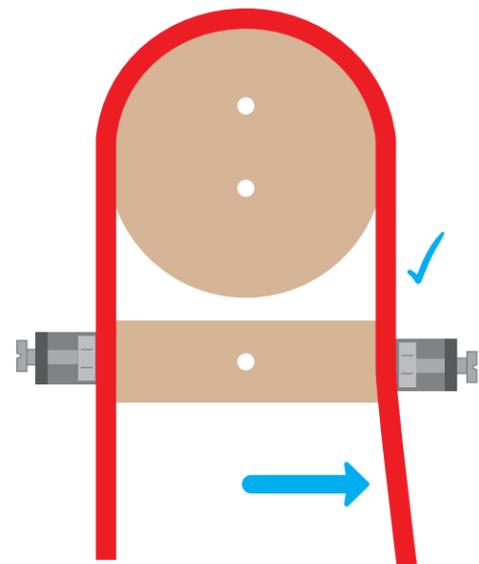


Imagen 99. Corrección deformación, P.nº9 . Elaboración propia.



Imagen 101. P.nº9, 90 grados . Elaboración propia.



Imagen 100. Secado con calor directo . Elaboración propia.



Imagen 102. P.nº9, 45 grados . Elaboración propia.

En un principio, se utilizó calor directo para secar las probetas. Sin embargo, esto también causa una deformación en la vara, ya que, dado el posicionamiento de las matrices de sacado en el horno, un lado se seca más rápido que el otro. Por otra parte, el tiempo de secado, inicialmente, fue de 4 horas, que luego se subió a 18, después de analizar el primer set de probetas.

2.5 Análisis de resultados

Para analizar la geometría de las varas de mimbre post curvado/secado, se empleó la matriz de secado. En un extremo, se marcó el punto medio del sistema de sujeción de la matriz, y también se marcó la vara en dicho punto de contacto. Luego, al soltar este extremo, se puede medir la deformación de la vara, a través de la distancia que se presenta entre dichas marcas. Para obtener mayor precisión de dicha distancia, se descompuso en términos de "eje x" y "eje y".

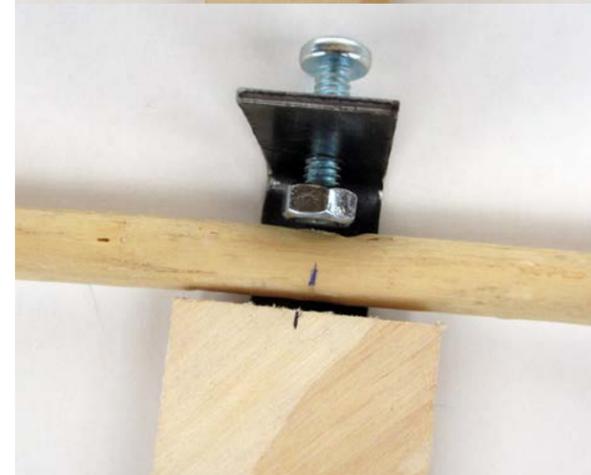
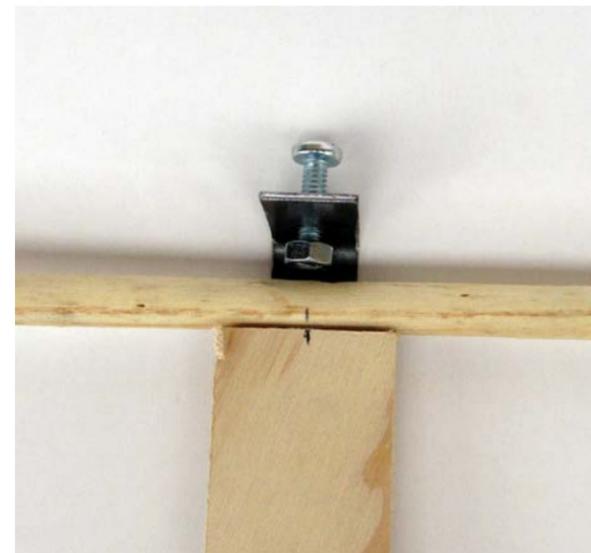


Imagen 103. Marcas de referencia . Elaboración propia.

Como la geometría de las piezas utilizadas están modeladas en un software paramétrico, se puede ingresar la posición de la marca hecha en la vara, y generar una línea entre a partir de dicho punto y una referencia del modelo, como se muestra más abajo.

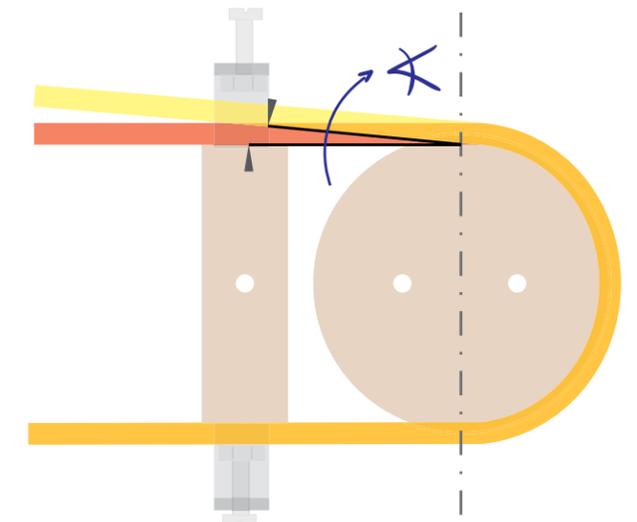


Imagen 104. Medición de ángulo. Elaboración propia.

De esta manera, se puede medir precisamente el ángulo resultante de cada probeta.

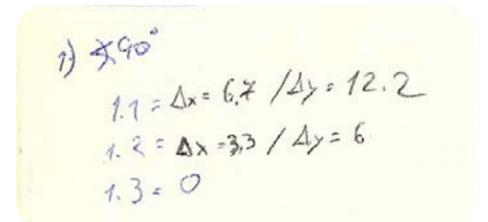


Imagen 105. Medición de distancia entre marcas. Elaboración propia.

Al analizar el primer set de probetas (secadas durante sólo 4 horas), se pudo apreciar una relación proporcional, entre el diámetro de la vara y la deformación que ésta presenta, donde la vara más delgada no tuvo deformación alguna. Por esta razón, se decide probar un set de probetas, incrementando el tiempo de secado a 18 horas, con el objetivo de descartar la influencia de la humedad, en la deformación de las varas.

Análisis de resultados

Aquellas probetas resultaron mejor de lo esperado. Ninguna vara presentó deformación post curvado, luego de 18 horas a 40°C. Cabe destacar que el set de probetas testeado en este punto, corresponde al de diámetro de giro igual a 140mm. Se procedió a probar los mismos parámetros del proceso en los diámetros restantes (100mm y 180mm).



Imagen 106. Probeta diámetro 180mm, ángulo 45. Elaboración propia.

Por otro lado, al curvar con la matriz de 100mm de diámetro, se presentaron roturas en algunas varas, pese a contar con una relación de diámetros entre matriz y vara mayor a 6. Para eliminar el azar en estos resultados, se curvó otro set de probetas con ese diámetro de matriz, obteniendo resultados similares.

Abajo se presenta una tabla en donde se presentan las últimas experiencias realizadas. Se destacaron las probetas en donde hubo falla por parte de la vara, y se muestra la correspondiente relación, entre los diámetros de matriz y vara, de cada probeta.



Imagen 107. Probeta diámetro 180mm, ángulo 45. Elaboración propia.

Las varas curvadas utilizando la matriz de 180mm de diámetro no presentaron efecto “spingback”, pero sí se pudo apreciar una leve deformación en la curva que describe el material. La lejanía entre los puntos de sujeción puede ser la razón de este fenómeno.

		45°			90°			180°		
diámetro matriz (mm)	diámetro vara (mm)	rel matriz/vara	eval	diámetro vara (mm)2	rel matriz/vara3	eval2	diámetro vara (mm)5	rel matriz/vara6	eval3	
	12.12	8.25	1	12.05	8.3	3	13.44	7.44	1	
100	10.51	9.51	4	11.05	9.05	1	11.77	8.5	4	
	9.26	10.8	4	9.03	11.07	4	9.25	10.81	4	
	14.36	9.75	4	14.89	9.4	4	14.07	9.95	4	
140	12.83	10.91	4	13.5	10.37	4	12.22	11.46	4	
	10.59	13.22	4	10.7	13.08	4	10.69	13.1	4	
	13.75	13.09	4	14.05	12.81	4	14.41	12.49	4	
180	11.77	15.29	3	11.84	15.2	3	12.3	14.63	3	
	9.83	18.31	3	9.7	18.56	3	8.47	21.25	3	

Imagen 108. Tabla de análisis de probetas. Elaboración propia.

		45°			90°			180°		
diámetro matriz (mm)	diámetro vara (mm)	rel matriz/vara	eval	diámetro vara (mm)2	rel matriz/vara3	eval2	diámetro vara (mm)5	rel matriz/vara6	eval3	
	12.12	8.25	1	12.05	8.3	3	13.44	7.44	1	
100	10.51	9.51	4	11.05	9.05	1	11.77	8.5	4	
	9.26	10.8	4	9.03	11.07	4	9.25	10.81	4	
	14.36	9.75	4	14.89	9.4	4	14.07	9.95	4	
140	12.83	10.91	4	13.5	10.37	4	12.22	11.46	4	
	10.59	13.22	4	10.7	13.08	4	10.69	13.1	4	
	13.75	13.09	4	14.05	12.81	4	14.41	12.49	4	
180	11.77	15.29	3	11.84	15.2	3	12.3	14.63	3	
	9.83	18.31	3	9.7	18.56	3	8.47	21.25	3	

Imagen 109. Resultados destacados. Elaboración propia.

Al observar la tabla, llama la atención la comparación de los valores que se dejaron visibles en la imagen de arriba. Si bien la relación de diámetro entre matriz/vara es levemente superior en la fila inferior, los diámetros de las varas son considerablemente mayores. Esto abre la posibilidad de que exista otro factor, que en conjunto a la relación de diámetros matriz/vara, gobierne los límites del curvado de este material.

A través de este proceso de experimentación, queda demostrado que el comportamiento de la vara de mimbre, en cuanto a sus posibilidades de curvado, no es lineal. Es decir, los datos levantados para mimbre mediano, no aplican de igual manera para las varas de mimbre grueso.

Según el análisis, para curvar mimbre grueso, se recomienda utilizar una relación de diámetros matriz/vara igual a **10**.

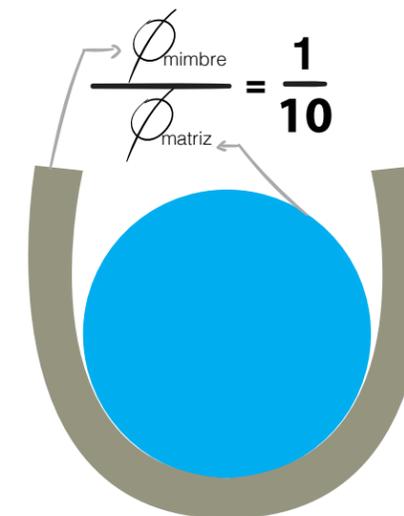


Imagen 110. Relación mimbre/matriz en vara gruesa. Elaboración propia.

3.CONCLUSIONES

Conclusiones

3.1 De la experimentación

Desde el inicio de la etapa de experimentación de este proyecto, se trabajó con la hipótesis de que la relación entre el diámetro de la vara, diámetro de matriz y ángulo de curvado eran los factores más importantes del proceso de curvado. Esto significó que, en el proceso de diseño de los primeros prototipos de matrices, se hizo énfasis en el control de la geometría, en generar los distintos ángulos y radios de giro (la hipótesis inicial de este estudio). Sin embargo, al realizar la primera experiencia de curvado (con prototipo n° 5), se hizo patente resolver otros problemas, antes de pensar en sistematizar las variables de la experimentación, e integrarlas en el diseño de las matrices. Por ejemplo, se subestimó la cantidad de fuerza requerida, para mantener las varas en completo contacto con las matrices, durante el proceso de secado.

De todas maneras, aquel contratiempo fue sorteado, y se recuperó una visión sistemática sobre el proceso experimental. Es por esta razón que, al encontrar una probeta que mantuvo la forma por completo, se variaron las condiciones de secado; cabía la posibilidad de que el efecto "springback" pudiese ser eliminado en el proceso, y así fue.

3.2 Aplicaciones al diseño

Dados los antecedentes presentados de la artesanía en mimbre, llama la atención el uso del clavo como elemento de unión en una variedad de situaciones. Ya que este daña la superficie del mimbre, reduciendo la vida útil de los objetos realizados a partir de este material y técnica. Es más, dado que la médula del mimbre es blanda, el uso de clavos no proporciona el soporte suficiente para que actúen por sí solos, requiriendo el uso de trenzado de huiras en las uniones para hacerlas más fuertes.

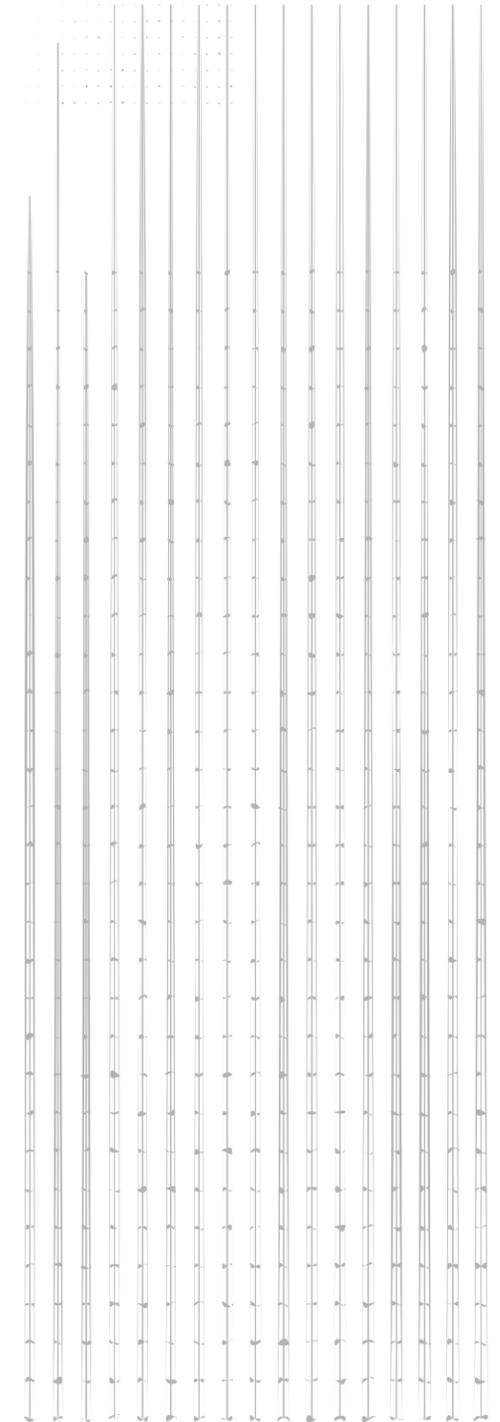
El caso de estudio presentado, el Sillón Tronco Moño de 2 cuerpos, requiere una gran cantidad de soportes estructurales, debido a las débiles uniones, vía clavos, entre las varas de mimbre, y por los cortes oblicuos realizados a las varas, para describir los ángulos agudos dados en el diseño de su estructura.

La información levantada en este proyecto puede aportar al rediseño de ese tipo de mobiliario, ya que propone una serie de consideraciones que permiten un mayor control del curvado de la vara de mimbre, y por ende, de la geometría de los objetos desarrollados con dicha técnica. Se puede rediseñar la geometría de la estructura de aquel sillón, y hacer que los encuentros entre varas sean completamente paralelos, eliminando la necesidad de clavarlas antes de trenzarlas con huiras.

Por otro lado, los datos levantados en este proyecto pueden ser utilizados para realizar exploraciones formales de este material vía algoritmos, y luego proyectar los sistemas de matrices que permitan su fabricación. Asimismo, dicha mirada es compatible con los conceptos del "paracrafting", en donde el diseño, después de ser concebido en un entorno digital, se desliga de éste, operando en el mundo físico, a través de una parametría "análoga".

Este paradigma de diseño es idóneo para integrarse al mundo de la artesanía, ya que los artesanos no manejan herramientas digitales, pero sí podrían manejar una herramienta paramétrica física; y diseñar/fabricar en función de ésta.

Esto puede ser de gran beneficio para el mundo de la artesanía en mimbre, ya que se ampliaría el repertorio morfológico de los objetos que tradicionalmente se fabrican. Y, por otro lado, porque la artesanía en mimbre, utilizando varas, formaría parte de una de las tendencias mundiales del diseño, que es el diseño paramétrico.



Referencias

Abalos, M. (1998). De la producción al consumo, INFOR, Santiago.

Arriaza, N. (2014). *Experimentación para la sistematización paramétrica del curvado de la Vara de Mimbre Maduro Blanco "Salix Viminalis"*. Investigación base memoria, Universidad de Chile.

Bralla, J. (2007). Handbook of Manufacturing Processes

Consejo Nacional de la Cultura y las Artes. (2008). Chile Artesanal Patrimonio hecho a mano, CNCA, Santiago

Digital Crafting Network. (2012). *Digital Crafting, Research 2009-2011*. Recuperado de <http://www.digitalcrafting.dk/>

Fortune, M. (2007, 1 de Septiembre). Free-form-steam-bending. *Fine Woodworking*, 193, 96-98.

Instituto Forestal INFOR (2002). Silvicultura y Producción. "Sauce-Mimbre Salix spp". Santiago, Chile.

Krish, S. (2011). Post parametric revolution. Recuperado de <https://generativedesign.wordpress.com/2011/10/04/post-parametric-revolution/>

Martel J. y Pacheco R. (2014). *Experimentación objetual, a través de tejido y hormas con micro-huira*. Investigación base memoria, Universidad de Chile.

Modelab. (s.f.). Grasshopper primer. Recuperado de <http://modelab.is/grasshopper-primer/>

Molinare, A. (2011, 9 de Noviembre). *¿Qué es el diseño paramétrico?*. Extraído desde <http://www.plataformaarquitectura.cl>

Sesnic, D. (2013). *Diseño Paramétrico y Mimbre*. Memoria para optar al título de Diseñador Industrial, Universidad de Chile.

Silva, C. (2014). *MIMBRE, nuevas morfologías y desarrollo de patrones cromáticos y textiles*. Investigación base memoria, Universidad de Chile.

Thompson, R. (2007). Manufacturing Processes for Design Professionals, UK.

Ulrich, K. y Eppinger, S. (2009). Diseño y desarrollo de productos, México.

Vargas, C., Nascimento, M., Bolzon, G., y Nisgoski, S. (2012). Physical and mechanical properties of four salix species. *Ciência da Madeira*, v03, n02, 80-90.

Índice de imágenes

Imagen 1. Sauce <i>babylonica</i> o llorón.	15		
Imagen 4. Sauce <i>babylonica</i> o llorón.	15		
Imagen 2. <i>Salix viminalis</i> . Elaboración propia.	15		
Imagen 3. Huirá. Elaboración propia.	15		
Imagen 5. Varilla mimbre cocido	16		
Imagen 6. Atados de mimbre. Martel y Pacheco, 2014	16		
Imagen 7. Sección de vara. Elaboración propia.	17		
Imagen 8. Número de varas en un atado de mimbre, según grosor. Elaboración propia.	18		
Imagen 9. Medición de sección de varas. Elaboración propia.	18		
Imagen 10. Variación de sección de varas. Elaboración propia.	18		
Imagen 11. Módulo de elasticidad en tensión. (Vargas et al., 2012)	19		
Imagen 12. Módulo de elasticidad en tensión. (Vargas et al., 2012)	19		
Imagen 13. Cuña.	20		
Imagen 15. Descostilladora. Elaboración propia.	21		
Imagen 14. Descarnadora. Elaboración propia.	21		
Imagen 16. Descostilladora, detalle. Elaboración propia.	22		
Imagen 17. Tijera, cuchillo, martillo.	22		
Imagen 18. Esquema de matriz. Elaboración propia.	23		
Imagen 19. Curvado Manual. Elaboración Propia.	24		
Imagen 20. Curvado Manual 2	24		
Imagen 21. Uniones. Elaboración Propia.	25		
Imagen 22. Ligadura en unión. Elaboración propia.	25		
Imagen 23. Matriz base sillón. Arriaza, 2014	26		
Imagen 24. Matriz base sillón. Arriaza, 2014	26		
Imagen 25. Armado estructura. Elaboración propia.	27		
Imagen 26. Render esqueleto, Etapa Ensamblaje Bases 2. Arriaza, 2014	27		
Imagen 27. Render esqueleto, Etapa Ensamblaje Bases 2. Arriaza, 2014	27		
Imagen 28. Cortes oblicuos. Elaboración propia	27		
Imagen 30. Refuerzo. Elaboración propia	28		
Imagen 29. Midiendo diagonales. Elaboración propia	28		
Imagen 31. Render esqueleto, Etapa Refuerzos Interiores. Arriaza, 201.	28		
Imagen 33. Esqueleto sillón tronco moño. Elaboración propia	29		
Imagen 32. Varas frontales. Elaboración propia	29		
Imagen 34. Taburetes de acero curvado.	30		
Imagen 35. Doblado de tubos. Thompson, 2007.	30		
Imagen 36. Distintos mandriles. Bralla, 2007.	30		
Imagen 37. Relación entre diámetro de sección de un tubo de acero y el diámetro mínimo de curva a realizar. Elaboración propia.	31		
Imagen 38. Dobladora CNC.	31		
Imagen 39. Dobladora manual.	31		
Imagen 40. Silla Thonet 214			
fuelle: http://xn--iconosdeldiseo-2nb.com/214-THONET	32		
Imagen 41. Cámara de vapor casera.	32		
Imagen 42. Lámina de metal (Thompson, 2007, p.200)	33		
Imagen 43. Curvado de madera-	33		
Imagen 44. Fallas en curvado.	34		
Imagen 45. Matriz de curvado ratán 2.	34		
Imagen 46. Matriz de curvado ratán 3.	34		
Imagen 47. Matriz de curvado ratán.	35		
Imagen 49. Diseño paramétrico, texturas.			
fuelle: http://www.grasshopper3d.com/photo/022b/next?context=user	36		
Imagen 48. Diseño paramétrico. Molinere, 2011.	36		
Imagen 50. Diseño generativo. Fuente: http://www.generative-gestaltung.de/M_2_5_02_TOOL	37		
Imagen 51. Nervous System, carcasa. Fuente: http://n-e-r-v-o-u-s.com/	37		
Imagen 52. Superficie realizada en Grasshopper.	38		
Imagen 54. Rhino3D y Grasshopper. Elaboración propia	38		
Imagen 53. Suma de dos números. Elaboración propia	38		
Imagen 55. Suple. http://gt2p.com/	39		
Imagen 56. Digital crafting suple. http://gt2p.com/	39		
Imagen 58. Less CPP N°1, detalle. http://gt2p.com/			40
Imagen 59. Less, detalle. http://gt2p.com/			40
Imagen 57. CPP N°1. http://gt2p.com/			40
Imagen 60. Familia Less 1. http://gt2p.com/			41
Imagen 61. Familia Less 2. http://gt2p.com/			41
Imagen 62. Matriz MDF_1 Taller DT. Elaboración propia.			45
Imagen 63. Análisis de probetas taller "DT" 2014. Elaboración propia.			46
Imagen 65. Probeta con relación 1 es a 6. Elaboración propia.			47
Imagen 64. Relación sección mimbre/matriz. Elaboración propia.			47
Imagen 66. Curvando mimbre. Elaboración propia.			48
Imagen 67. Cámara de remojo. Elaboración propia.			49
Imagen 68. Preparación de vara. Elaboración propia.			49
Imagen 70. Muestreo de varas. Elaboración propia.			50
Imagen 69. Diámetro de sección. Elaboración propia.			50
Imagen 71. Diámetros de matrices. Elaboración propia.			51
Imagen 72. Estandarización de excedente. Elaboración propia.			51
Imagen 73. Horno de secado. Elaboración propia.			52
Imagen 74. Tipos de prototipos. Elaboración propia.			53
Imagen 75. Sección deformada. Elaboración propia.			53
Imagen 76. Prototipo 1, modelo. Elaboración propia.			53
Imagen 77. Prototipo 1, construido. Elaboración propia.			53
Imagen 78. Prototipo 2, cambios y modelado. Elaboración propia.			54
Imagen 79. Prototipo 2, fallas de ensamble. Elaboración propia.			54
Imagen 80. Evaluación del láser. Elaboración propia.			54
Imagen 81. Inclusión de parámetros. Elaboración propia.			55
Imagen 82. Prototipo n°4. Elaboración propia.			55
Imagen 83. Perforaciones anclaje. Elaboración propia.			55
Imagen 84. Prototipo n°5. Elaboración propia.			56
Imagen 85. Curvado con prototipo n°5. Elaboración propia.			56
Imagen 86. Falla de velcro. Elaboración propia.			56
Imagen 88. Efecto cinta nylon. Elaboración propia.			57
Imagen 87. Falla de velcro 2. Elaboración propia.			57
Imagen 89. Prototipo n°7. Elaboración propia.			58
Imagen 90. Matriz de secado, prototipo n°7. Elaboración propia.			58
Imagen 91. Matriz de secado prototipo n°8, detalle. Elaboración propia.			59
Imagen 93. Matriz de secado, prototipo n°8. Elaboración propia.			59
Imagen 92. Matriz de curvado, prototipo n°8. Elaboración propia.			59
Imagen 94. Evaluación, prototipo n°8. Elaboración propia.			60
Imagen 95. Prototipo n°9. Elaboración propia.			60
Imagen 96. Matriz circular, detalle. Elaboración propia.			61
Imagen 97. Matriz circular, detalle. Elaboración propia.			61
Imagen 98. Vectores de corte, plantilla guía. Elaboración propia.			61
Imagen 99. Deformación de vara, P.n°9. Elaboración propia.			61
Imagen 100. Corrección deformación, P.n°9. Elaboración propia.			62
Imagen 101. Secado con calor directo. Elaboración propia.			62
Imagen 102. P.n°9, 90 grados. Elaboración propia.			62
Imagen 103. P.n°9, 45 grados. Elaboración propia.			62
Imagen 104. Marcas de referencia. Elaboración propia.			63
Imagen 105. Medición de ángulo. Elaboración propia.			63
Imagen 106. Medición de distancia entre marcas. Elaboración propia.			63
Imagen 107. Probeta diámetro 180mm, ángulo 45. Elaboración propia.			64
Imagen 109. Tabla de análisis de probetas. Elaboración propia.			64
Imagen 108. Probeta diámetro 180mm, ángulo 45. Elaboración propia.			64
Imagen 110. Resultados destacados. Elaboración propia.			65
Imagen 111. Relación mimbre/matriz en vara gruesa. Elaboración propia.			65

4.ANEXOS

Diámetros de sección a lo largo de varas.

Distancia a base (cm)	diámetro sección																	
	(mm)	(mm)																
0	12.8	12.86	12.65	13.57	13.54	13.26	14.25	14.55	14.92	15.29	15.23	15.42	16.47	16.16	16.67	17.26	17.95	17.17
10	12.54	11.63	11.62	13.55	13.52	12.7	13.63	14.22	14.64	14.19	14.87	14.99	15.94	14.8	15.34	16.14	16.93	17.11
20	11.8	10.86	11.25	13.38	12.53	12.45	13.32	13.92	13.95	13.83	14.64	14.64	15.49	14.31	14.69	15.16	15.75	16.91
30	11.55	10.39	11	12.59	12.71	12.21	12.67	13.05	13.57	14.91	13.16	14.11	14.75	13.95	14.12	15.05	15.65	16.14
40	11.21	10.53	11.18	12.41	11.94	12.25	12.46	13.43	13.17	13.4	12.7	13.56	14.23	13.87	14.07	14.3	15.4	15.68
50	10.72	10.45	11.33	12.18	11.55	12.18	12.13	12.69	13.16	12.59	12.71	13.27	13.96	13.66	13.79	14	15.52	15.09
60	10.75	9.94	11.43	12.6	11.33	11.74	11.71	12.6	12.8	11.99	13.47	13.38	13.42	13.33	13.73	13.45	14.56	14.68
70	10.34	9.9	11.19	11.88	11.03	11.81	11.38	12.16	12.49	11.81	12.98	13.37	13.51	13.19	13.58	13.26	14.44	14.01
80	10.08	9.72	10.94	11.3	11.02	11.54	11.44	12.36	12.42	11.55	12.48	12.8	13.03	13.54	12.96	12.86	13.89	13.97
90	9.88	9.81	10.8	11.07	10.54	11.53	11.22	11.89	12.47	11.6	11.8	13.04	13.02	12.38	12.85	12.88	13.61	13.49
100	9.59	9.82	10.87	10.92	10.29	11.23	10.83	12.1	11.94	11.47	11.62	12.66	12.78	12.09	12.43	12.53	13.89	13.51
110	9.61	9.14	10.46	10.46	9.75	10.69	10.68	11.45	11.2	11.17	11.35	11.66	12.26	11.67	11.67	11.73	13.13	12.89
120	9.69	8.92	9.9	10.21	9.92	10.34	10.01	11.44	11.25	10.84	10.78	11.58	12.21	11.63	11.37	12.2	12.55	12.54
130	9.34	8.87	9.42	9.99	9.47	10.09	10	10.9	10.95	10.61	10.4	11.27	12.21	11.35	11.22	11.28	12.23	12.54
140	8.83	8.44	9.44	9.95	9.17	9.71	9.85	10.58	10.61	10.53	10.89	11.07	11.82	11.04	10.86	11.43	12.01	12.01
150	8.37	8.24	9.06	9.7	8.78	9.74	9.39	10.66	10.26	10.03	9.82	10.98	11.58	10.82	10.69	10.6	11.59	11.8
160	8.22	8.3	9.16	8.53	9.46	9.21	10.3	10.3	10.28	10.52	10.15	10.83	11.05	10.35	10.59	10.5	11.36	11.93
170	7.96	7.87	8.94	9.31	8.45	9.18	9.15	9.8	9.88	9.8	9.78	10.62	10.84	10.41	10.62	10.17	11.07	11.38
180	8.3	7.61	8.73	9.15	8.44	9.18	9.03	10	9.64	9.87	9.5	10.46	10.42	9.84	10.27	10.41	10.89	11.5
190	7.38	7.72	8.21	9.25	8.66	9.02	9.11	9.94	9.91	9.58	9.88	10.64	10.17	10.34	10.18	10.33	10.65	11.3
200	7.17	7.65	7.62	8.44	8.01	8.35	8.46	9.31	9.49	9.2	8.7	10.04	9.95	9.42	9.64	10.14	11.43	10.36
210	7.3	6.97	7.83	8.05	7.44	8.37	8.3	8.87	8.87	8.91	8.64	8.56	9.79	9.36	9.81	9.6	10.06	10.05
220	7.39	6.85	7.85	7.85	7.3	8.06	8.13	8.57	8.65	7.84	8.31	9.36	9.31	9.06	9.23	8.82	9.9	9.72
230	6.7	6.53	7.12	7.52	6.88	7.94	7.56	8.07	8.65	7.84	8.53	9.15	9.06	8.59	8.5	8.5	10.16	9.59
240	6.5	6.28	6.9	7.52	6.86	7.9	7.57	8.18	8.37	7.72	8.15	8.88	9.24	8.57	8.34	8.52	9.27	9.52
250	5.45	6.16	6.54	7.52	6.5	7.38	7.5	7.93	8.62	7.35	7.65	8.78	8.63	8.35	8.18	8.1	8.7	9.28
260	5.68	5.76	6.36	7.55	6.33	6.86	6.9	7.49	8.15	7.31	7.29	8.22	8.12	7.85	8.09	8.3	8	8.77
270	5.49	5.51	6.17	7.27	6	6.72	6.95	7.24	7.8	7.54	6.94	8.06	8.62	7.57	7.8	7.35	8.14	8.81
280	4.69	5.45	6.12	6.95	5.95	6.19	6.94	6.85	7.59	6.84	6.95	7.94	7.09	7.75	7.75	7.07	7.8	8.48
290	4.13	4.85	5.38	6.29	5.59	5.96	6.84	6.57	7.06	6.35	6.88	7.66	6.5	7	7.79	6.49	7.21	8.1
300	4.02	4.63	5.18	6.29	5.31	6.06	6.05	6.47	7.27	6.16	6.29	7.07	6.12	6.71	7.88	6.42	6.71	7.8
310	4.08	4.09	6.17	5.39	6.21	5.95	6.21	6.68	6.68	5.87	5.74	6.68	5.9	6.39	6.52	6.12	6.53	7.47
320	3.07	3.86	6	4.75	5.36	5.94	5.48	6.26	5.8	5.81	6.62	5.73	6.06	6.25	5.91	6.26	7.35	7.35
330	3.64	3.64	5.6	4.56	5.35	5.34	5.6	5.85	5.85	6.03	5.2	6.33	5.36	5.89	6.15	5.76	6.06	7.17
340	3.27	3.27	4.46	4.46	4.76	5.17	4.88	5.38	5.73	5.41	4.75	4.98	4.98	6.16	5.87	6.54	6.26	7.17
350	2.8	2.8	4.88	4.06	4.76	5.11	4.85	5.17	4.7	4.7	4.6	5.82	4.44	5.65	5.23	5.08	5.95	6.6
360	2.23	2.23	4.58	3.9	3.8	4.6	4.37	4.8	4.37	4.8	4.69	4.22	4.22	5.62	5.02	4.91	4.91	6.43
370	4.21	3.06	3.47	3.83	3.94	4.67	4.58	3.73	6.21	4.3	5.42	4.42	4.42	3.91	4.76	6.04	6.04	6.04

Datos tabulados, experimentación taller Tapia/Díaz

nombre	codigo	alto atado (M)	VARA DE TESTEO		CURVA	PROCESO		RESULTADOS							
			largo (cm)	diámetro (mm)		técnica	grados (°)	humectación (°C)	T - Humecta (hrs)	º secado (°C)	T - Secado (hrs)	tipo de secado	Curva	Sección del mimbre	
Carlos Cárdenas	P11	2	186.0	2.9	30	matriz	180	remojo	37	2	12	12	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P12	2	186.0	2.5	30	matriz	180	remojo	37	2	12	12	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P01	2	22.0	6.5	40	matriz	180	remojo	37	2	60	0.25	calor directo	4	4
Carlos Cárdenas	P06	2	16.0	6.2	45	matriz	180	remojo	18	1	12	10	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P01	2	180.0	6.5	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P02	2	180.0	6.0	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P04	2	180.0	5.3	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P05	2	19.1	4.8	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	V01	2	120.0	4.5	60	matriz	360	remojo	37	2	60	0.25	calor directo	4	4
Carlos Cárdenas	P02	2	22.0	3.7	10	matriz	180	remojo	37	2	60	0.17	calor directo	3	4
Carlos Cárdenas	P10	2	186.0	4.5	30	matriz	180	remojo	37	2	12	12	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P07	2	180.0	5.8	40	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P03	2	180.0	4.0	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P06	2	180.0	4.0	50	matriz	180	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P05	2	19.1	3.9	10	matriz	180	remojo	18	5	11	8	ambiente	2	3
Carlos Cárdenas	P03	2	20.7	3.7	20	matriz	180	remojo	18	5	19	8	ambiente	4	2
Carlos Cárdenas	P04	2	19.1	4.3	25	matriz	180	remojo	18	5	11	8	ambiente	4	2
Carlos Cárdenas	P13	2	191.0	6.3	30	matriz	180	remojo	37	2	60	0.25	calor directo	2	2
Carlos Cárdenas	P08	2	186.0	6.0	30	matriz	180	remojo	37	2	12	12	ambiente	2	2
Carlos Cárdenas	P09	2	186.0	5.4	30	matriz	180	remojo	37	2	12	12	ambiente	2	2
Giselli Marazzo	P07	2	22.0	4.3	10	matriz	180	remojo	x	0	12	10	ambiente	1	1
Giselli Marazzo	P13	2	45.0	5.0	30	matriz	180	remojo	100	0.5	19	9	ambiente	4	4
Giselli Marazzo	P02	2	50.0	4.5	90	matriz	360	remojo	28	4	15	5	ambiente	4	4
Giselli Marazzo	P06	2	18.0	3.0	x	matriz	360	manual / matriz	17	0.5	600	0.0055	calor directo	4	3
Giselli Marazzo	P01	2	70.0	5.0	75	matriz	360	manual / matriz	28	4	15	5	ambiente	3	3
Giselli Marazzo	P04	2	70.0	3.0	10	matriz	90	matriz	25	4	15	6	ambiente	2	1
Ignacio Araneda	P00	2	27.0	3.5	42	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	32.0	2.5	42	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	29.0	4.8	50	matriz	180	matriz	15	4	amb	2	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	29.0	4.8	50	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	27.0	4.4	80	matriz	360	matriz	15	4	25	2	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	27.0	4.4	80	matriz	360	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	37.0	3.2	80	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	36.0	6.8	180	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	28.0	5.3	50	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	4	3
Ignacio Araneda	P00	2	29.0	1.8	15	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	3	3
Ignacio Araneda	P00	2	29.0	5.2	100	matriz	180	matriz	12	8	32	4	calor indirecto	3	3
Ignacio Araneda	P00	1.8	100.0	6.0	10	matriz	60	matriz	15	4	25	2	ambiente	2	2
Ignacio Araneda	P00	1.8	150.0	7.0	20	matriz	108	matriz	15	4	amb	2	ambiente	2	2
Ignacio Araneda	P00	1.8	100.0	6.0	20	matriz	60	matriz	15	4	25	2	ambiente	2	2
Ignacio Araneda	P00	1.8	150.0	7.0	35	matriz	90	matriz	15	4	amb	2	ambiente		

Análisis de datos, experimentación taller Tapia/Díaz

nombre	codigo	alto atado (M)	VARA DE TESTEO			CURVA		PROCESO		RESULTADOS						
			largo (cm)	diámetro (mm)	diámetro (mm)	diámetro (mm)	grados (°)	relación curva/diámetro vara	técnica	humectación	t° humecta (°C)	T - Humecta (hrs)	t° secado (°C)	T - Secado (hrs)	tipo de secado	Curva
Ignacio Araneda	P00	2	36.0	6.8	180	180	26.47	manual / matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	37.0	3.2	80	180	25.00	manual / matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Valentina Oyarzún	P18	2	25.5	3.8	80	360	21.05	matriz	remojo	18	17	20	7	ambiente	4	4
Giselli Marazzo	P02	2	50.0	4.5	90	360	20.00	manual / matriz	remojo	28	4	600	0.25	calor directo	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	27.0	4.4	80	180	18.18	manual / matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Giselli Marazzo	P03	2	100.0	4.0	70	360	17.50	matriz	remojo	28	4	15	5	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P19	2	32.0	5.2	90	360	17.31	matriz	remojo	18	17	20	7	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	32.0	2.5	42	180	16.80	matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Valentina Oyarzún	P22	2	35.2	6.5	100	360	15.38	matriz	remojo	18	17	20	7	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P10	2	36.0	2.8	40	90	14.29	matriz	remojo	15	4	25	2	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	1.8	150.0	5.5	75	360	13.64	matriz	remojo	15	4	25	2	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P17	2	24.5	5.2	70	360	13.46	matriz	remojo	18	17	20	7	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	V01	2	120.0	4.5	60	360	13.33	matriz	remojo	37	2	60	0.25	calor directo	4	4
Valentina Oyarzún	P05	2	48.0	3.2	40	90	12.50	matriz	remojo	18	2	20	12	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P06	2	180.0	4.0	50	180	12.00	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P00	2	27.0	3.5	42	180	12.00	matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Carlos Cárdenas	P12	2	186.0	2.5	30	180	12.00	matriz	remojo	37	2	12	12	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P11	2	48.0	3.5	40	90	11.43	matriz	remojo	18	2	20	12	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	2	29.0	4.8	50	180	10.42	matriz	remojo	12	8	32	4	calor indirecto	4	4
Carlos Cárdenas	P05	2	19.1	4.8	50	180	10.42	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P11	2	186.0	2.9	30	180	10.34	matriz	remojo	37	2	12	12	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P07	2	30.0	3.0	30	90	10.00	matriz	remojo	18	12	20	24	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P04	2	180.0	5.3	50	180	9.43	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P03	2	180.0	5.7	50	180	8.77	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Valentina Oyarzún	P09	2	50.0	4.8	40	90	8.33	matriz	remojo	18	12	20	24	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P02	2	180.0	6.0	50	180	8.33	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P21	2	39.1	5.0	40	90	8.00	matriz	remojo	18	17	20	7	ambiente	4	4
Ignacio Araneda	P00	1.8	70.0	6.5	50	90	7.69	matriz	remojo	15	4	amb	2	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P01	2	180.0	6.5	50	180	7.69	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P06	2	16.0	6.2	45	180	7.26	matriz	remojo	18	1	12	10	ambiente	4	4
Valentina Oyarzún	P08	2	42.0	4.2	30	90	7.14	matriz	remojo	18	12	20	24	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P07	2	180.0	5.8	40	180	6.90	matriz	remojo	13	7	20	52	ambiente	3	4
Carlos Cárdenas	P10	2	186.0	4.5	30	180	6.67	matriz	remojo	37	2	12	12	ambiente	3	4
Valentina Oyarzún	P04	2	70.0	6.3	40	90	6.35	matriz	remojo	18	2	20	12	ambiente	4	4
Carlos Cárdenas	P01	2	22.0	6.5	40	180	6.15	matriz	remojo	37	2	60	0.25	calor directo	4	4
Giselli Marazzo	P13	2	45.0	5.0	30	180	6.00	matriz	remojo	100	0.5	19	9	ambiente	4	4