



EXPLORACIÓN DEL LENGUAJE FORMAL DEL CURVADO
DE LA VARA DE MIMBRE MADURO BLANCO SALIX VIMINALIS, PARA LA
CONFIGURACIÓN FORMAL Y OBJETUAL

Memoria para optar al título profesional de Diseñadora Industrial

Macarena Fernanda Espinoza Astudillo

Profesor guía: Mauricio Tapia

Santiago de Chile
Septiembre 2016

A mis padres Roxana y Héctor por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Agradecer infinitamente a todos quienes contribuyeron no solo en este proyecto y proceso, sino que, en todos estos años de universidad, profesores, familia, amigos. Gracias a Mauricio Tapia por apoyar este proceso. Gracias a Danisa y Victor por su amabilidad de recibirme.

A mi familia, en especial a mis padres y mis hermanos, gracias infinitas por ser un pilar fundamental en mi vida, por contenerme y entregarme su amor y calma.

Gracias a Alondra por escucharme y estar ahí siempre. Gracias a mis amigas de la universidad por sus conocimientos, historias y risas. Pero en especial infinitas gracias a Javiera y Josefina por ser las mejores compañeras que he encontrado en este proceso, gracias por su confianza, entrega y comprensión.

ÍNDICE

0. Introducción	9	1.2.3 Estado del arte	25
0.1 Contexto	10	1.3 Lenguaje formal	26
0.2 Pregunta de investigación	10	1.3.1 Gramática Formal	26
0.3 Objetivos	11	1.3.1.1 Elementos de una gramática formal	27
0.4 Alcances	11	1.3.2 Diseño paramétrico	28
0.4.1 Límites		1.3.2.1 Grasshopper	29
0.4.2 Finalidades			
0.5 Metodología	12	2. Exploración	31
1. Antecedentes	13	2.1 Comportamiento del mimbre	32
1.1 El mimbre como materia prima	13	2.2 Gramática formal	36
1.1.1 Material mimbre	13	2.2.1 Exploración 1: Relación diámetros	36
1.1.2 Proceso de obtención del material	13	2.2.2 Exploración 2	37
1.1.2.1 Varas	13	2.2.2.1 Prueba 1: Gramática Formal	37
1.1.2.2 Huira	14	2.2.2.2 Prueba 2: Reglas visuales	42
1.1.3 Norma NCh 2039.98c	16	2.2.2.3 Prueba 3: Otras configuraciones	45
1.1.3.1 Clasificación	16	2.2.2.4 Prueba 4: Uniones de continuidad	50
1.1.3.2 Requerimientos dimensionales	16	2.3 Composición espacial	53
1.1.4 Características del mimbre	16	2.3.1 Uniones espaciales	53
1.2 Artesanía en mimbre	18	2.3.2 Relaciones espaciales	60
1.2.1 Técnica del curvado de la vara de mimbre	18	3. Conclusiones	63
1.2.1.1 Caso de estudio: Sillón Tronco Moño	19	4. Bibliografía	67
Preparación del material		5. Anexos	69
Estructura			
Tejido			
Uniones			
Acabados			
1.2.2 Técnicas de curvado afines	23		
1.2.2.1 Ratán	23		
1.2.2.2 Madera	23		

O. INTRODUCCIÓN

El mimbre es un material que se extrae de los arbustos del *salix viminalis*, especie exótica presente en el territorio nacional, con mayor concentración de plantación en la localidad de Chimbarongo, VI Región. Es por ello, que justamente aquí es donde se desarrollan mayoritariamente las actividades económicas en torno a este material como lo son el cultivo de esta materia prima y la artesanía en mimbre.

En relación a su cultivo, la gran mayoría de lo cosechado se exporta dejando un mínimo porcentaje para el mercado nacional. Agricultores como “Mimbres Sandoval” solo destinan un 5% de su producción para uso nacional

En relación a la artesanía este material es trabajado tanto en su formato vara como en su formato de fibra vegetal, llamada huira, que se obtiene a partir de la disección de la vara. Dentro del desarrollo objetual de los artesanos se observan grandes aplicaciones de la técnica del tejido de huira con la que se pueden conseguir distintos niveles de complejidad volumétrica. Todo depende de la forma que tenga la estructura a tejer. En cuanto al formato nativo del material, llamado anteriormente como “vara”, su uso y aplicación en artesanías es menos habitual que el de la huira. Sin embargo, los escasos objetos que están conformados por varas de mimbre, lo hacen potenciando las propiedades que entrega este formato,

pero cumpliendo una función meramente estructural. Esto permite reconocer en el mimbre, posibilidades más allá del revestimiento de volúmenes. Por otro lado, en estas mismas estructuras se observan componentes curvos que dan indicios, junto a la función estructural que cumple, que existe un posible potencial en el desarrollo morfológico de este material que no se percibe en los objetos que existen hoy en día de este material en el mercado. Estas observaciones, generan una instancia interesante para explorar las posibilidades presentes en el uso del mimbre en su formato vara, dando paso a la presente investigación.

Para esta exploración formal se analiza la vara de mimbre maduro blanco como material, considerando sus diferencias de diámetros, su forma cónica, su irregularidad y su longitud. También se analiza el comportamiento que tiene la vara de mimbre maduro blanco al ser deformada bajo curvas cerradas. Esto con la ayuda de tecnologías CAD CAM que permiten la generación de formas y matrices. De lo anterior se desprende una relación entre diámetro de vara, diámetro de curvatura y largo de la vara. Finalmente, y en base a lo estudiado anteriormente, se exploran relaciones espaciales que definan una composición volumétrica. Para ello es necesario el desarrollo de vínculos que respondan al formato del material: vara irregular, acudiendo a la impresión 3D para su desarrollo.

0.1 CONTEXTO

La investigación a presentar nace por una invitación a participar en el proyecto “Experimentación para la sistematización paramétrica del curvado de la vara de mimbre maduro blanco (*salix viminalis*), sus características y posibilidades, para la conformación objetual y de componentes” que tiene como objetivo revalorizar el capital patrimonial del mimbre y la revitalización de este como actividad económica, por medio de la identificación de oportunidades de sinergia con nuevas tecnologías. Este proyecto de investigación se enmarca en una línea de trabajo impulsada por el Departamento de Diseño de la Universidad de Chile y la Municipalidad de Chimbarongo llamada “Innovación y diseño de saberes tradicionales”, desarrollado por un grupo de académicos y estudiantes. De ello se han desprendido sub-proyectos, uno de ellos es la “Parametrización del curvado de vara de mimbre blanco maduro” del ahora diseñador industrial Nicolás Plubins, quien establece una relación entre el diámetro de la matriz de curvatura y el diámetro sección de la vara de mimbre maduro blanco a curvar. Este trabajo contribuye en información relevante para el desarrollo proyectual del presente trabajo, que se encamina en búsqueda de un lenguaje formal para la vara de mimbre maduro blanco, con el fin de ampliar las posibilidades formales para este material.

0.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El mimbre es una materia prima que se obtiene de la familia de las salicáceas. En Chile esta materia prima se obtiene de la especie *Salix Viminalis*, variedad exótica introducida en época Colonial, concentrándose el mayor número de hectáreas en la localidad de Chimbarongo, VI Región.

Dada la abundancia de esta materia prima, Chimbarongo se ha transformado en centro neurálgico de la artesanía en mimbre, considerándose como su principal actividad económica.

La práctica artesanal actualmente se ve en decadencia por 3 motivos principales: el bajo interés en la actividad de parte de las nuevas generaciones, el desplazamiento del mimbre por la introducción de nuevos materiales para la elaboración de muebles y la desactualización de parte de los artesanos sobre nuevas tecnologías complementarias para el desarrollo de la actividad.

La flexibilidad que presenta el material de manera inherente al ser humectada en agua a temperatura ambiente, posibilita la técnica del curvado de la vara de mimbre, la que desarrollan los artesanos para realizar componentes estructurales de algunos sillones, que son cubiertos posteriormente con un manto de huiras tejidas que contribuyen en su resistencia estructural. Sin embargo, esta técnica no se visualiza en el desarrollo de otros productos, más bien se utiliza solo a modo de “alma” estructural.

La incorporación de nuevos métodos y herramientas a la artesanía permite potenciar y explorar nuevas posibilidades. En ese sentido, el uso de las tecnologías CAD CAM posibilitaría una exploración formal para potenciar la técnica del curvado gracias a la posibilidad de generar formas con trazos y geometría controlada (CAD¹), aumentando sus posibilidades formales y su configuración física a través de moldes y matrices (CAM²), dejando en evidencia el potencial como material al ser curvado, generando posibles ventajas competitivas para el mercado, principalmente en el sector de mueblería.

¿Es posible desarrollar un lenguaje formal para la vara de mimbre maduro blanco que posibilite el desarrollo de nuevas formas a través de la técnica del curvado?

¹CAD = Computer Aided Design = diseño asistido por computadoras

²CAM = Computer Aided Manufacturing = Manufactura Asistida por Computadora

0.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las posibilidades formales del curvado de la vara de mimbre maduro blanco, permitiendo establecer relaciones formales entre sí.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Documentar el comportamiento de la vara de mimbre maduro blanco

Interpretar el curvado de la vara de mimbre maduro blanco por medio de la gramática formal de Stiny y Gips.

- Definir la composición espacial determinando elementos fundamentales para su configuración.
-
-

0.4 ALCANCES

LIMITANTES

Una de las grandes limitantes fue la baja bibliografía que existe del mimbre desde una visión productiva ligada al diseño, por lo que la misma información es reiterada en distintos proyectos. Ejemplo de la falta de información es el porcentaje de productividad como materia prima, su demanda y el consumo de productos realizados en mimbre, tanto nacional como internacionalmente. En cuanto a la artesanía como actividad económica, se reconoce una tendencia a la baja evidenciable desde la experiencia, pero sobre la cual no existe mayor antecedente investigativo.

FINALIDADES

La finalidad de este proyecto es ampliar las posibilidades formales y configurativas de la vara de mimbre maduro blanco como material a través de la exploración formal, en base a las características del formato nativo, es decir, en su estado íntegro.

0.5 METODOLOGÍA

ETAPA 1: Investigación teórica

- Revisión y análisis de bibliografía
- Levantamiento de información

ETAPA 2: EXPLORACIÓN

Obj. 1

Documentar el comportamiento de la vara de mimbre maduro blanco

Sub-etapa1: Análisis del material

- Estudio de campo.
- Comprobar relación de diámetros 1/10.
- Reconocimiento de parámetros morfológicos y dimensionales de la vara para ser curvada.

Obj. 2

Interpretar el curvado de la vara de mimbre maduro blanco por medio de la gramática formal de Stiny y Gips.

Sub-etapa2: Producción formal

- Generación y pruebas de formas por medio del formalismo gramatical de Stiny y Gips.
- Levantamiento de información.
- Resultados, Análisis y conclusiones.

Obj. 3

Definir la composición espacial determinando elementos fundamentales para su configuración.

Sub-etapa 3: Implementación

- Exploración de relaciones espaciales: módulos.
- Determinación de elementos configurativos.
- Conclusiones.

1. ANTECEDENTES

1.1 EL MIMBRE COMO MATERIA PRIMA

A nivel global se conoce como mimbre o “Wicker” (en inglés) a la fibra vegetal que se utiliza tradicionalmente para crear cestas y muebles a través del tejido. Esta puede provenir de plantas, ramas o brotes.

En Chile se reconoce como mimbre a las varillas que se obtienen de los arbustos del género *Salix* (perteneciente a la familia de las salicáceas), y a la fibra vegetal, llamada “huira”, que se obtiene de las varillas, y corresponde a un Producto Forestal No Maderero (PFNM). Los arbustos de este género se conocen también como “mimbre”, “sauce-mimbre”, “basket-willow” y “osier”.

Si bien existe una especie arbustiva nativa llamada “*Salix humboldtiana*”, es la especie “*Salix Viminalis*”, introducida al país por los españoles en época de la Colonia, la que se utiliza para la fabricación de cestería, mueblería y artesanías menores. Su cultivo se realiza a través de la plantación de estacas y se caracteriza por ser un arbusto de crecimiento rápido que puede llegar a los 6 metros de altura y con una vida productiva de entre 10 a 15 años. (Ábalos, 1998)

La mayor cantidad de hectáreas de plantación de esta especie se encuentra en la VI Región, específicamente en la localidad de Chimbarongo, a 160km al sur de la ciudad de Santiago de Chile. Debido a las condiciones favorables que presentaba la zona centro-sur del país para el mimbre, este arbusto creció de forma silvestre alrededor de ríos y esteros, razón por la que surge la artesanía en mimbre como una actividad económica para el sustento familiar y local. Hoy esta localidad es conocida como la capital del mimbre y en el 2015 fue nombrada como “Ciudad Artesanal del Mundo”. (Municipalidadchimbarongo.com, 2015).

Como materia prima, un gran porcentaje de ella se exporta a países como Argentina, México, Paraguay, España y Francia. El porcentaje restante se destina para consumo nacional. No se sabe con exactitud la cifra, pero para el 2009 Osvaldo Sandoval, uno de los principales agricultores del rubro, solo destinaba el 5% de su cosecha para el mercado interno. (La Tercera, 2009)

1.1.1 MATERIAL MIMBRE

El mimbre como material se trabaja tanto en su formato vara (estructuras y tejido) como en su formato fibra o huira (tejido y amarras).

Las siguientes definiciones corresponden a la establecidas en la Norma NCh 2039.c98, de la que se hablará más adelante.

VARA O 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.

1.1.2 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL MATERIAL

1.1.2.1 VARAS

Una vez que el mimbre es cosechado, este se clasifica y se distribuye para dar paso a la obtención de 3 tipos de varas: mimbre natural, blanco y cocido.

MIMBRE NATURAL

Como su nombre lo indica, las varillas son cortadas en bruto e inmediatamente después de la cosecha se forman atados. Se caracteriza por tener un color verdoso-café.



Imagen 1. Mimbre natural. Elaboración propia

MIMBRE BLANCO

La varilla cosechada y enfundada es empozada verticalmente en agua por un periodo de 3 a 5 meses, brotando en primavera. Este brote lo que permite es soltar su corteza para poder retirarla, etapa conocida como el descortezado. De esta manera se obtiene el color natural de la fibra del mimbre, llamado comúnmente mimbre blanco.



Imagen 2 y 3. Empozado vertical y mimbre blanco descortezado. Elaboración propia.

MIMBRE COCIDO

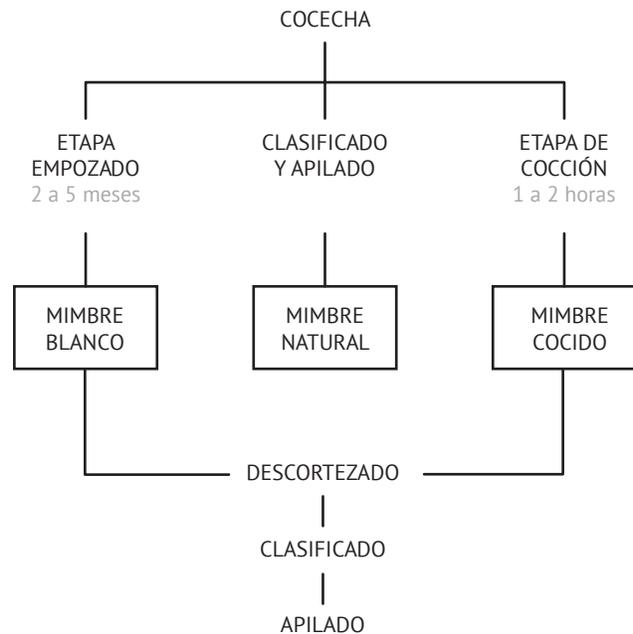
Una vez cosechado, las varillas son sometidas a una cocción en agua hirviendo por un periodo de 1 a 2 horas con el objetivo de acelerar el proceso de descortezado. Luego de este periodo de cocción, la corteza se puede desprender fácilmente, obteniendo un mimbre de color café-rojizo.



Imagen 4. Mimbres cocidos. Elaboración propia.

Como el proceso de obtención de estos tres tipos de varas es distinto, su comportamiento como material resulta ser similar pero no idénticos.

Si bien el mimbre cocido es el más demandado en productos por los clientes, principalmente por su color, es la vara de mimbre blanco la que presenta una mejor prestación funcional y de técnica para ser curvado. Es por ello que algunos artesanos utilizan las varas de mimbre blanco para la conformación de la estructura interna de algunos sillones.



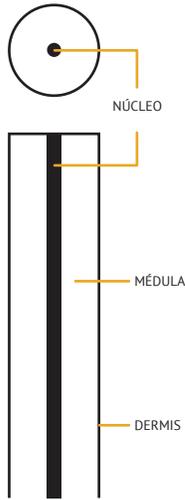
Esquema 1. Proceso de obtención de las varas de mimbre.

1.1.2.2 HUIRAS

Las varas de mimbre *salix viminalis* se componen de 3 tipos de fibras.

La dureza de estas va disminuyendo desde el exterior hacia el interior, siendo la dermis la fibra más dura (Plubins, 2015)

La dermis corresponde a la “huira”, y para obtener la huira, las varas de mimbre deben ser partidas, descarnadas y descostilladas.



Esquema 2. Tipos de fibras en una vara de mimbre

PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HUIRA

PARTIDO

Acción que consiste en dividir longitudinalmente una vara en 3 o 4 secciones. Esta actividad se realiza con un partidor (herramienta de madera tallada con el número de divisiones deseado para seccionar la vara).

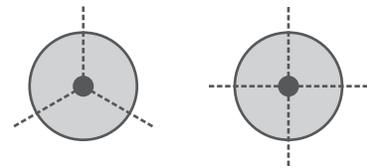


Imagen 5. Partidor. Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/>

DESCARNADO O DESMEDULADO

Operación que consiste en quitar la médula de las secciones longitudinales de la vara obtenidas anteriormente en el "partido". En esta etapa se define el espesor de la huira.

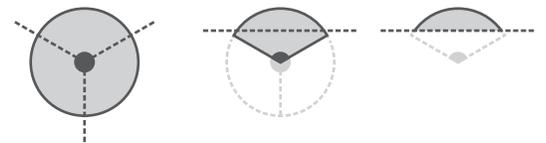


Imagen 6. Descarnado. Fuente: <http://www.tell.cl>

DESCOSTILLADO

Operación de corte mediante la cual se dimensiona la huira de un ancho uniforme.

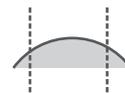


Imagen 7. Descostillado Fuente: <http://www.tell.cl>

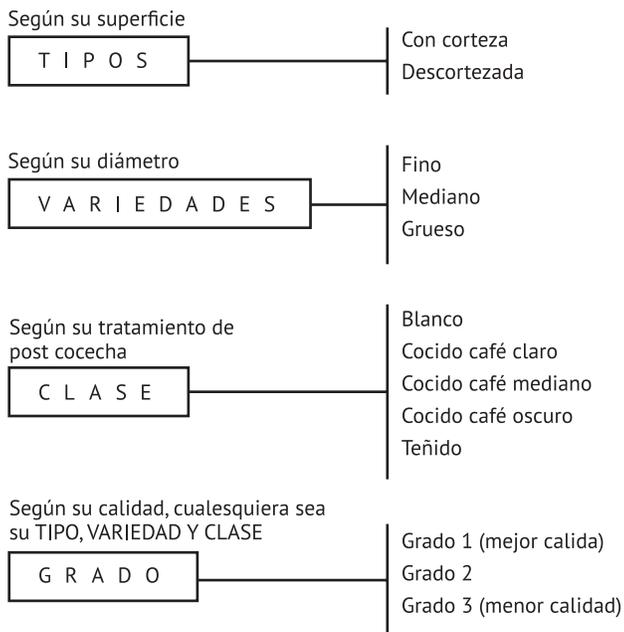
1.1.3 NORMA Nch 2039.c98

En 1998, a petición del Instituto Forestal de Chile (INFOR), el Instituto Nacional de Normalización (INN) desarrolló la norma técnica Nch 2039.c98 con el fin de contribuir a mejorar la comercialización del mimbre como materia prima, tanto nacional como internacionalmente.

Esta norma establece la clasificación y las características físicas que debe cumplir el mimbre como materia prima para la industria de mueblería y cestería, debido al alto grado de variabilidad que presenta el material. (Ábalos, 1998)

1.1.3.1 CLASIFICACIÓN

Según la norma Nch 2039.c98 las varillas se clasifican en tipos, variedades, clases y grados de calidad.



1.1.3.2 REQUISITOS DIMENSIONALES

La siguiente tabla muestra los requisitos dimensionales para su clasificación según variedades.

VARIEDAD	LONGITUD (cm)	TOLERANCIA (cm)	DIÁMETRO (mm)	
			MÍNIMO	MÁXIMO*
Fino	80 - 160	-3	2	4
Mediano	180 - 280	-4	5	11
Grueso	300 - 400	-5	12	n.d.

*Medido en el extremo más ancho

1.1.4 CARACTERÍSTICAS DEL MIMBRE COMO MATERIAL

El mimbre se compone de fibras longitudinales lo que lo hace un **MATERIAL ANISOTRÓPICO**, es decir, su comportamiento mecánico o sus propiedades mecánicas varían según el sentido de los esfuerzos que se ejerzan sobre el material. (Plubins, 2015)

Las varas de sauce mimbre son leñosas, esto las hace ser un material **LIGERO**.

Es un material **FLEXIBLE Y PLÁSTICO**, es decir, se puede deformar longitudinalmente sin romperla, y al someterla a matrices y secado es capaz de mantener su deformación. Esta flexibilidad lo hace ser un material fácil de moldear en comparación a la madera.



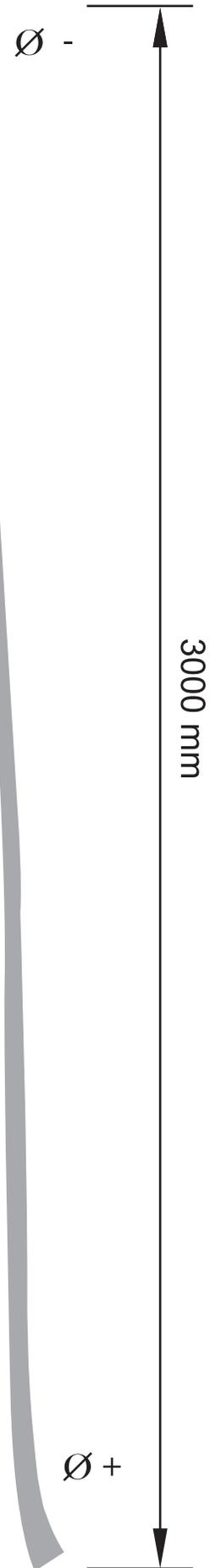
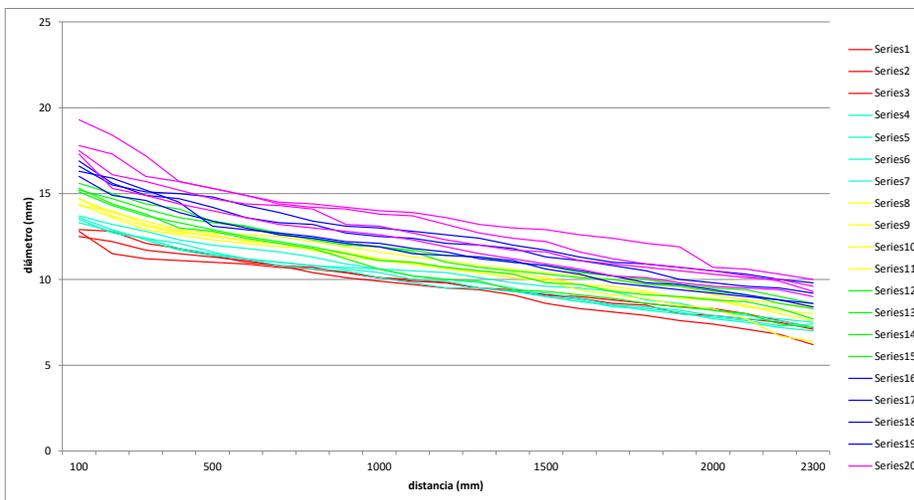
En cuanto a su resistencia, Plubins (2015) realizó ensayos de tracción a tres varas de distinto diámetro: 8mm, 12mm y 15mm, con el objetivo de comprobar si el volumen de médula influye en el comportamiento de esta. Pero resultó demostrar que más que la médula, es la **DERMIS O HUIRA LA FIBRA MÁS FUERTE EN LA VARA**, responsable gran parte del trabajo de resistencia, por lo que dañarla compromete el desempeño del material. Esto lo concluye al tener que seccionar las varas de 12mm y 15 mm para realizar los ensayos debido a que las mordazas de la máquina tenían una limitante dimensional.

Es así que la vara de 8mm de diámetro fue la única sometida a tracción de forma completa sin seccionarla. Esta última resultó tener un módulo de Young doblemente mayor que las otras varas. El valor medio obtenido fue de 3250 MPa.

Morfológicamente, las varas son **CÓNICAS**, es decir, el diámetro de sección va disminuyendo desde la base de la vara hacia las puntas, **IRREGULARES ENTRE ELLAS**, ya que ninguna es igual a la otra.



El gráfico a continuación muestra la irregularidad de las varas de mimbre blanco grueso, las que fueron medidas diametralmente cada 100mm desde la base. Para ello se escogieron 4 varas por cada milímetro del rango que clasifica la norma NCh 2039.c98 al mimbre grueso. Estos diámetros son: 12, 13, 14, 15, 16 y 17mm. En total 24 varas de mimbre.



1.2 ARTESANÍA EN MIMBRE

En lo que a objetos se refiere, esta materia prima ha sido tradicionalmente utilizada para la confección de cestería y mueblería. Hoy podemos encontrar más variedad de productos.



Artesanía menor



Pantallas / luminarias



Cestería



Mueblería

1.2.1 TÉCNICA DEL CURVADO DE LA VARA DE MIMBRE

Dentro de la categoría "mobiliario", existen sillones que en su estructura interna tienen componentes curvos que no son percibidos a simple vista. Estos componentes tampoco se manifiestan en otros objetos.

SILLÓN TANQUE



SILLÓN TRONCO MOÑO



SILLÓN TRONCO MOÑO DE 2 CUERPOS



COMPONENTES CURVOS:

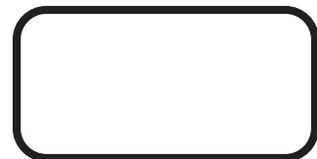
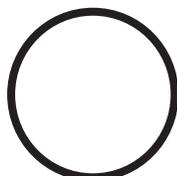
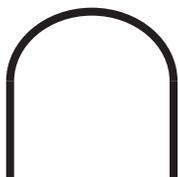


Imagen 9. Sillones de mimbre. Fuente N. Arriaza. Memoria (2015)

La vara de mimbre entera, sin partir, tiene propiedades que han llevado al artesano a utilizarla de forma estructural. Estas propiedades son la ligereza, la resistencia y la flexibilidad, esta última con grandes posibilidades formales. Es decir, la vara de mimbre tiene posibilidades constructivas y de configuración que no han sido del todo exploradas.

1.2.1.1 CASO DE ESTUDIO: Sillón tronco moño

El sillón tronco es uno de los que se realiza hoy en día con una estructura interna totalmente hecha de varas de mimbre blanco. Para observar el proceso constructivo de este sillón y la técnica del curvado, se realizaron 2 visitas al “Taller Nicolás” del artesano Sergio Lizama, ubicado en la comuna de Chimbarongo.

PREPARACIÓN MATERIAL

Las varas deben ser remojadas en agua a temperatura ambiente durante 10 horas aproximadamente o durante la noche. El mimbre es un material dúctil, por lo que al humectarlo lo transforma en un material maleable, fácil de trabajar y con grandes posibilidades de deformación.

HUMECTACIÓN DE LAS VARAS



ESTRUCTURA

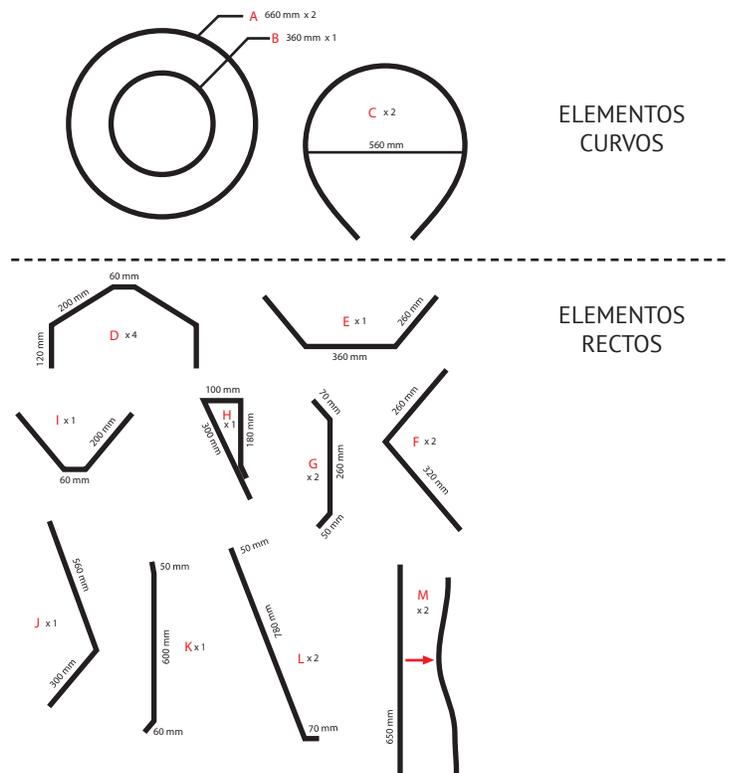
La estructura del sillón tronco se compone de elementos curvos y rectos. Los elementos curvos son:

- 3 circunferencias o “rodela”³: dos de 660mm de diámetro que corresponde a la base suelo y al apoya brazos, y una de 360mm de diámetro, que corresponde al asiento.
- 1 óvalo truncado que corresponde al respaldo
- 2 varas curvadas de forma serpenteante que le dan concavidad al asiento.

Los elementos rectos definen las distancias entre los elementos curvos.



Imagen 10. Estructura interna sillón tronco moño. Elaboración propia.



³Rodela: Nombre que le dan los artesanos a las circunferencias realizadas con varas de mimbre.

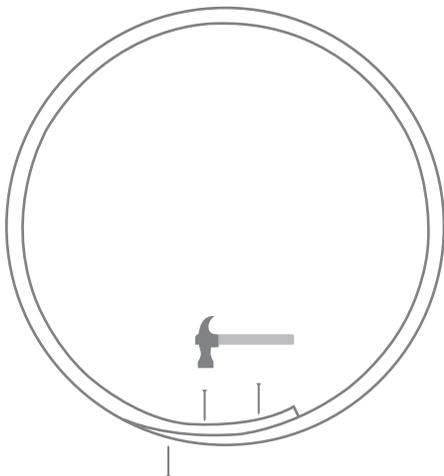
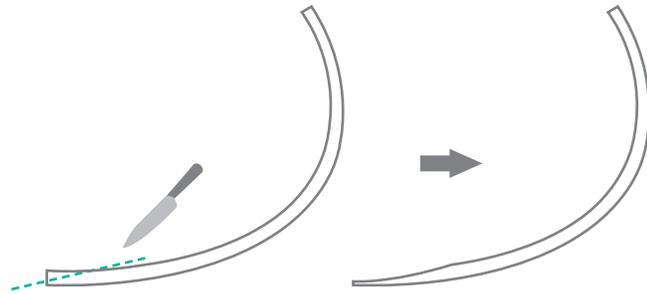
PROCESO DE CURVADO

Se comienza por las circunferencias: dos de 660mm y una de 360mm de diámetro.

Primero es necesario "ablandar" cada vara con el objetivo de quitarles fuerza o rigidez y dejarla lo más recta y uniforme posible. Esta acción consiste en flexionar la vara con las manos por tramos cortos bajo la rótula(A).

Para unir la circunferencia se realiza un corte en diagonal con un cuchillo en el extremo más grueso de la vara (B).

Posteriormente se juntan los extremos de la vara (C), sosteniendo la unión manualmente para ir ajustando las medidas a través de una huincha métrica, hasta conseguir el diámetro deseado (D). Una vez conseguido el diámetro se procede a fijar la unión con clavos (E).



Ya obtenidas las 3 circunferencias, se da paso al “levantamiento” volumétrico. Lo primero es unir la rodela base con la rodela asiento a través de 4 varas rectas.



Imagen 17. Unión circunferencias base y asiento. Fuente: Memoria título Natalia Arriaza (2015)

Luego, se clavan diagonalmente varas rectas para encuadrar la estructura momentaneamente, las cuales se retiran después de añadir las piezas D.

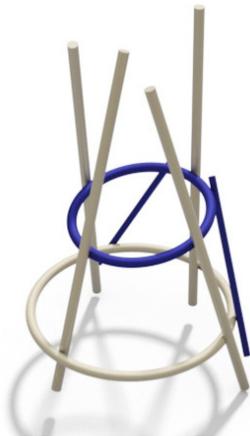
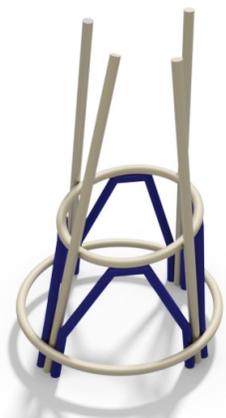


Imagen 18. Varas clavadas en diagonal. Fuente: Memoria título Natalia Arriaza (2015)

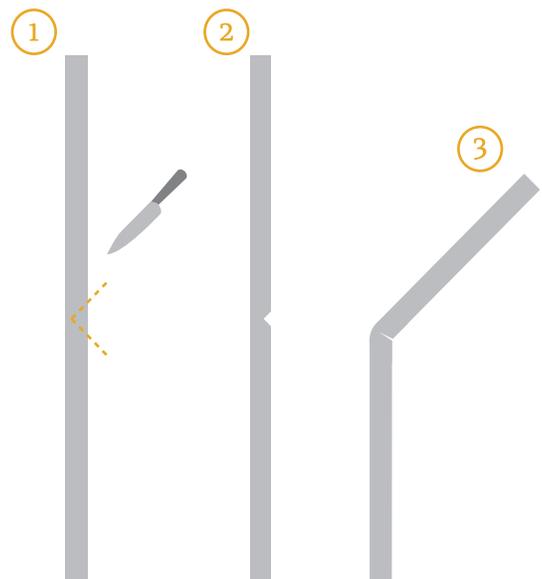


Imagen 19. Piezas D y cuerpo básico. Fuente: Memoria título Natalia Arriaza (2015)



Sobre esta estructura base (rodela base, rodela asiento, varas rectas y pieza D) se irán añadiendo los elementos rectos (mostrados en el despiece del sillón tronco) hasta conseguir el cuerpo que posteriormente será tejido por huira.

Para obtener los elementos rectos, los artesanos seccionan la vara para doblarlas o simplemente las quiebran para obtener el ángulo deseado. Como consecuencia las varas resultan dañadas físicamente, pudiendo afectar en su resistencia.



UNIONES

Para las uniones los artesanos utilizan clavos de distintos tamaños (dependiendo de la cantidad de varas que se quieran unir). Algunas uniones posteriormente son reforzadas con huira embarillada, las que sirven, a la vez, para esconder los clavos.



Las secuelas observadas de este tipo de uniones son:

- Las varas se rajan (A, B y C), por lo que alguna carga podría terminar de agrietarlas.
- Las huiras al no ser embarilladas con algún adhesivo, éstas son propensas a soltarse con el tiempo (B y E).
- Las huiras no cubren las imperfecciones (B, C y D).
- Los clavos se oxidan manchando a las varas (F).

TEJIDO

El tejido es parte del sistema estructural, ya que aporta en la resistencia final del objeto.

En este caso, el sillón se teje con varas delgadas y no con huiras.



Imagen 14. Sillón tronco de perfil. Elaboración propia.

ACABADOS

No siempre se aplican acabados y el mimbre es un material propenso a desarrollar hongos en presencia de la humedad, por lo que darle un acabado aporta en la calidad y en la durabilidad del producto. Ábalos (2002) sugiere que es suficiente aplicar pinturas y barnices que contengan elementos protectores contra hongos e insectos.

1.2.2 TÉCNICAS DE CURVADO AFINES

1.2.2.1 RATÁN

El ratán es una palma trepadora asiática que crece entre los árboles.

Su semejanza al mimbre, la de ser una vara que fácilmente puede ser curvada o flexionada bajo humectación, hace que sea un referente para el desarrollo del curvado de la vara de mimbre.

TÉCNICA DE CURVADO

El ratán es un material que es fácil de curvar después de ser sometido a vaporización. Para curvarlo se utilizan matrices de tamaño natural y bancos de moldeo fijos con diversas curvaturas.

MATRIZ DE METAL

Una placa de metal está moldeada con una forma definitiva. En ella se curva el ratán ya vaporizada, siendo contenida por pestañas de metal y ajustando su adherencia a la curva con tacos triangulares de madera.



Imagen 15. Curvado de Ratán. Matriz de fierro. En: <https://www.youtube.com/watch?v=---mUnRyH9lg>



Imagen 16. Curvado de Ratán. Matriz de fierro. En: www.sika-design.com

BANCO DE MOLDEO

Para esta técnica se utilizan rodillos que puestos en puntos estratégicos definen la curva a trabajar.

En este tipo de matriz existen rodillos que funcionan como radio de curvatura, mientras que otros funcionan como puntos de apoyo ante la resistencia tensional que realiza el material para retornar su forma natural: vara recta.



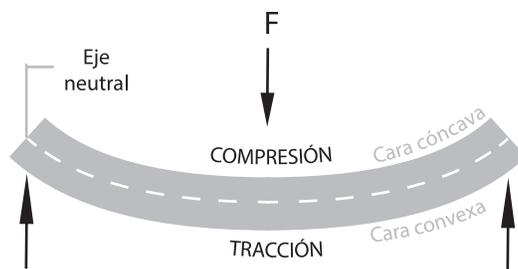
Imagen 17. Curvado de Ratán. Matriz rodillos de madera. En: <http://teca.fao.org/>

1.2.2.2 MADERA

PRINCIPIO DEL CURVADO DE MADERA SÓLIDA

Cuando la madera es sometida a una carga, se generan esfuerzos internos en la pieza: esfuerzos de compresión en la cara cóncava y esfuerzos de tracción en la cara convexa. (Karsulovic, 1987 citado en Mardones, 2004).

Este proceso consiste esencialmente en comprimir las fibras en la cara cóncava y traccionar las fibras en la cara convexa.

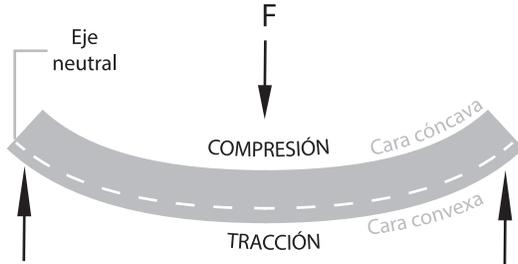


Esquema de flexión de una madera apoyada.

LA MADERA VAPORIZADA

Para obtener radios pequeños con la madera es necesario someterla a calor en presencia de vapor (vaporizado), ya que en su estado natural para alcanzar tales radios se producen roturas en las fibras traccionadas.

Este proceso la vuelve semi-plástica, debido a que su eje neutral se desplaza hacia la cara convexa lo que aumenta considerablemente su compresibilidad y con ello menos posibilidad de rotura (Vélez, 1973).

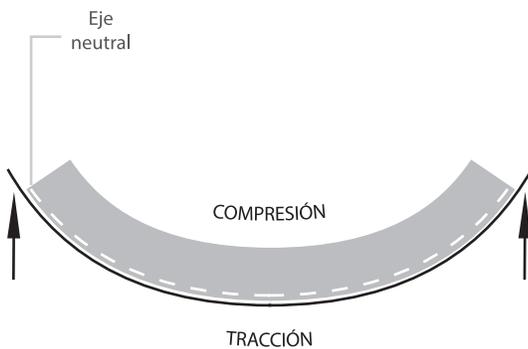


Desplazamiento eje neutral en una madera vaporizada.

MÉTODO BANDAS DE APOYO

Para disminuir aún más los radios de curvatura, se aplica el método de bandas de apoyo.

Esta banda metálica tiene como objetivo recibir la tensión producida por la fuerza de tracción, sometiendo toda la pieza a compresión y disminuyendo considerablemente la posibilidad de rotura. Hay que aclarar que la tracción no es nula. (Vélez, 1973).



Como referencia a la técnica, en la silla Thonet N°214 se utiliza de manera más industrial la técnica de curvado con banda de apoyo. Estas matrices presentan una concavidad del diámetro estandarizado de la madera a utilizar, la que permite recibir y moldear con mayor precisión la madera, y por otro lado son matrices que funcionan como matriz de secado, es decir, móviles.



Imagen 18. Curvado con banda de apoyo. En: Manual para el curvado de madera y MDF.



Imagen 19. Matriz silla 214 Thonet. En: facebook.com/ThonetChile



Silla 214 - Thonet

1.2.3 ESTADO DEL ARTE EN DISEÑO

Hay marcas chilenas que han contribuido en nuevos diseños para el mimbre. Sus propuestas tienen un enfoque en el trabajo con la huira, contribuyendo en la pulcritud del trabajo y en la incorporación de nuevos materiales, tales como estructuras internas de fierro o la utilización de botellas PET. Ejemplo de ello son las marcas “Made in mimbre” y “Pet Lamp”.



Pantallas “Made in mimbre”: Medusa - Bellota - Chinita



PET Lamp

La utilización de varas de mimbre curvadas no se observa más que en las estructuras de los sillones antes mencionados. Pero, la marca danesa “sika-design” se dedica desde 1940 a la fabricación de muebles con ratán utilizando la técnica del curvado. Por lo que esta marca, con vasta experiencia en la técnica, resulta un referente para la técnica del curvado de la vara de mimbre maduro blanco, poco explorada.



1.3 LENGUAJE FORMAL

Para definir un lenguaje formal es necesario precisar qué se entenderá por lenguaje.

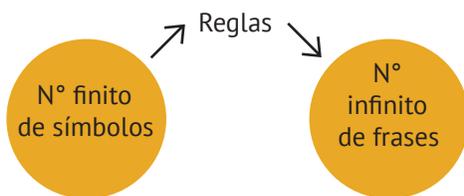
Un lenguaje se entenderá como un conjunto de oraciones, cada una con una longitud finita, que están construidas a partir de un conjunto finito de elementos. (Chomsky, 1957)

Por lo que un lenguaje formal se entenderá, bajo la lógica de un sistema formal matemático, como un formalismo que busca describir de manera exacta y precisa el procedimiento de formación o el orden específico de formación de ese conjunto de oraciones.

La lógica de un sistema formal se compone de:

- Conjunto finito de símbolos
- Cadenas de símbolos
- Reglas de formación y producción

Desde una perspectiva lingüística, Noam Chomsky propone la gramática generativa (1957) como un sistema formal para el análisis del lenguaje. Esta gramática consiste en generar todas las secuencias de palabras (frases) válidas para un lenguaje a partir de la aplicación de un conjunto de reglas sobre un conjunto finito de símbolos iniciales. (Celani, 2006).



Sistema formal de la Gramática generativa:

Conjunto de símbolos finitos	Alfabeto, caracteres (finito)
Cadenas de símbolos	Palabras (finitas)
Reglas	Frases (conjunto posiblemente infinito)

Se podría decir que un lenguaje formal es un algoritmo que permite generar frases gramaticales de un lenguaje.

Este sistema propuesto por Chomsky ha influido en otras disciplinas y áreas productivas, como lo es en la arquitectura y en el diseño, donde se adopta la lógica del proceso. Un ejemplo de ello es la gramática formal, como unión entre la gramática generativa y la forma geométrica.

1.3.1 GRAMÁTICA FORMAL O SHAPE GRAMMAR

La gramática formal o Shape Grammar es un formalismo propuesto por los teóricos George Stiny y James Gips a principio de los años 70, y consiste básicamente en un sistema de generación de formas basada en reglas transformacionales.

Esta tiene sus orígenes en la gramática generativa del lingüista Noam Chomsky (mencionada anteriormente) y en el sistema de producción del matemático Emil Post. Este último consiste en una sustitución de caracteres en una secuencia de letras con el objetivo de generar nuevas secuencias. (Celani, 2006)

Es así que Stiny y Gips desarrollan una analogía de estos sistemas, pero basado en formas geométricas y en transformaciones espaciales, en vez de símbolos matemáticos o sustituciones de caracteres.

Sus autores tenían como objetivo inicial el de que sirviera como sistema de generación de formas para la pintura y la escultura, permitiendo que los artistas proyectasen sus reglas de composición. Sin embargo, este formalismo ha sido aplicado en otras disciplinas, como lo es la arquitectura y el diseño, adaptando la lógica del proceso para una exploración formal.

Como formalismo, permite estudiar los principios que regulan la construcción de una forma y la organización de los distintos elementos que la componen, posibilitando la automatización del diseño de formas, con geometría y trazos controlados.

Stiny (1980) se refiere a la gramática formal como una "maquinaria formal para la definición algorítmica del lenguaje de los diseños espaciales de dos y tres dimensiones", entendiendo el algoritmo como un proceso secuencial de pasos lógicos y ordenados, donde símbolos de entrada (input) son convertidos en símbolos de salida (output). Un ejemplo muy sencillo de algoritmo sería una receta, donde los input serían los ingredientes, el output el resultado de la mezcla de los ingredientes (pastel, queque, etc) y la preparación sería el algoritmo procedimental o reglas de fabricación o generación.

Input → ALGORITMO → Output

1.3.1.1 ELEMENTOS DE UNA GRAMÁTICA FORMAL

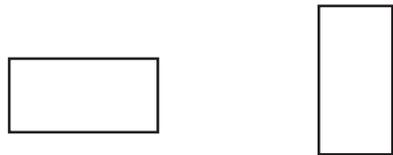
VOCABULARIO DE FORMAS INICIALES: Son formas, geometrías, primitivas.

REGLAS: son definidas bajo transformaciones espaciales: traslación, rotación y reflexión; y por la adición y sustracción de formas a consecuencia de las relaciones espaciales.

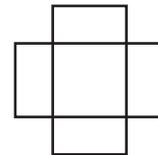
DERIVACIÓN: Posibilidad de generar vocablos o palabras a partir de las formas iniciales

FORMA FINAL

Es la resultante de la aplicación repetitiva de reglas.



VOCABULARIO DE FORMAS

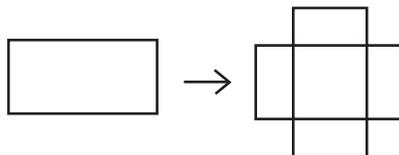


RELACIÓN ESPACIAL

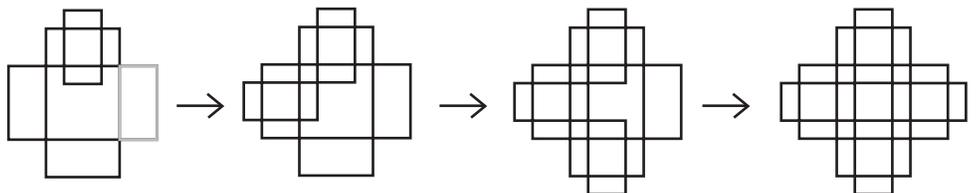
FORMA INICIAL



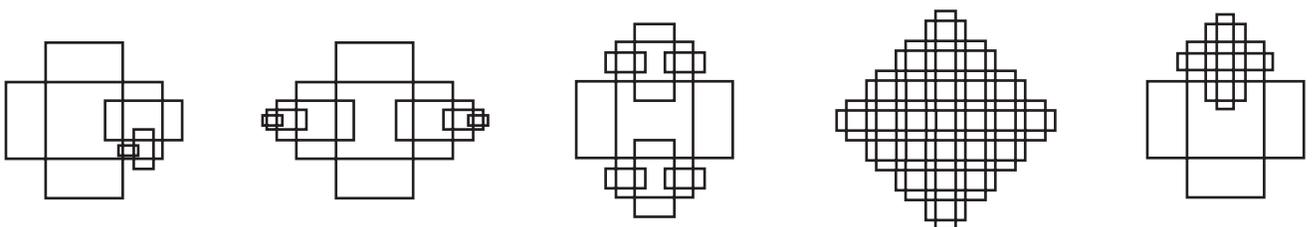
REGLA



DERIVACIÓN



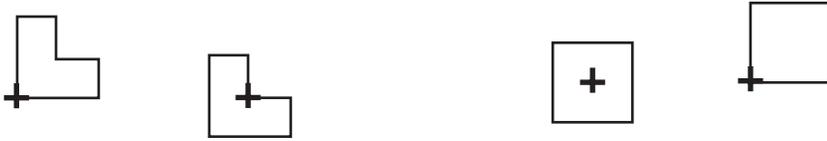
OTROS DISEÑOS DE LENGUAJE



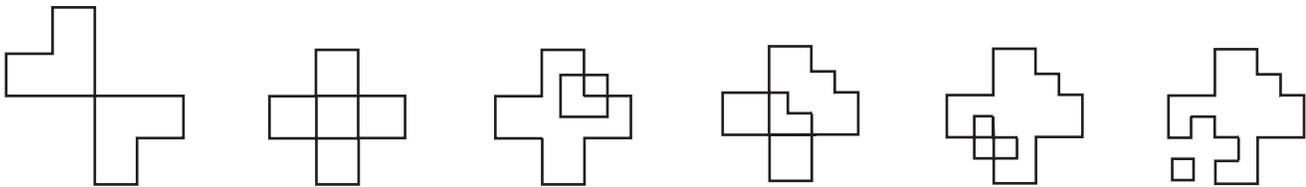
La gramática formal es no-determinista, es decir, con una misma regla se puede obtener no una, sino que múltiples formas finales.

Las reglas de una gramática formal son reglas visuales, es decir, las reglas se van aplicando de acuerdo a lo que se va viendo, por lo que la aceptación de la forma final depende de lo que el diseñador quiera ver y aceptar como tal (Özkar, 2009)

REGLAS



DERIVACIÓN



1.3.2 DISEÑO PARAMÉTRICO

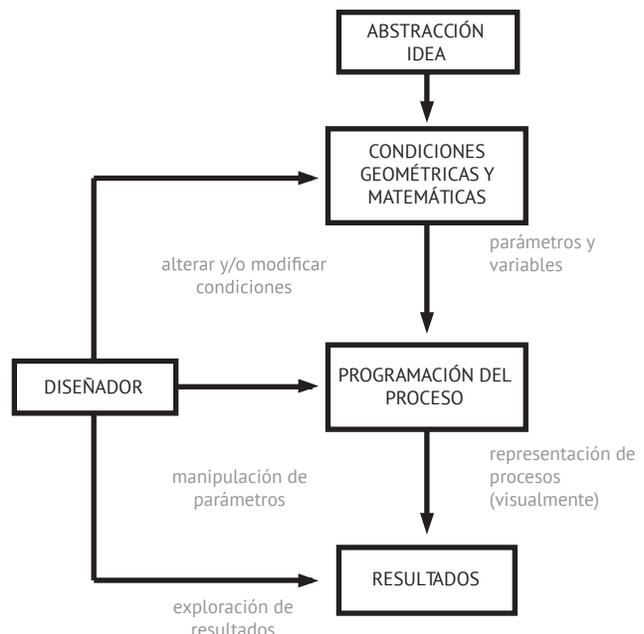
Establecer un lenguaje formal basado en figuras geométricas y reglas, Shape Grammar, permite ampliar las posibilidades de configuración formal a través de softwares de modelación geométrica, que funcionan como sistema formal, pero con un nivel más complejo.

Estos softwares inmersos bajo el nombre de tecnologías CAD CAM, además de permitir la modelación, nos permiten traducir, realizar y transformar las formas concebidas digitalmente a objetos físicamente fabricables. También nos permiten eliminar ambigüedades de cálculos geométricos y nos permiten pre-visualizar un diseño con la posibilidad de generar cambios en tiempo real para disminuir errores de fabricación a través de prototipos analíticos⁴.

Un ejemplo de la aplicación de nuevas tecnologías CAD CAM para el desarrollo de un diseño es el Diseño Paramétrico

Molinare (2011) define el diseño paramétrico como: “la abstracción de una idea o concepto, relacionado

con los procesos geométricos y matemáticos, que nos permiten manipular con mayor precisión nuestro diseño para llegar a resultados óptimos.”



Proceso de diseño paramétrico.

⁴Ulrich (2013) define prototipo físico versus prototipo analítico, y prototipo integral versus prototipo enfocado

VENTAJAS DEL DISEÑO PARAMÉTRICO

-Múltiples resultados: los parámetros iniciales al estar relacionados matemática y geoméricamente, nos permiten la aplicación de transformaciones ilimitadas que repercuten en el resultado final, generando una serie de resultados, posiblemente infinitos. Pero las transformaciones se pueden restringir con criterios de diseño como la conservación de formas o medidas.

-Fabricación Digital: La utilización de software CAD permite integrar la fabricación digital a través de software CAM.

Algunos sistemas CAD (Computer Aided Design – Diseño asistido por computadora): Solidworks, AutoCAD, Inventor, Rhinoceros.

Ejemplos de CAM (computer Aided Manufacturing – Fabricación asistida por computadora): Softwares que manipulan máquinas como CNC Router, cortadora laser CNC*, impresión 3D.

1.3.2.1 GRASSHOPPER

Uno de los softwares paramétricos más conocido es GRASSHOPPER, que funciona como plugin de RHINOCEROS (programa CAD) como editor de algoritmos generativos, es decir, manipula las relaciones paramétricas definidas en un principio. La ventaja de trabajar con este programa es que no se necesita de un conocimiento acabado sobre programación o scripting.

Para llevar una idea o un proyecto a Grasshopper es necesario traducir la idea a un lenguaje formal o geométrico.

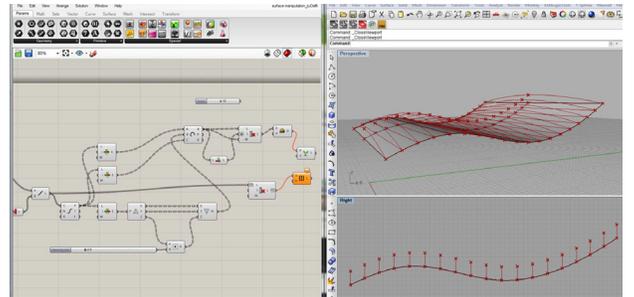


Imagen 20. Relaciones de parámetros. En: <http://www.grasshopper3d.com/>

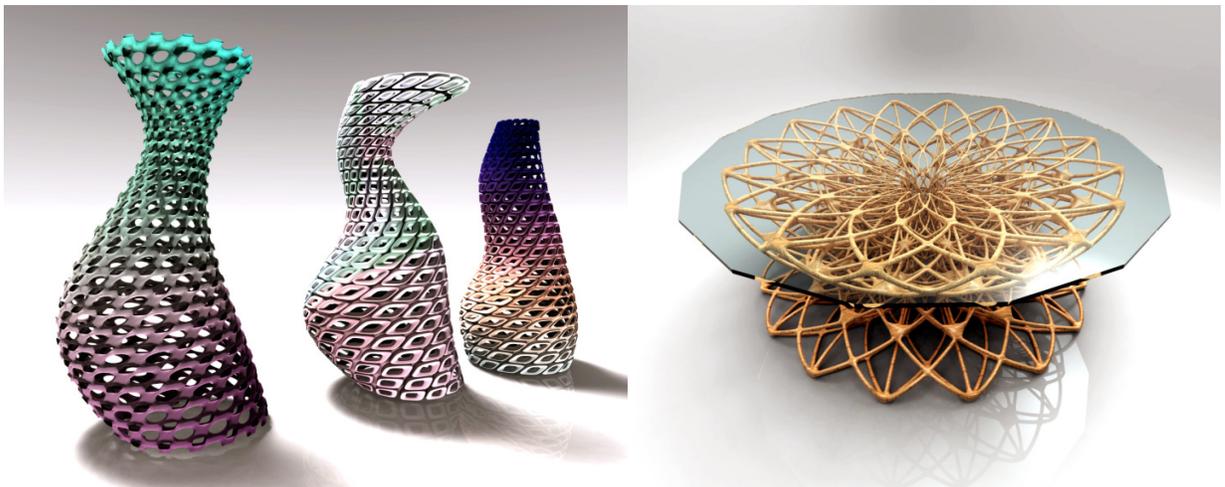


Imagen 21 y 22. Resultado formal del diseño paramétrico En: <http://www.grasshopper3d.com/>

2. EXPLORACIÓN FORMAL

2.1 PROCESO DE EXPLORACIÓN FORMAL

La siguiente exploración corresponde a una investigación aplicada, donde se analiza el comportamiento formal del curvado de la vara de mimbre maduro blanco, *Salix Viminalis*, para una posterior configuración formal.

La exploración se divide en 3 partes:

- a) Comportamiento del material: Se busca entender, a través de la exploración, y documentar el comportamiento general de la vara de mimbre al ser curvada bajo curvas cerradas.
- b) Gramática formal: Se aplica el formalismo gramatical propuesto por Stiny y Gips para la generación de formas, condicionadas por las características y relaciones proporcionales intrínsecas del material.
- c) Posibilidades configurativas: Se determinan relaciones espaciales para los módulos gramaticales, llevándolos de la bidimensionalidad a la tridimensionalidad expresada en volúmenes. Para esta relación es necesario establecer vínculos de relación espacial.

¿Es posible desarrollar un lenguaje formal para la vara de mimbre maduro blanco que posibilite el desarrollo de nuevas formas a través de la técnica del curvado?

PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Para trabajar con la deformación longitudinal de las varas de mimbre, este material debe ser humectado y “ablandado”. Esta preparación es aplicada durante todo el proceso.

HUMECTACIÓN

Las varas son remojadas en agua a temperatura ambiente durante 10hrs de PVC de 3000mm de longitud. Según Sergio Lizama (artesano del mimbre), si las varas se remojan por más tiempo (15 HRS), estas

se vuelven muy flexibles, siendo más complejo su control manual.

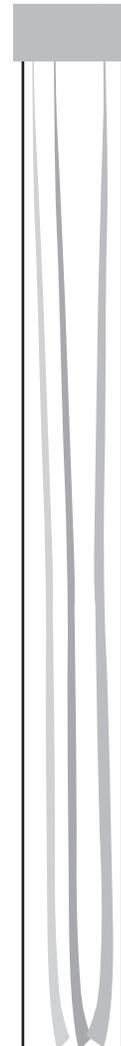
Para el remojo de las varas se utilizó un tubo de PVC de 3000mm de largo (Es lo dispuesto en el mercado) en el que se logran depositar 6 varas a lo más.

ABLANDAR VARA

La acción de “ablandar” la vara se traduce a quitarle rigidez y a la vez enderezarla, dejándola lo más recta posible.

Para ello se utilizaron las manos y los antebrazos, flexionando el material a lo largo, por tramos cortos.

10
HORAS DE
REMOJO



2.1. COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL

Esta exploración tiene como objetivo analizar y entender el comportamiento que tiene la vara de mimbre maduro blanco al ser flexionada en curvas técnicas cerradas. Para ello se analiza su deformación bajo 3 curvas técnicas: circunferencia, óvalo y ovoide.

Como primera aproximación al material, los largos a utilizar corresponden a los largos mínimos y máximos empleados por los artesanos para la construcción de las circunferencias del sillón tronco moño.

Para curvar el material se utilizó una superficie de terciado con incrustaciones de tarugos, los que funcionan como puntos de apoyo para la vara de mimbre.

DEFINICIÓN⁵

La circunferencia, el óvalo y el ovoide corresponden a curvas técnicas que se construyen solo a base de arcos de circunferencia, exceptuando la primera. Para obtener tanto el óvalo como el ovoide es necesario definir una circunferencia base, la cual determina la dimensión de los arcos de circunferencia restantes que los componen.

CIRCUNFERENCIA:

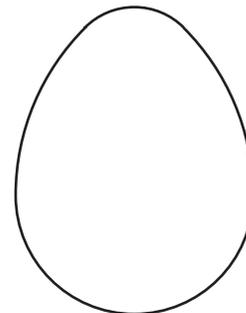
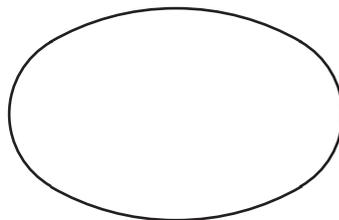
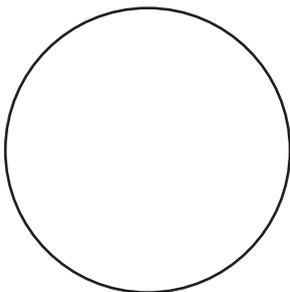
Es una línea curva, cerrada y plana, cuyos puntos están a la misma distancia del centro. Una circunferencia queda determinada cuando conocemos la posición de su centro y la magnitud del radio.

ÓVALO:

Es una curva plana y cerrada, simétrica respecto a sus dos ejes perpendiculares y formada por cuatro arcos de circunferencia iguales dos a dos.

OVOIDE:

Es una curva plana y cerrada, simétrica sólo respecto a su eje mayor, y formada por cuatro arcos de circunferencia, de los que dos son iguales y los otros dos son desiguales.

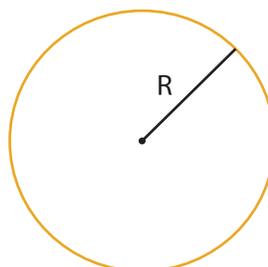
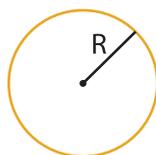


LARGOS A UTILIZAR

Las circunferencias con menor y mayor diámetro realizadas por los artesanos del mimbre se encuentran en el sillón tronco. Sus diámetros son de 360mm y 660mm, los que corresponden a una longitud de vara de 1130mm y 2073mm respectivamente.

Para obtener perímetros que correspondan a los largos mínimo y máximo a utilizar, se debe establecer el diámetro de la circunferencia base de cada curva técnica.

R mín. = 180 mm
L = 1130 mm

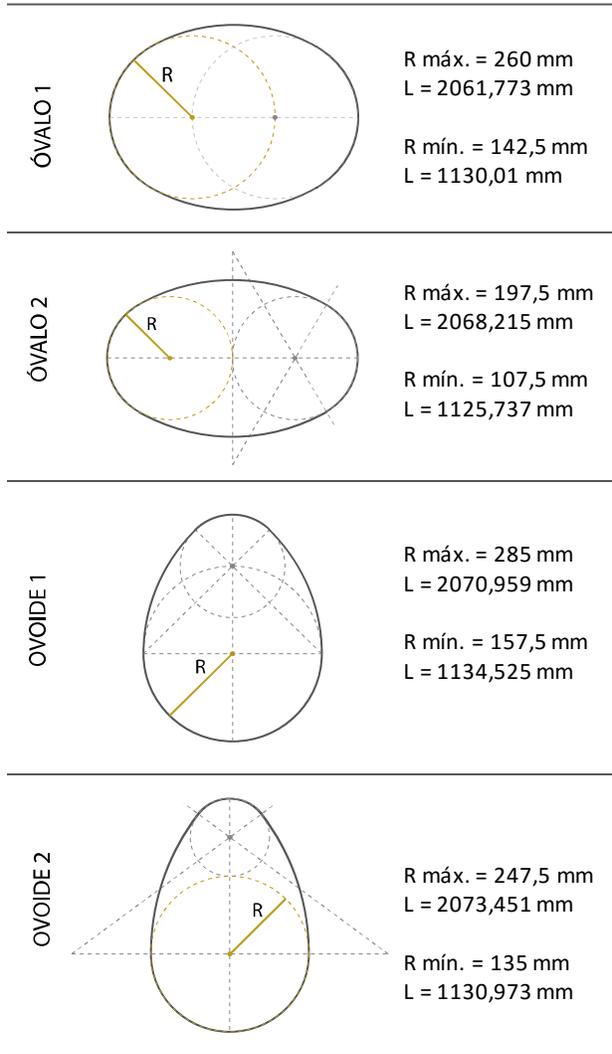


R máx. = 330 mm
L = 2073 mm

⁵Definiciones obtenidas de www.dibujotecni.com Geometría métrica y descriptiva.

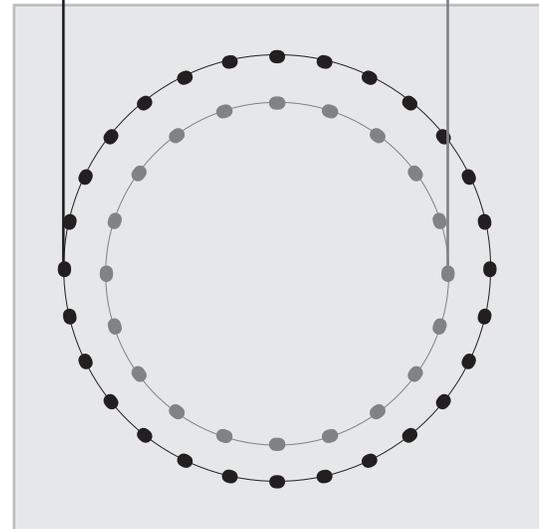
VALOR DE CADA RADIO PARA OBTENER PERÍMETROS MÍNIMO Y MÁXIMO.

MATRIZ UTILIZADA



PARED EXTERNA

PARED INTERNA

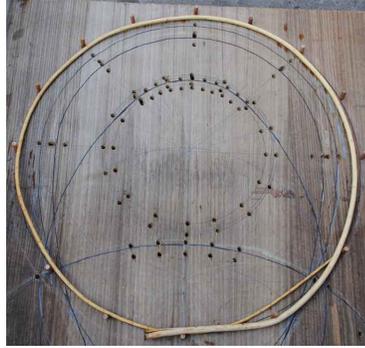


Matriz para entender el comportamiento de la vara.

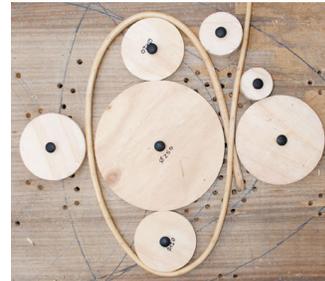
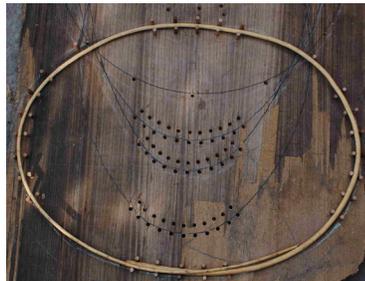
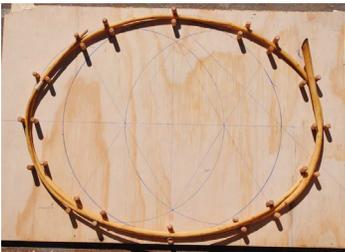
PUNTOS DE APOYO EN
TODA LA CURVA



PUNTOS DE APOYO SOLO EN ARCOS
DE CIRCUNFERENCIAS INTERNAS



RODILLOS SOLO EN LOS ARCOS
DE CIRCUNFERENCIA INTERNA
DE LA CURVA TÉCNICA



OBSERVACIONES

CIRCUNFERENCIA Y ÓVALO: La vara tiende a apoyarse en las paredes externas de tarugos, infiriendo que existe un retorno a su estado natural, la de vara “recta”.

Debido a que la circunferencia es una curva regular en la que todos sus puntos equidistan en un mismo punto llamado centro, la vara no está sometida a grandes tensiones, más que las fuerzas realizadas como resistencia a la fuerza de flexión.

OVOIDE: A diferencia de las dos curvas anteriores, en ésta, la vara de mimbre tiende a apoyarse en la pared interior en el arco de circunferencia de menor diámetro, mientras que, en el arco de mayor diámetro de circunferencia, la vara tiende a apoyarse en la pared exterior de tarugos. En la transición entre los dos arcos opuestos, la vara tiende a la neutralidad, no apoyándose

en las paredes. Esto es un reflejo de que la vara trata de neutralizar y contrarrestar las tensiones a las que se ve sometida por estos dos arcos. Esta neutralidad se denominará “curvatura natural de transición”.

Una vez seca, la vara se deshincha existiendo una mínima holgura que compensa las tensiones y haciendo que la vara se apoye en la pared externa de tarugos.

El arco de mayor tensión dentro de la curva es el de menor diámetro, por lo que debe ser reforzado, aumentando los puntos de contacto.

Es así que se decide probar nuevamente, pero reforzando solo los arcos de circunferencia de mayor tensión en el óvulo y ovoide con las longitudes mínimo y máximo definidas al inicio.

El diámetro menor de la vara (tramo superior) al ser menos rígida, es más fácil su manipulación, pero dentro de la curva técnica, al no tener puntos de contactos que la contengan, se deforma, no continuando la curva.

Tras aumentar los puntos de contacto en los arcos de circunferencia de mayor tensión (circunferencias internas de la curva técnica), se observa que, en la transición, efectivamente, la vara adquiere una curvatura natural que es similar a la curva definida técnicamente.

A raíz de lo anterior, se analiza la posibilidad de crear matrices que solo controlen estos puntos de mayor tensión, que corresponden a tensiones de compresión.

CONCLUSIONES

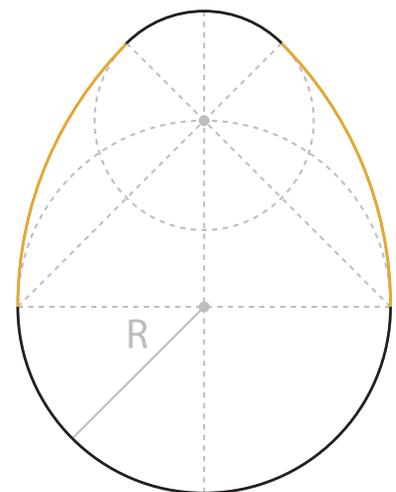
La vara siempre trata de retornar a su estado natural, la de vara "recta". Esto se observa en todas las curvas, pero más se observa en la circunferencia donde la vara se apoya de manera uniforme en la pared externa de tarugos, como resistencia a la flexión.

El mimbre tiene una curvatura natural de transición al ser flexionada longitudinalmente bajo curvas técnicas cerradas. Esta curvatura natural está determinada por las tensiones de compresión de los arcos de menor radio que componen la geometría.

Los arcos de circunferencia de menor radio en la geometría de cada curva necesitan mayor área de contacto

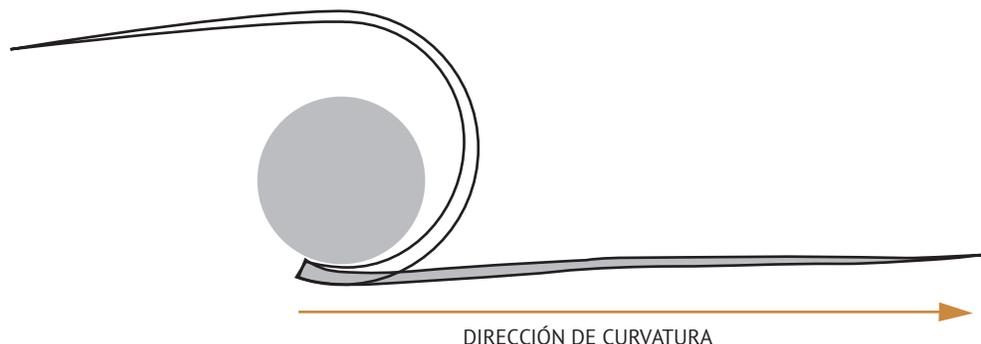
El tramo base de la vara, es decir, la sección de mayor diámetro, es la más difícil de manipular y curvar, debido a su rigidez y a la corta longitud que va quedando como palanca de giro. Es por ello que la vara debe ser curvada desde la sección de mayor diámetro a la de menor diámetro.

El mimbre pierde resistencia estructural a medida que aumenta el tamaño de la curva técnica, aumentando con ello la diferencia diametral de la vara en el cierre de la curva.



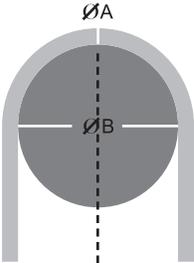
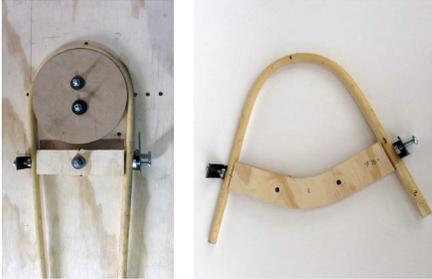
— Curvatura natural de transición

— Arcos de menor radio menor



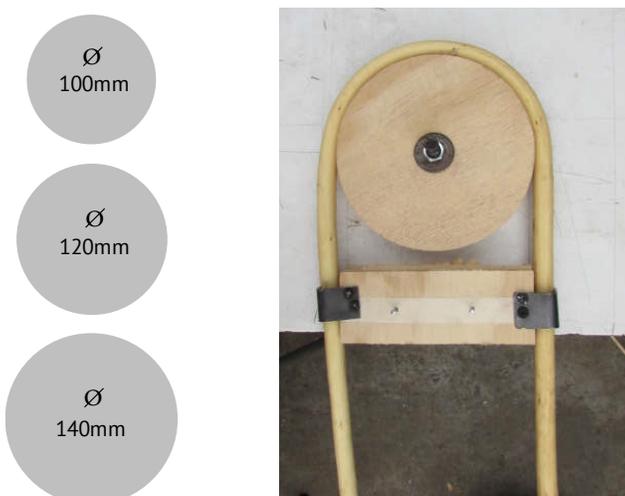
2.2. GRAMÁTICA FORMAL

Para esta segunda etapa, se consideró la memoria de pregrado del diseñador industrial Nicolás Plubins, quien determinó una relación entre el diámetro de la vara de mimbre y el diámetro mínimo que debe tener la matriz de curvatura para que la vara no sufra rotura de compresión. Esta relación es la primera condición que determina la exploración de un lenguaje formal de la vara de mimbre maduro blanco. De la memoria también se considera tiempo de secado y matrices.

<p>RELACIÓN DIÁMETROS VARA/MATRIZ</p>  <p>A = Diámetro de sección.</p> $\frac{\varnothing \text{ mimbre}}{\varnothing \text{ matriz}} = \frac{\varnothing A}{\varnothing B}$ <table border="0"> <tr> <td rowspan="2">}</td> <td>Hipótesis</td> <td>$\frac{1}{6}$</td> </tr> <tr> <td>Conclusión/ Sugerencia</td> <td>$\frac{1}{10}$</td> </tr> </table> <p>Sección de diámetro: corresponde al diámetro de vara que se encuentra en el eje simétrico del ángulo de curvatura.</p>	}	Hipótesis	$\frac{1}{6}$	Conclusión/ Sugerencia	$\frac{1}{10}$	<p>SECADO Se considera tiempo y temperatura de secado.</p> <p style="text-align: center;">40°C 18 HRS</p> <p>MATRIZ DE SECADO</p> <p>La matriz de secado define el ángulo de curvatura, prescindiendo de la matriz de radio de curvatura.</p> 
}		Hipótesis	$\frac{1}{6}$			
	Conclusión/ Sugerencia	$\frac{1}{10}$				

2.2.1 EXPLORACIÓN 1

Para comprobar la relación 1/10 sugerida por el diseñador, se prueban 3 diámetros de vara: 10mm – 12mm – 14mm, los que fueron curvados en matrices con diámetros de 100mm, 120mm y 140mm respectivamente. El ángulo de curvatura a utilizar es el de 180°, ya que es el ángulo donde la vara está sometida a mayor tensión por compresión. Se realizaron 6 pruebas por cada diámetro.



CURVADO

- 1° Cada vara es sujeta en la sección de mayor diámetro (A)
- 2° Se curva o flexiona
- 3° Se sujeta el otro extremo recto de la vara (B).

RESULTADO

De todas las varas, solo una resultó con rotura. Se presencia curvatura natural de la vara en la última sección (B). Para eliminar esa curvatura se aplica una fuerza opuesta, pero no la elimina del todo

2.2.2 EXPLORACIÓN 2

2.2.2.1 PRUEBA 1: GRAMÁTICA DE LA FORMA

Para desarrollar un lenguaje formal, se utilizó la gramática formal propuesta por G. Stiny y J. Gibbs, la que consiste en un sistema de generación de formas a partir de reglas en la bidimensionalidad.

Como plataforma de dibujo y exploración se utilizó el software Autodesk Inventor.

La primera condición para el desarrollo de la gramática formal del mimbre, es la relación de diámetros entre la vara y la matriz de curvatura.

$$\frac{\emptyset \text{ VARA}}{\emptyset \text{ MATRIZ}} = \frac{1}{10}$$

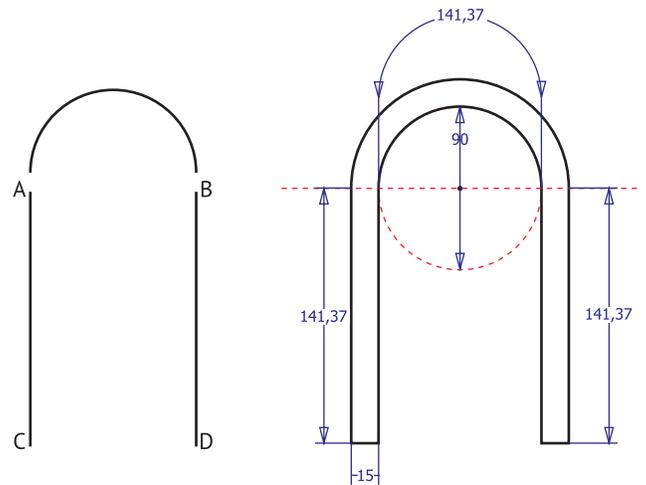
PROCEDIMIENTO

Para desarrollar una gramática formal es necesario definir un conjunto finito de formas iniciales.
(Figura: círculo y rectas)

Se opta por probar un ángulo de curvatura de 180°, como ángulo de mayor tensión de compresión para la vara.

La longitud de las rectas AC y BD está en proporción al arco de circunferencia AB. En este caso la proporción es 1 : 1. (L0=L1)

Para su construcción física, a través de matrices, es necesario visualizar el espacio ocupado por la vara en el dibujo, por lo que se considera un "offset" de 15mm, determinado por el promedio de diámetros a los 100mm desde la base.



Definida la forma inicial, se procede a las relaciones espaciales.

Las relaciones y reglas a aplicar corresponden a rotaciones.

Se aplica como regla visual de adición y sustracción

Regla: Eliminar todo vértice aplicando "fillet" = radio de curvatura.

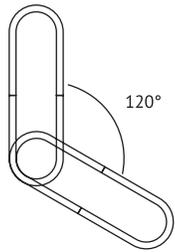
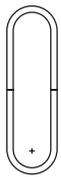
En este caso: fillet = 50mm



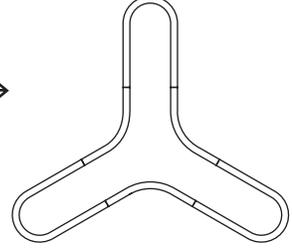
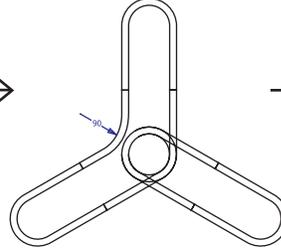
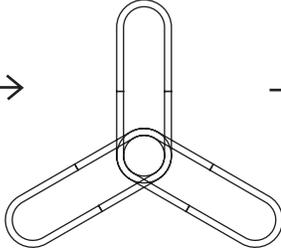
FORMA INICIAL

REGLAS

FORMA FINAL



120°

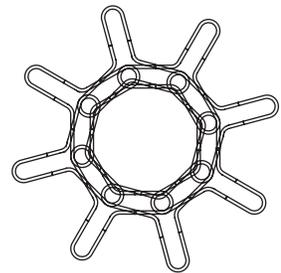
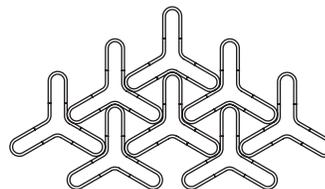
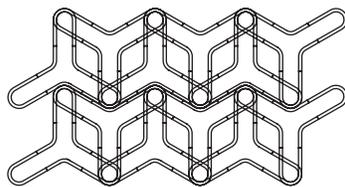
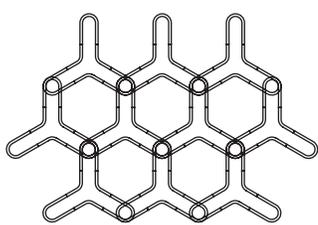


Rotación

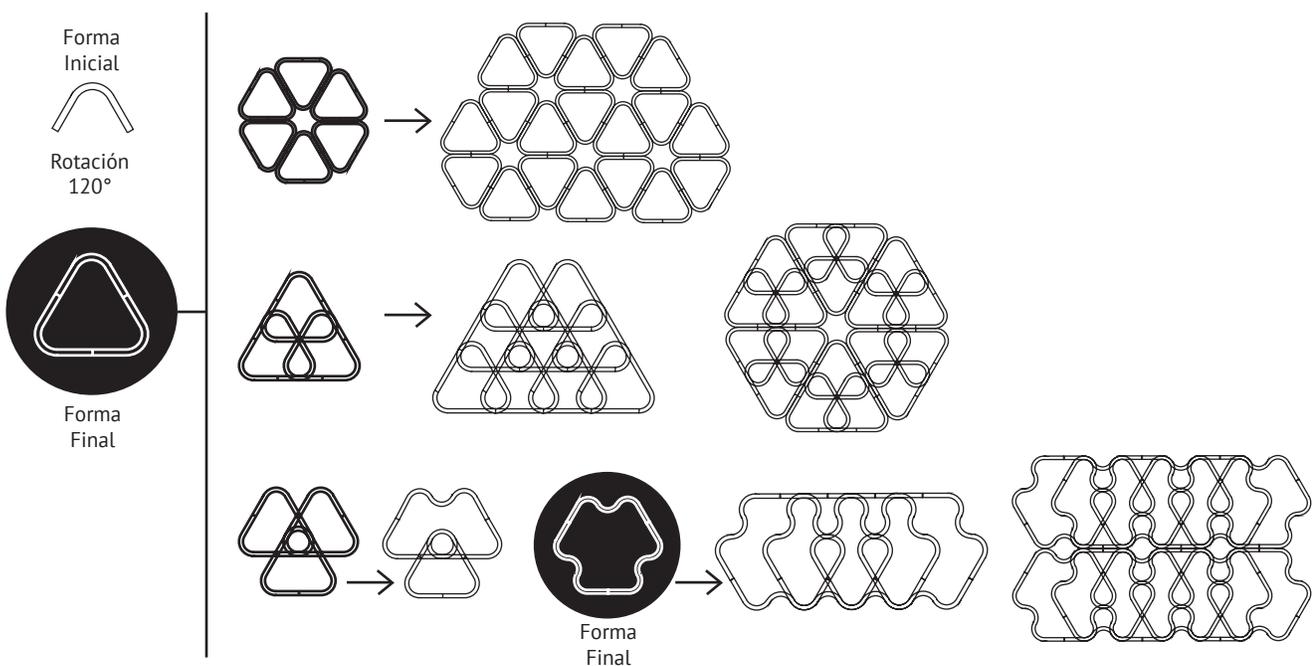
Sustracción y adición

DERIVACIONES

o posibilidades de configuraciones espaciales del módulo o forma inicial



Nuevas formas finales y otras derivaciones a partir de una formal "final"



CONSTRUCCIÓN FÍSICA

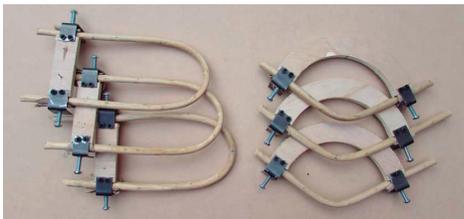
Este módulo se construyó con piezas de longitudes cortas de vara de mimbre con el fin de utilizar matrices de secado con miras a una producción más industrial.

Se realizaron 2 configuraciones:

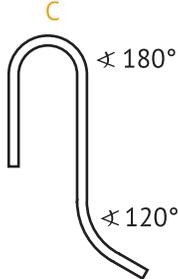
- (a) 2 tipos de pieza: áng. 180° y 120°. Para un módulo son necesarias 3 piezas de cada tipo.
- (b) 1 tipo de pieza: la unión de las dos piezas anteriores. Son necesarias 3 piezas para su construcción.

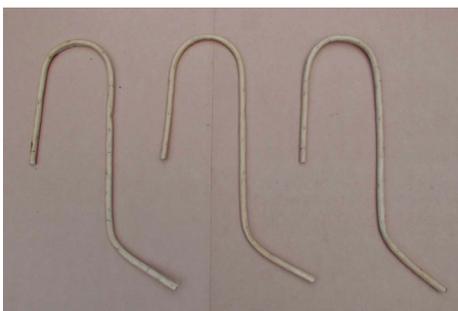
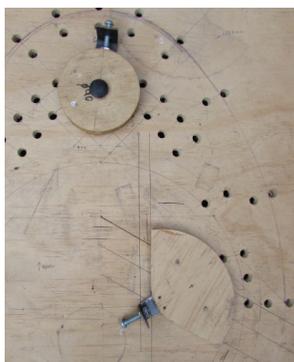
CONFIGURACIÓN (A)

 <p>A</p> <p>∠ 180°</p>	 <p>B</p> <p>∠ 120°</p>
<p>LONGITUD DE PIEZAS</p> <p>Pieza A = 423,97mm Pieza B = 208,48mm</p>	
<p>ÁNGULO DE CURVATURA</p> <p>Pieza A = 180° Pieza B = 120°</p>	
<p>RADIO DE CURVATURA</p> <p>45mm</p>	



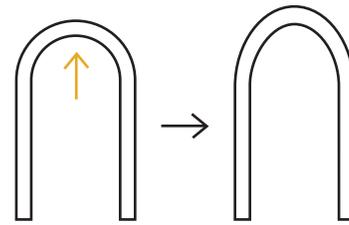
CONFIGURACIÓN (B)

 <p>C</p> <p>∠ 180°</p> <p>∠ 120°</p>
<p>LONGITUD DE PIEZAS</p> <p>Pieza C = 847,94 mm</p>
<p>ÁNGULO DE CURVATURA</p> <p>Pieza C = 180° y 120°</p>
<p>RADIO DE CURVATURA</p> <p>45mm</p>

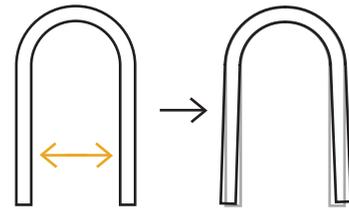


OBSERVACIONES

- Al utilizar matriz de secado, en el ángulo de curvatura 180°, la vara presenta deformación en el arco de circunferencia, no replicando la curva a la cual fue sometida.
- Al unir las piezas de la configuración (b) se observa irregularidad en el plano. Se infiere que la irregularidad se presenta al momento de retirar la pieza de la matriz de curvado con la matriz de secado, ya que esta última al componerse por dos piezas desvinculadas, su posición espacial queda determinada por las tensiones que presenta la pieza una vez curvada.
- La vara de mimbre una vez seca y desprendida de la matriz, presenta un efecto "springback" o efecto rebote (Plubins, 2015) que toma relevancia al unir las piezas de un módulo. En las dos configuraciones se realizaron uniones a testa que no resistieron el efecto rebote que en el sistema módulo se traduce en mucha tensión. Como consecuencia resulta un módulo inestable estructuralmente.



Deformación de arco de circunferencia

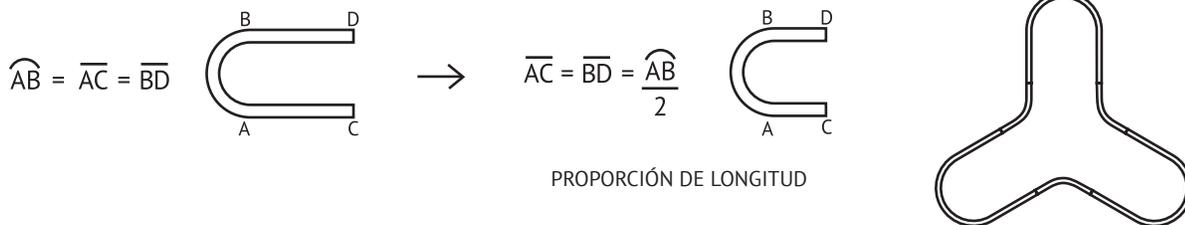


Efecto "springback" o rebote

CONFIGURACIÓN (C)

A partir de las observaciones anteriores se decide realizar la misma forma, pero cambiando la relación de longitud de la figura inicial y aumentando la relación de diámetros.

También se prueban matrices que funcionan como matriz de curvado y secado.



<p>A</p> <p>∠ 180°</p>	<p>B</p> <p>∠ 120°</p>
LONGITUD DE PIEZAS	
Pieza A = 659,72mm	
Pieza B = 197,33mm	
ÁNGULO DE CURVATURA	
Pieza A = 180°	
Pieza B = 120°	
RADIO DE CURVATURA	
105mm	



PIEZA A

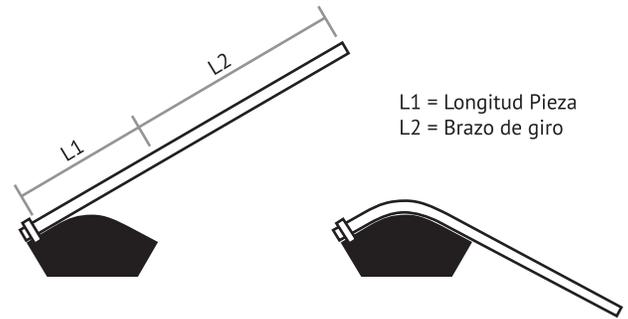


PIEZA B

La pieza B se intentó curvar como pieza única (como se curvó la pieza A), pero debido a la longitud de vara a utilizar para esta pieza resultó ser una opción poco eficaz, ya que para conseguir curvar esa magnitud de vara fue necesario utilizar un brazo de giro con una longitud mayor a la de la pieza.

Debido a que la vara de mimbre trabaja mal a esfuerzos de compresión, esta necesita mayor punto de apoyo en estas áreas.

En base a lo anterior se opta por una matriz con curva y contra-curva del ángulo de giro correspondiente, aprovechando su flexibilidad como material.



CONCLUSIONES

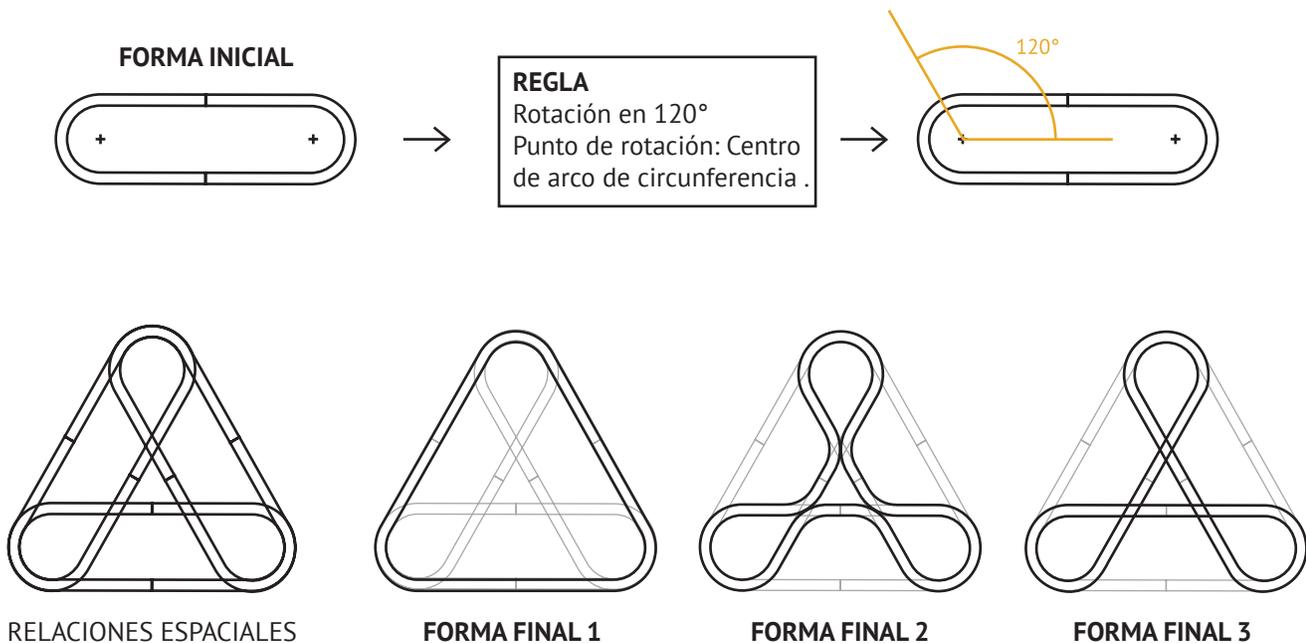
Utilizar un sistema de piezas con matrices de secado para la obtención de módulos o figuras cerradas resulta un método poco práctico y eficaz para obtener piezas regulares. El proceso también es engorroso al momento de unir las piezas de un módulo, ya que la pieza al presentar efecto rebote o “*springback*” debido a las tensiones de compresión, estas afectan en el sistema módulo, aumentando las tensiones y la irregularidad estructural. Por lo que se descarta esta opción de composición y construcción para un módulo.

De la composición (C) se concluye que la vara de mimbre maduro blanco debe ser curvada y secada en una misma matriz ya que permite una deformación controlada del material, disminuyendo su efecto rebote y la irregularidad en un plano.

2.2.2.2 PRUEBA 2: REGLAS VISUALES

Se realizó otro ejercicio con el que se explica cómo es que las reglas de transformación resultan ser visuales, que a través de una regla es posible generar múltiples formas, y cómo estas formas se pueden realizar con la misma matriz.

Para ello se analiza la misma forma inicial con ángulo de curvatura 180° y con una sola regla.



CONSTRUCCIÓN FÍSICA

Para la exploración formal se utilizó un sistema de banco de matriz a base de rodillos o circunferencias de terciado de madera.

En cuanto a la longitud de la vara, se utilizó la vara completa (3000mm) pero como se curvan 3 posibilidades formales bajo una misma matriz, cada módulo utiliza distinta magnitud de vara. Así, en la forma final 1 se utiliza menor longitud de vara de mimbre que la forma final 2 y 3.

Para establecer las variables se definió en primera instancia el diámetro de curvatura, el cual condiciona el diámetro de sección de vara a utilizar bajo la relación de diámetros 1/10.

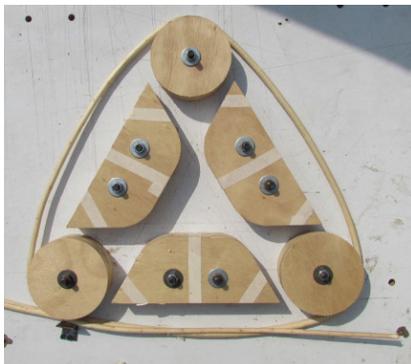
Relación diámetros:	1/10
Diámetro sección vara:	12 mm
Diámetro de curvatura mínimo:	60mm

TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO

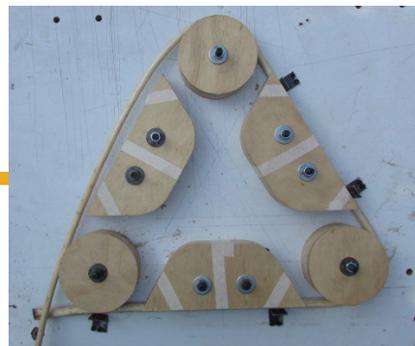
Los módulos fueron secados en la misma matriz de curvatura que se encuentran fijos en un banco de matriz. El secado fue realizado a la intemperie debido a las dimensiones del banco: 200x80cm, por lo que la temperatura de secado no fue controlada.

En cuanto al tiempo de secado, se necesitaron 2 días para obtener piezas secas.

CONSTRUCCIÓN FÍSICA FORMA FINAL 1

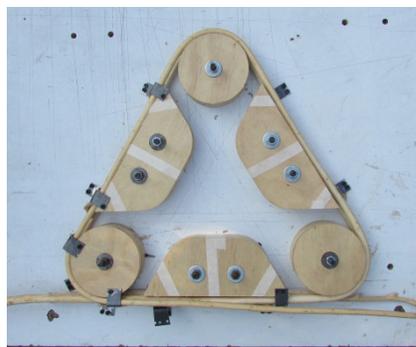


Lo primero fue evidenciar el curvado natural de la vara de mimbre en una forma compuesta por rectas.
De ello se desprende que es necesario la intervención de prensas (sargentos) o en este caso el uso de sujetadores de metal.

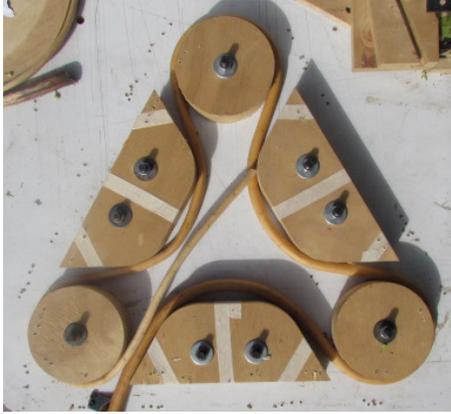


Se comienza sujetando la sección de mayor diámetro de la vara.
Tras el primer arco de circunferencia se aprecia la curvatura natural de la vara de mimbre, la cual se traduce en una gran resistencia para conseguir una recta. A raíz de esto, se realiza una contra curva que logra disminuir esa resistencia de la vara

Para conseguir tramos rectos fueron fundamental los sujetadores en cada vértice, es decir, el punto de enlace entre arco de circunferencia y recta.



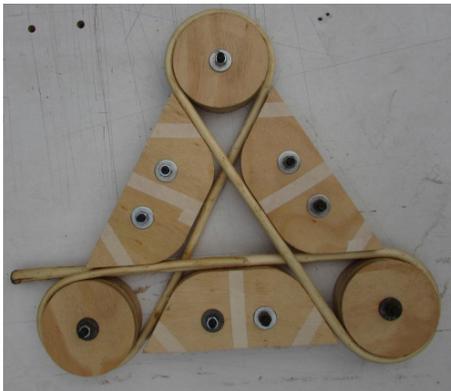
CONSTRUCCIÓN FÍSICA FORMA FINAL 2



Al realizar la figura final 2 se observa nuevamente el curvado natural de transición de la vara, el cual, en este caso, resultó imposible controlar para conseguir una recta. La recta a conseguir tiene una longitud de 80mm, 40mm menos al diámetro de curvatura, por lo que se piensa que debe existir una relación mínima entre la recta y el diámetro de curvatura que permita establecer cuándo una recta es imposible de obtener frente a las tensiones que presenta la vara.



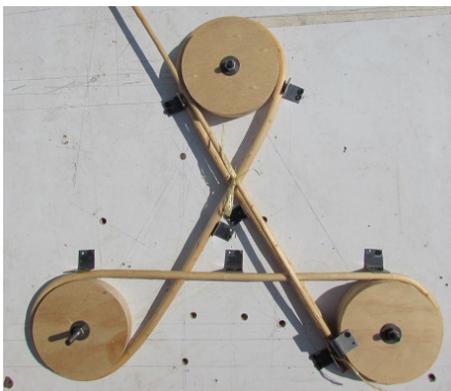
CONSTRUCCIÓN FÍSICA FORMA FINAL 3



En el curvado de la figura final 3 no se presentaron complicaciones. Se probó si la matriz para conseguir rectas era vital o si solo bastaban puntos de sujeción.

Resultando que si se puede prescindir de la matriz para las rectas utilizando 3 puntos de sujeción: uno en cada vértice o puntos que definen la recta, y un tercero en el centro de la recta, ya que tiende a curvarse levemente.

Al sacar el módulo de la matriz, una vez seco, se pudo presenciar el efecto rebote o *springback* del sistema. La suma de tensiones deforma la pieza final, la cual desaparece al unir y cerrar el módulo.



EFFECTO REBOTE DEL MÓDULO (SECO)



MÓDULO CERRADO

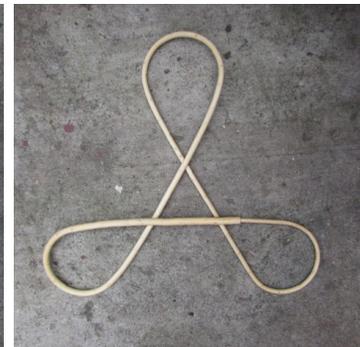


FIGURA FINAL 2.0

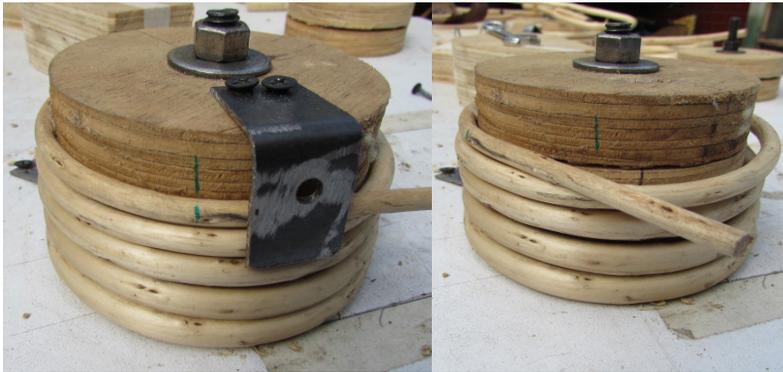
Se realizó una variación a la figura final 2, donde se observa que la continuidad de curva-contracurva es la forma óptima de curvar la vara de mimbre maduro blanco ya que no se necesita más que dos puntos de sujeción: uno para iniciar el curvado y un segundo como sujeción para el último tramo de vara a curvar.

El generar figuras y módulos a base de curvas y contra-curvas responde a la naturaleza de la vara de mimbre, que se traduce en la facilidad de manipular el material.



2.2.2.3 PRUEBA 3: OTRAS CONFIGURACIONES

FIGURA 1



Se llevó la relación de diámetros 1/10 al extremo, curvando una vara para la obtención de un espiral.

Para ello se utilizó un diámetro de curvatura de 100mm, por lo que el diámetro sección mayor a utilizar fue de 10mm.

Al sacar la pieza una vez seca, se observa un desplazamiento de rebote de 40mm.



Se presenció una pequeña rotura en la dermis y quiebres en el último tramo de la vara (sección de menor diámetro)

Si bien se logró obtener un espiral, el resultado no fue el mejor debido a la irregularidad del trazo como consecuencia de las tensiones de compresión.

Esta forma evidencia que la vara de mimbre maduro blanco no trabaja bien bajo fuerzas de compresión.

Una de las consideraciones que se debe tener al momento de dibujar la figura o el módulo para posteriormente curvar la vara de mimbre son las pérdidas de material dentro de la longitud máxima de vara⁶.

Una de esas pérdidas son las imperfecciones que presenta en su base como consecuencia de la cosecha de la materia prima.

Estas imperfecciones corresponden a grietas y manchas que alcanzan los 100mm de longitud.

Sin embargo, esta pérdida de material se transforma en funcional al servir como punto de sujeción para el inicio de la curvatura.



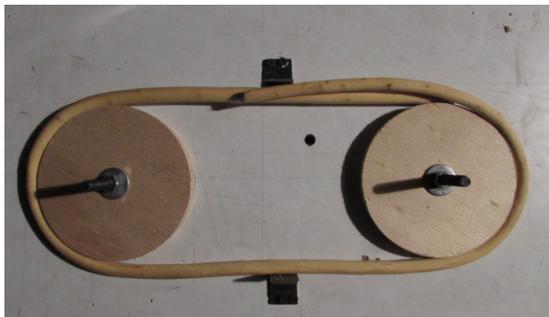
Para el desarrollo de las figuras 2 y 3 se utilizó la longitud máxima de vara con el fin de visualizar las pérdidas de material y obtener esas consideraciones al momento de curvar este material.

FIGURA 2



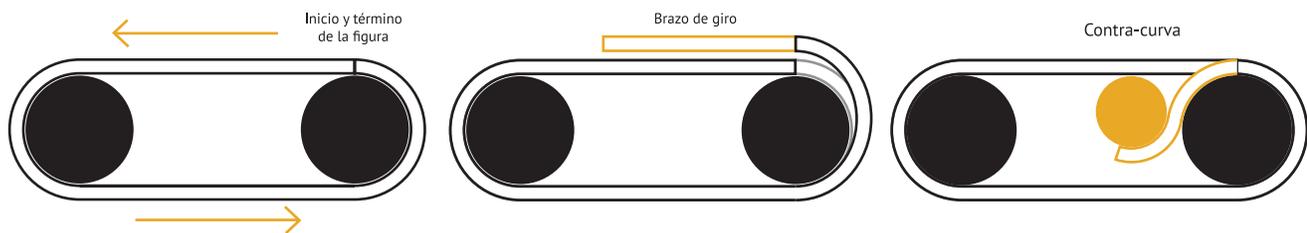
En la figura 2 se observa que es necesario contar con una longitud de vara como brazo de giro para terminar el trazado de la forma.

FIGURA 2.1



Para determinar la longitud que debe tener el brazo de giro, se realizó una prueba con brazos de giro de 100mm, 150mm y 200mm de longitud. La forma donde se probó corresponde a dos arcos de circunferencia de diámetro 140mm.

Esta figura resultó ser una forma con mucha tensión, apreciándose curvatura natural de transición en el último tramo de la vara de mimbre que corresponde al brazo de giro. Por lo que fue necesario un brazo de 200mm para realizar la contra-curva que ayuda a disminuir la fuerza de tensión y darle continuidad al trazo de la figura.

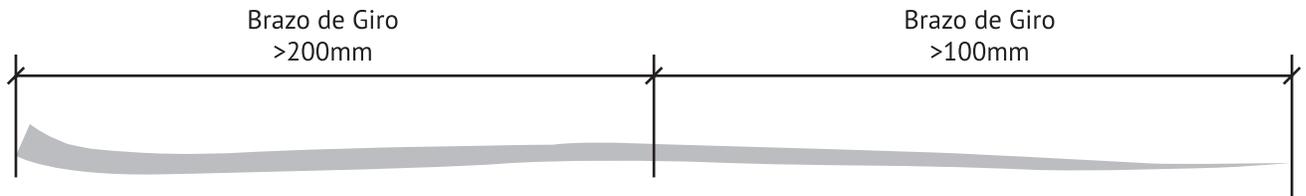


⁶Para este proyecto la longitud máxima de vara corresponde a 3000mm, que equivale al tamaño del tubo de PVC donde fueron humectadas las varas

Sin embargo, la prueba anterior no responde al comportamiento de la vara completa, ya que el brazo de giro está determinado por el diámetro de la vara que termina el trazo de la figura.

Es lo que se visualiza entre la figura 2 y la figura 2.1. En la figura 2 fue menos complejo terminar el trazo del módulo a pesar de contar con menor longitud de brazo de giro que la figura 2.1.

Es decir, manteniendo un mismo diámetro de curvatura, se necesitará menor longitud de brazo de giro para la sección de menor diámetro de la vara, y un mayor brazo de giro para la sección de mayor diámetro de vara. Cuando se utilice un mayor brazo de giro es porque la longitud de vara a utilizar es igual o menor a 1500mm



Es así que dentro de los 3000mm de longitud de vara existen al menos 200mm de pérdida de material: 100mm por deterioro del material y 100mm por brazo de giro necesario para terminar el trazo de la figura.

Pero este material de pérdida es totalmente funcional para realizar la técnica del curvado.

FIGURA 3



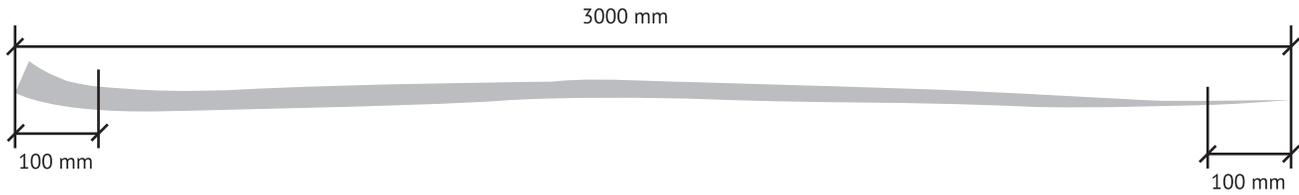
En la figura 3 se aumentó el diámetro de curvatura, utilizando diámetros de 310mm y 480mm.

Una vez seco el módulo, se observa inestabilidad estructural. Por lo que trabajar la vara con diámetros de curvatura en la relación 1/10 y no mayor y sin rectas, es la forma más óptima para conseguir mayor estabilidad estructural en un módulo.

En cuanto al diámetro de curvatura mínimo para trabajar la vara completa es de 140mm. Este diámetro corresponde al promedio de los diámetros a los 100mm desde la base de la vara hacia la cúspide (existiendo una tolerancia en 1mm).

CONCLUSIONES

PÉRDIDA DE MATERIAL

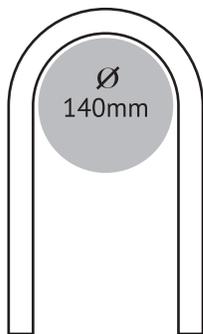


El material de pérdida es totalmente funcional para la técnica del curvado, ya que permite aprovechar la longitud máxima de la vara de 2800mm. Por un lado, los 100mm de base sirven como punto de sujeción inicial y los 100mm ayudan a terminar el trazo de la figura.

100mm mínimo de diámetro base por deterioro del material.

100mm mínimo de diámetro de la cúspide de la vara como brazo de giro.

DIÁMETRO DE CURVATURA MÍNIMO



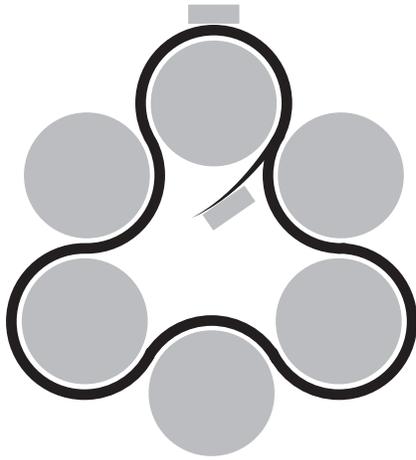
La relación entre los diámetros de vara y de matriz: 1/10 comanda la construcción formal de un módulo. Por lo que se establece que el diámetro de curvatura mínimo debe ser de 140mm considerando la longitud de vara útil, es decir, 2800mm. Este diámetro se establece por el promedio de diámetros en los 100mm desde la base a la cúspide de la vara.

RESISTENCIA ESTRUCTURAL MÓDULO

Un módulo o figura es más estable estructuralmente entre más pequeño sea el diámetro de curvatura, considerando un diámetro de 140mm como el mínimo.

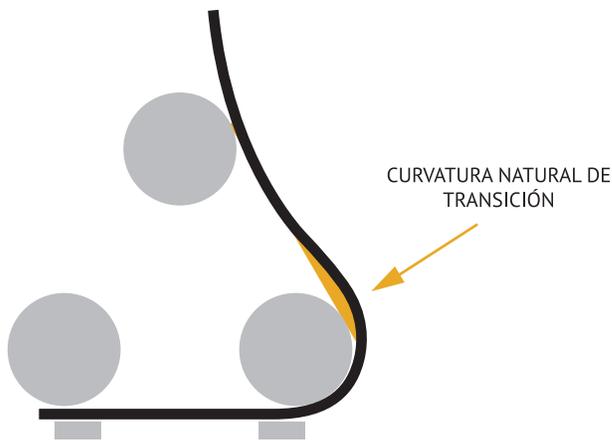
Se puede deducir que entre más arcos de circunferencia tenga la figura o el módulo, más estable es estructuralmente.

CURVAS V/S RECTAS



Si la forma está compuesta solo de arcos de circunferencia, esta solo necesita 2 sujetadores: uno para comenzar a curvar (diámetro mayor de mimbre) y otro para sujetar el último tramo de la vara (brazo de giro)

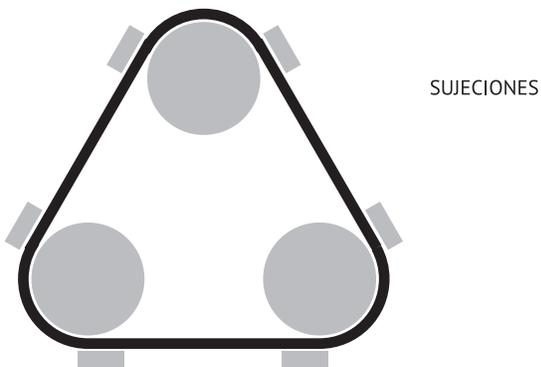
El generar figuras y módulos a base de curvas y contra-curvas responde a la naturaleza de la vara de mimbre, que se traduce en la facilidad de manipular el material.



Si la forma está compuesta por curvas y rectas es necesario utilizar sujetadores en cada vértice de la figura (transición de un arco a recta), debido a la presencia de curvatura natural de transición que en este caso no favorece en su construcción.



Para eliminar la curvatura natural de transición, es necesario realizar una contracurva que ayude a disminuir esa tensión que no permite la recta en la figura.



Por lo que la forma óptima de trabajar la vara a través de rodillos es utilizando curvas y contra curvas (formas sin rectas) ya que hace prescindir de las sujeciones necesarias para obtener rectas, y por otro lado esta manera de construir formas responde a la naturaleza de la vara de mimbre, que se traduce en la facilidad de manipular el material

2.2.2.4 PRUEBA 4: UNIONES DE CONTINUIDAD

Una de las principales dificultades de la vara de mimbre maduro blanco como material es la diferencia de diámetros que se presentan a lo largo de ella y la diferencia de diámetros que presentan entre las varas, es decir, la irregularidad como material.

Estas diferencias de diámetros toman gran relevancia al momento de cerrar el trazo de una figura o módulo. ¿Cómo disminuir esta constante de diferencia de diámetros? ¿Cómo hacer de esta diferencia una virtud u obtener potencial de ella?

Es así que aparece la pregunta de cómo realizarlo. Como primera solución se realiza una unión a testa con espiga de bambú.

La espiga se realiza con una vara de bambú de 3mm de diámetro, popularmente conocida por “palo de brocheta”. El diámetro del bambú coincide con el promedio del diámetro del núcleo de la vara de mimbre.

El ser reemplazado el núcleo por bambú más acetato de polivinilo (PVA), la vara aumenta en resistencia. Su objetivo es darle continuidad a la vara a través de su centro o núcleo

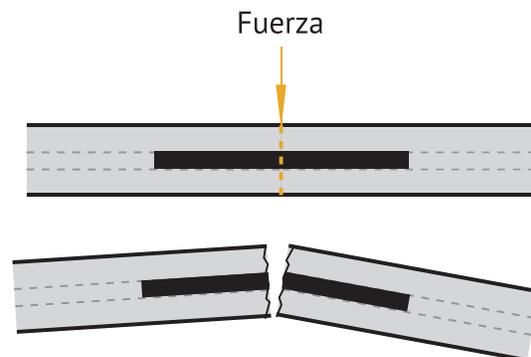
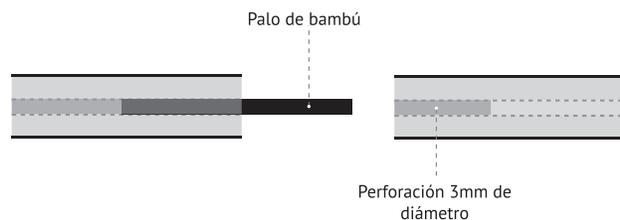
Esta unión fue probada en las piezas de la *Prueba N° 1: Gramática formal*. Debido a la presencia de tensiones en el sistema módulo por el efecto rebote en cada pieza, la unión a testa con espiga resultó ser inadecuada al presentar rotura en presencia de baja carga, es decir, al comprimir y torcer el módulo con las manos este sufre una fractura en la espiga.

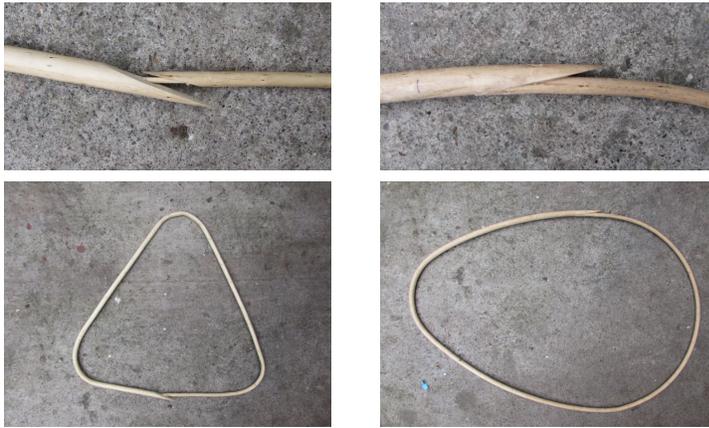
Sin embargo, al volver a perforar los núcleos de las piezas, ahora con presencia de bambú, resulta ser rígido y difícil de perforar, dando indicio de que reemplazar el núcleo por otro material del mismo tipo pero con mayor densidad refuerza internamente a la vara.

Se prueba nuevamente la unión con espiga, pero esta vez aumentando el área de contacto con un corte diagonal de 20° y en 2 varas rectas de 10cm de largo como aproximación.

Esta unión resultó ser satisfactoria, contribuyendo resistencia.

Pero al utilizar esta unión en módulos donde se utiliza la vara completa, es decir, módulos de las Pruebas 2 y 3, la diferencia de diámetros entre el inicio y término del trazo fue considerable y determinante en que no era una opción válida.





Conseguir el corte con ángulo de 20° resulta dificultoso al ser cortada con marco de sierra ya que al tratarse de una vara de sección circular tiene movimiento de rotación que afectan en el corte. También se probó con ingleteadora, si bien se consiguió un buen resultado, el trozo a eliminar se comportaba como proyectil.



CORTE CON SIERRA



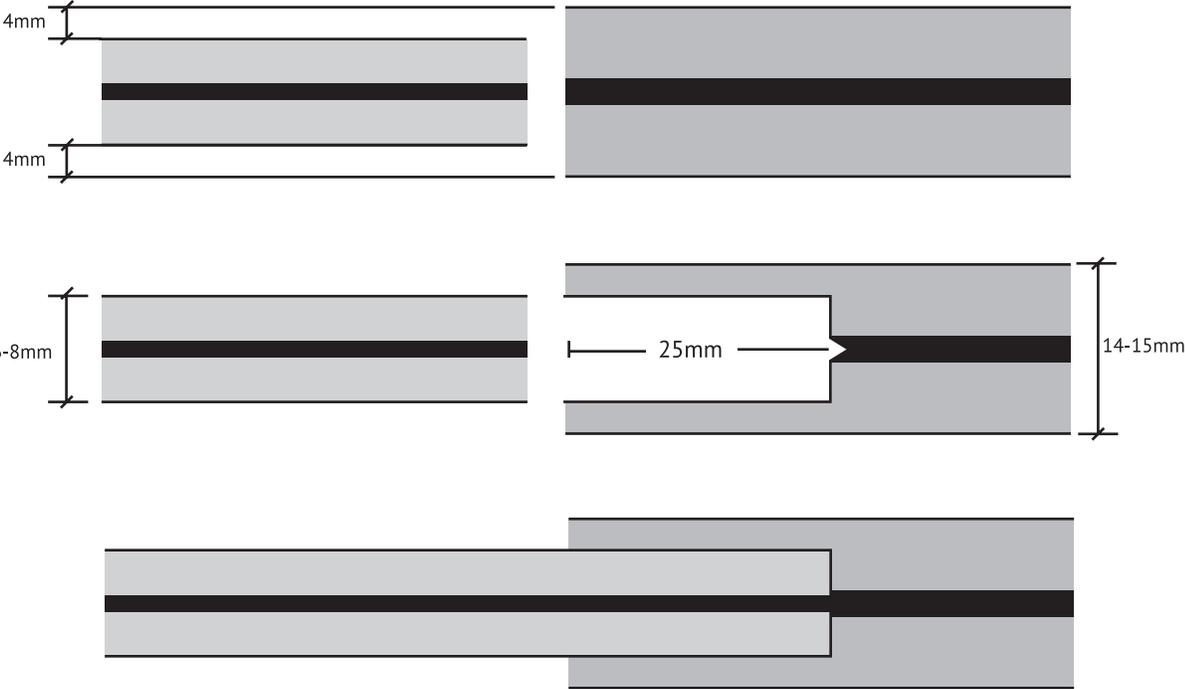
CORTE CON INGLETEADORA

Manteniendo el principio de reforzar el centro de la vara, esta diferencia de diámetro se aprovecha, convirtiendo la vara de menor diámetro en "espiga". Es decir, la vara de menor diámetro se introduce sobre la de mayor diámetro.
Esta unión en relación a la anterior con corte diagonal, le otorga resistencia y disminuye las tensiones que puede tener el módulo.

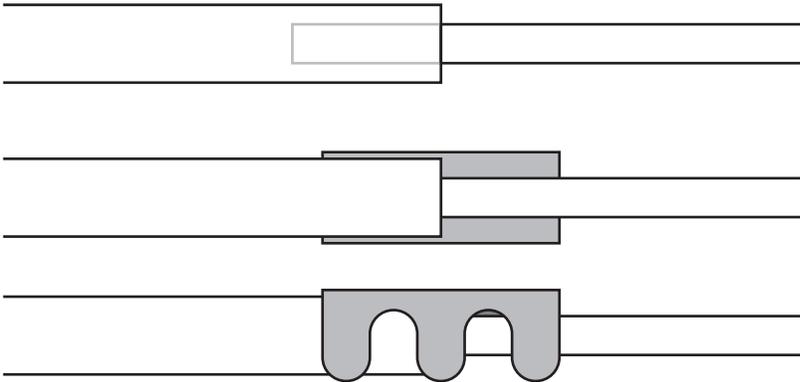
La diferencia promedio de los diámetros (entre los 100mm y los 2800mm de largo de vara) para la unión es de 8,2mm, esto posibilita perforar una vara con broca de 8mm a 10mm.



DIMENSIONES PARA LA UNIÓN



Para hacer imperceptible la diferencia de diámetros, se construyó una pieza con impresión 3D que suplira esta diferencia



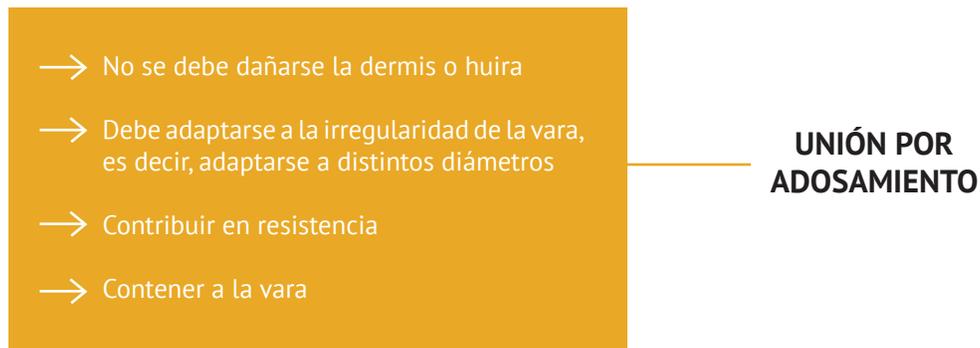
2.3 COMPOSICIÓN ESPACIAL

2.3.1 UNIONES ESPACIALES

Una vez definido el comportamiento de la vara de mimbre maduro blanco bajo la gramática formal de Stiny y Gips, obteniendo módulos que se construyen en un plano, ahora lo que se busca es su relación espacial, su configuración volumétrica.

En la actualidad, para construir estructuras con varas de mimbre maduro blanco estas son clavadas, lo que produce que la vara se raje y la debilite, afectando en la resistencia del sistema estructural, considerando que la dermis de la vara es la que contribuye mayor resistencia dentro de las tres fibras que la componen.

Es por ello que la manera de unir los módulos debe ser bajo los siguientes criterios:



Es así que la unión debe ser por adosamiento, la cual sea capaz de: adaptarse, contener y contribuir en resistencia.

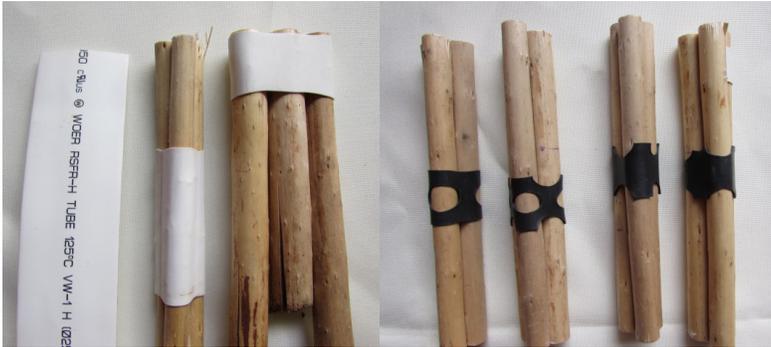
RELACIONES ESPACIALES

La construcción volumétrica se analiza bajo la relación espacial de planos. Se analiza una relación por adosamiento, superposición e intersección.



PRUEBA N°1

Bajo estos requerimientos se buscó en el mercado un material que cumpliera con ello. Es así que se probó con PAI y con manga termocontraible, dos materiales que reaccionan ante la presencia de calor, contrayéndose.



MANGA TERMOCONTRAIBLE



PAI

Entre estos dos materiales, la manga termocontraible es la que mejor se adapta al material, apretando y generando adosamiento entre las varas. En cambio, el material PAI si bien contribuye en resistencia, esta se adapta, pero no genera presión, quedando suelta.

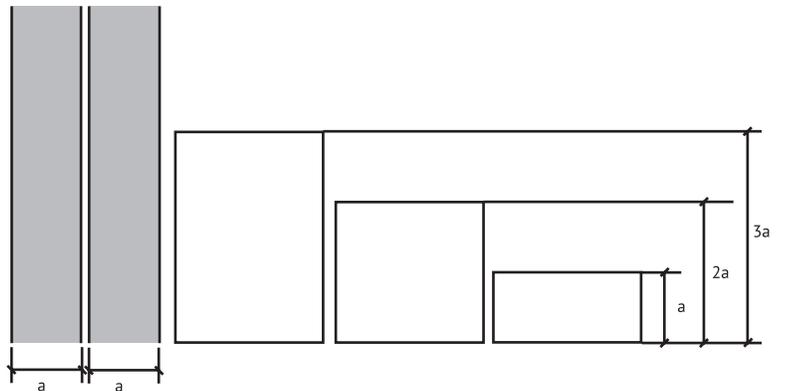
Es así que la manga termocontraible se prueba en unión por adosamiento en una forma abierta, que es la resultante de la última prueba de la *Parte 1: gramática formal*, y en la intersección de planos.



En la relación por intersección la manga termocontraible funciona manteniendo el ángulo recto, sin embargo, con los días, la manga va cediendo.



A partir de esta forma, de relación por adosamiento, se realiza una prueba de proporción, determinando cuál es la medida más pertinente que debe tener la unión en relación al diámetro de la vara.



Se determina que la relación dependerá de la cantidad de varas que se perciban en la relación 1:1

En este caso son 3 varas las adosadas, pero se perciben 2, por lo que la relación será 2a.





Si bien la manga termocontraíble adosa las varas, esta no contribuye en resistencia y con las horas cede, por lo que las varas quedan libres en rotación.

Para ello se probó aportando resistencia con un material compuesto: resina epoxy y partículas de madera.

Esta unión aporta en resistencia y contención bloqueando la rotación de las varas, pero resultó ser quebradizo y de difícil aplicación.

APLICACIÓN:

Cada manga fue contraída, y luego se procedió a rellenar la unión.

Se probó también, contraer la manga con el relleno ya puesto, pero no fue la mejor opción, ya que con el calor la resina se licúa, perdiendo todo el relleno.



PRUEBA N°2

Se sigue la búsqueda por un material que se adapte a las características irregulares de la vara de mimbre maduro blanco. Es por ello que se realizaron más pruebas con otros materiales como metal, otros compuestos a base de resina epoxy, no dando resultados óptimos.

**METAL
ALUMINIO**

Si bien el aluminio cumple con todos los requerimientos que necesita una unión para los módulos: adaptarse, contener y contribuir en resistencia, esta daña la dermis, facilitando un quiebre de la vara a la altura de la arista del metal.





- Epoxy + huira no funcionó ya que la huira resulta ser muy rígida seca y la resina no aporta en su flexibilidad.



Epoxy + cáñamo



Epoxy + cáñamo
con huincha aisladora para compactar la resina



Epoxy + PVA



Epoxy + huira

PRUEBA N°3

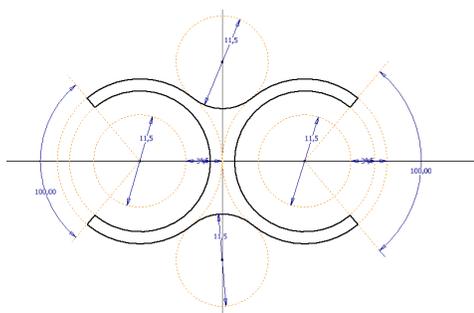
De las soluciones propuestas ninguna se adecúa a las características de la vara de mimbre, y en el mercado tampoco existe (al menos no se encontró) un vínculo que se adapte a ella, lo más próximo fue el PAI y la manga termocontraíble. Es por ello que se decide generar el vínculo a través de la impresión 3D.

Debido a que una de las principales características que debe cumplir el vínculo es la de adaptarse a los diversos diámetros, se decide realizar una unión a modo de abrazadera.

Para su diseño se consideró el ángulo de abertura de las abrazaderas y la altura que debe tener el vínculo.

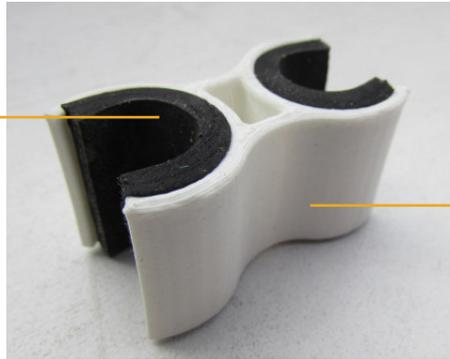
El material utilizado para la impresión 3D fue PLA, un material biodegradable. Este resulta ser rígido aportando en resistencia, pero pudiendo dañar la vara de mimbre. Es por ello que se decide considerar otro material que se integre al PLA y que sea capaz de amortiguar cargas, pero no dañando la dermis.

DIBUJO DEL VÍNCULO



Para el desarrollo del vínculo se utilizó un polímero y un elastómero.

Elastómero: Caucho sintético
 Suple diferencias de
 diámetro

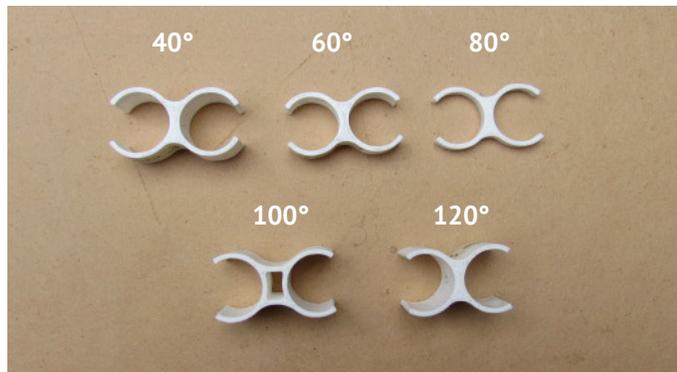
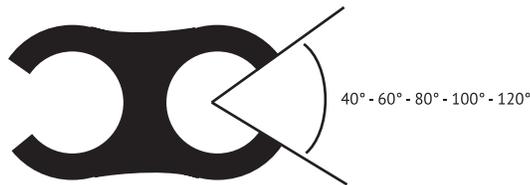


Polímero: PLA
 Contribuye en resistencia
 y contiene a la vara.

El espesor de caucho sintético mínimo que se encuentra en el mercado es de 3mm, por lo que es fundamental considerarlo en el dibujo CAD del vínculo para su posterior impresión.

ÁNGULO DE ABERTURA DE ABRAZADERAS

Para realizar esta prueba se consideraron 5 ángulos de apertura. Lo que se busca con este ángulo es que se tenga un rango de apertura para recibir la vara y posteriormente contenerla, adosarla. De las 5 pruebas los que mejor respondieron fueron los ángulos de 60° y 80°. En ángulo de 40° resultó ser insuficiente su rango de apertura para recibir la vara, y esforzar a que encajara significaba dañar la vara. En cuanto a los ángulos de 100° y 120°, estos lograban contener a la vara pero eran fácilmente desenchajadas.



ALTURA DE LOS VÍNCULOS

Debido a que estos vínculos siempre dejan espacio entre las varas, ya no se aprecia un punto de encuentro entre las varas que es lo que definía a la unión con manga termocontraíble, sino que, ahora se aprecian componentes, de los cuales se busca resaltar el curvado de esta a través de la continuidad del trazo. Se busca que el vínculo apoye visualmente el lenguaje de la vara. Es así que, se escoge un vínculo con una altura de 14mm, ya que a lo largo de la vara lo que visualmente predomina es el mayor diámetro de ella, y este es el promedio de mayor diámetro en la base de la vara.

1/2 Diámetro de vara 1 Diámetro de vara 1 1/2 Diámetro de vara

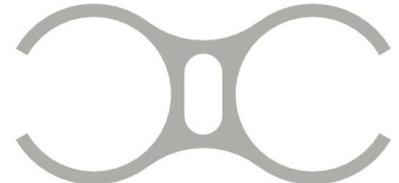
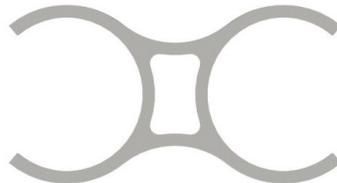
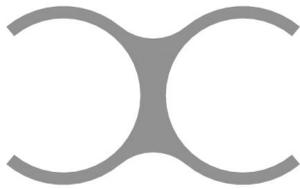


Se realizó otro diseño formal de abrazadera, con curva y contra curva pero que no funcionó, ya que resultó ser muy flexible, no contribuyendo en la resistencia.



VARIACIONES DE VÍNCULO

Aumentar la distancia entre las varas le otorga resistencia a la pieza.



Las uniones construidas con PLA y caucho sintético tienen un rango de tolerancia de 3mm.

Esto gracias al elastómero que contribuyó en estandarizar y disminuir el rango de diferencias de diámetros gracias a que son elásticos y relativamente blandos lo que permite que tolere estos rangos de diferencia, además de no dañar la vara y bloquear movimientos de deslizamiento y rotación.



2.3.2 RELACIONES ESPACIALES

Utilizando los vínculos definidos anteriormente se comienzan a realizar configuraciones espaciales a través de módulos.



RELACION ESPACIAL POR ADOSAMIENTO Y SUPERPOSICIÓN





Para realizar una unión por intersección se realizó un vínculo que respondiera a ello. Sin embargo al momento de utilizarlo, el vínculo sufrió rotura. Esto es producto del sentido de impresión del filamento en 3D.



3. CONCLUSIONES

RESUMEN DE LA EXPLORACIÓN

Al someter la vara a fuerzas de compresión, su rendimiento se ve afectado, considerándose esta una limitante mecánica para ser trabajada

La morfología cónica irregular de la vara de mimbre, condiciona el lenguaje formal que puede adoptar la aplicación del material. Sin embargo se reconocen formas y componentes orgánicos y curvos, como parte de las posibilidades que otorga la materia prima y su potencial.

Al trabajar la vara en su estado íntegro y nativo, se consigue mayor eficiencia en cuanto a la demanda de recursos y procedimientos. Esto ya que se reducen los procesos asociados, aumentando el rendimiento del material, al evitar procesos como el partido, descarnado y descostillado. Por otro lado, el trabajo con la vara mimbre completa permite develar las propiedades del material, además de comunicar sus posibilidades constructivas y configurativas formales

La obtención de información cuantitativa sobre sus propiedades mecánicas aporta en la determinación de componentes estructurales para el desarrollo formal de una propuesta. Permitiendo estimar la cantidad de recurso necesaria para la construcción de una silla o mobiliario similar.

MATERIAL MIIMBRE Y LAS POSIBILIDADES FORMALES

La vara de mimbre como material presenta gran potencial en el desarrollo formal debido, principalmente a su posibilidad de deformarse longitudinalmente, característica inherente, que no ha sido del todo explorada

Existe una relación entre el largo, el diámetro de vara y el radio de curvatura que condicionan la generación de formas.

La primera relación es la determinada por Plubins entre el diámetro sección de vara y el diámetro de curvatura: 1/10, es decir, el mimbre al ser curvado no permite diámetros de curvatura menores a 10 veces el diámetro de sección de vara, lo que visualmente se traduce en curvas no pronunciadas (los tubos de metal si permiten curvas pronunciadas, es decir, pueden ser curvadas con un diámetro similar o igual al diámetro del tubo).

Es así que el diámetro de curvatura para la construcción de una forma o un módulo está condicionado por el diámetro mayor de la vara de mimbre a utilizar. Si se utiliza toda la vara funcional (2800mm de longitud) el diámetro promedio mínimo de curvatura es de 140mm.

Es decir, la configuración morfológica de la vara de mimbre maduro blanco está condicionada por su longitud funcional y por el diámetro de sección mayor de la vara.

Para optimizar estas restricciones que presenta el material, hoy existen programas paramétricos como Grasshopper, que permiten, sin un conocimiento pleno de programación, generar infinitas configuraciones formales que respeten el largo y diámetro de curvatura del material.

La incorporación de tecnologías CAD CAM, sin duda aportan tanto en la configuración morfológica (gracias a su amplio manejo geométrico que permiten disminuir errores de cálculo, permitiendo la estandarización) como en la construcción física de las figuras o módulos. Ejemplo de ello son los vínculos realizados en impresión 3D (fundamentales para la configuración espacial), que permitieron la exploración de vínculos que se adaptaran a la constante diferencia de diámetros que presenta la vara. Otra posibilidad que entrega esta tecnología es la de explorar formas tridimensionales, aportando en la obtención de matrices complejas

Las amplias posibilidades que entregan las nuevas tecnologías al servicio de la forma y la construcción, sin duda que permiten la materialización objetual de este material chileno bajo la técnica del curvado, generando desde un objeto mueble a una configuración que funcione como fachada.

Esta configuración morfológica a través de la técnica del curvado se dispone ante la imaginación, el propósito y la creación del diseñador.

VÍNCULOS / UNIONES

Las uniones de continuidad y de relación espacial entre los componentes son parte del sistema formal para la configuración volumétrica.

Las uniones que se desarrollaron en este proyecto son a nivel conceptual, considerando las propiedades y características físicas del material vara mimbre, esto como consecuencia de que no se encontró en el mercado un vínculo que se adaptara a las condiciones de este material. Por lo que desarrollar uniones adaptables a los diferentes diámetros y por sobre todo que sea estructural resulta de gran importancia al realizar una proyección más industrial de este material, potenciando y ampliando aún más sus posibilidades configurativas y objetuales.

4. BIBLIOGRAFÍA

Ábalos R., M. (1998). Mimbres. Wicker. Chile: De la producción al consumo. Santiago, Chile: INFOR.

Ábalos R., M. (2002). Silvicultura y producción: sauce-mimbres, *Salix spp.* Santiago, Chile: INFOR.

Aguilar Alconchel, M. (2004). CHOMSKY LA GRAMÁTICA GENERATIVA. Investigación y educación, [online] (Nº7, Vol.3). Available at: http://www.csub.edu/~tfernandez_ulloa/spanishlinguistics/chomsky%20y%20la%20gramatica%20generativa.pdf [Accessed 12 May 2016].

Celani, G. (2016). A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. Conexão – Comunicação e Cultura, UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul./dez. 2006

Chomsky, N. (1957). Syntactic structures. The Hague: Mouton.

García Alvarado, R. and Lyon Gottlieb, A. (2013). Diseño paramétrico en Arquitectura; método, técnicas y aplicaciones. Arquisur Revista, (año 3, Nº3).

Knight, T. (1994). Transformations in design. Cambridge: Cambridge University Press.

La Tercera, (2009). Chimbarongo: el pueblo que vive la agonía de la artesanía del mimbre. [online] Available at: http://www.latercera.com/contenido/654_203011_9.shtml [Accessed 3 Mar. 2016].

Mimbressalazar.cl. (2016). Mimbres Salazar & Sandoval. [online] Available at: <http://www.mimbressalazar.cl/venta.html> [Accessed 5 Jul. 2016].

Molina, M. (2012). Dibujotecni.com, geometría métrica y descriptiva. Obtenido en: <http://dibujotecni.com/>.

Molinare, A. (2011). ¿Qué es el diseño paramétrico?. [online] Plataforma Arquitectura. Available at: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118243/%25c2%25bfque-es-el-diseno-parametrico> [Accessed 5 Sep. 2015].

Municipalidadchimbarongo.com. (2015). Chimbarongo Declarado Ciudad Artesanal del Mundo en el Día Nacional del Artesano. - Municipalidad de Chimbarongo. [online] Available at: <http://www.municipalidadchimbarongo.com> [Accessed 5 May 2016].

Özkar, M. (2009). Shape Grammars. Presentación

Plubins, N. (2015). Parametrización del curvado de vara de mimbre blanco maduro. Memoria de título para optar al grado de Diseñador Industrial. Universidad de Chile.

Stiny, G. (1980). Introduction to shape and shape grammars. Environment and Planning B: Planning and Design, 7(3), pp.343-351.

Stiny, G., & Gips, J. (1972). Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. In Proceedings of Information Processing 71, (pp. 125–135).

Ulrich, K. (2013). Diseño y desarrollo de productos (5a. ed.). [Place of publication not identified]: McGraw-Hill Interamerican.

Vélez, R. (1973). Principios del curvado de la madera. En su: Manual del curvado de la madera. Madrid: AITIM. Pp. 1-8.

5. ANEXOS

Distancia desde la base [mm]	Diámetro de sección [mm]			Promedio diámetros															
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	14,985
100	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	14,825 *
200	11,8	10,86	11,25	13,38	12,53	12,45	13,2	13,82	13,95	13,95	13,83	14,64	15,49	14,31	14,69	15,16	15,75	16,91	14,355
300	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	13,845
400	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	13,445
500	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	12,905
600	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	12,715
700	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	12,175
800	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	12,66	13,89	13,97	12,025
900	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	11,685
1000	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	11,55
1100	9,51	9,14	10,46	10,46	9,75	10,69	10,58	11,15	11,2	11,17	11,35	11,86	12,28	11,67	11,67	11,73	13,13	12,89	11,2
1200	9,69	8,92	9,9	10,21	9,92	10,34	10,01	11,44	11,25	10,84	10,78	11,58	12,15	11,63	11,37	12,2	12,55	12,57	11,13
1300	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	10,94
1400	8,83	8,44	9,44	9,95	9,17	9,71	9,85	10,58	10,61	10,53	10,69	11,07	11,82	11,04	10,86	11,43	12,01	12,01	10,42
1500	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	10,085
1600	8,22	8,3	9,16	9,51	8,53	9,46	9,21	10,3	10,28	10,52	10,15	10,83	11,05	10,35	10,59	10,5	11,36	11,93	10,075
1700	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	9,67
1800	8,3	7,61	8,73	9,14	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	9,9
1900	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	9,34
2000	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	8,765
2100	7,3	6,97	7,83	8,05	7,44	8,37	8,3	8,87	8,91	8,64	8,56	9,79	9,76	9,36	9,81	9,6	10,06	10,05	8,675
2200	7,39	6,85	7,55	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	8,555
2300	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	8,145
2400	6,5	6,28	6,9	7,52	6,86	7,9	7,57	8,18	8,37	7,72	8,15	8,58	9,24	8,57	8,34	8,52	9,27	9,52	8,01
2500	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	7,365
2600	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	7,225
2700	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	7,15
2800	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	6,585 *
2900	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	6,115
3000	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	5,91

*La diferencia de diámetros entre los extremos de la vara es de al menos 8,2mm