

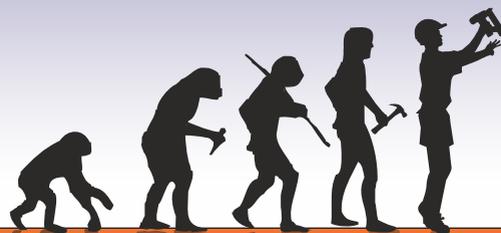


Aplicación de herramientas de Diseño y fabricación digital a estructuras recíprocas

Trabajo del Arq. Agustín Dieste distinguido por
la revista Timber Trades Journal



la casa de la
ENGRAMPADORA



la evolución, ahora depende de usted

Editorial

Una muestra más del destacado trabajo de uruguayos por el mundo lo ha dado el nieto de Don Eladio, el Arq. Agustín Dieste quien fue distinguido por la publicación Timber Trades Journal, una de las revistas referentes en Reino Unido para el sector forestal y maderero.

El trabajo del arquitecto Dieste es un prototipo que forma parte de la tesis de maestría que realizó en la Universidad de Edimburgo entre 2015 y 2016 gracias a una beca otorgada por el gobierno británico.

Emparentado con la historia familiar, Agustín Dieste, desarrolló una estructura solidaria, de pequeñas piezas, que puede usarse en proyectos con grandes luces a cubrir.

Les dejamos en las próximas páginas detalles de su investigación.

Mario Bellón

Indice

Editorial	2
-----------	---

Soluciones constructivas del pasado con procesos de ingeniería para el presente... - Msc. Arq. Pier Nogara	3
--	---

Aplicación de herramientas de Diseño y fabricación digital a estructuras recíprocas. MSc. Arq. Agustín Dieste	6
---	---

Madera en la Construcción se edita como **Separata de la revista Edificar**. Su contenido está coordinado por el Arq. Pier Nogara, integrante de la Cátedra de Construcción III y IV de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República.

Se distribuye en forma gratuita junto con la edición 72 de la revista **Edificar**.
Precio de venta individual \$ 50.

Todas las ediciones pueden ser descargadas en forma gratuita de nuestro sitio web:
www.edificar.net

Soluciones constructivas del pasado con procesos de ingeniería para el presente...

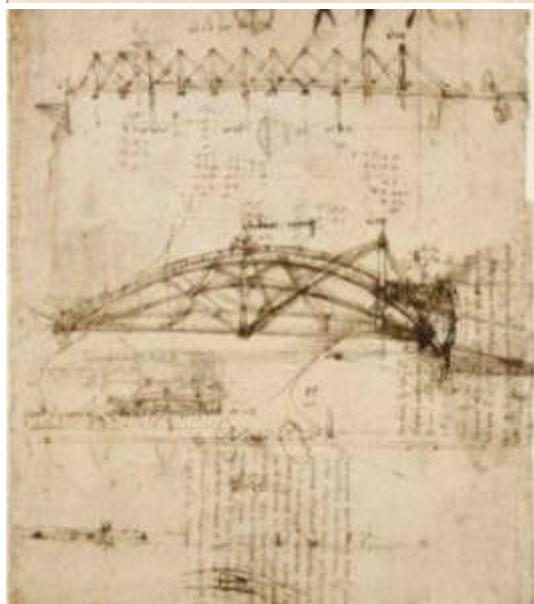
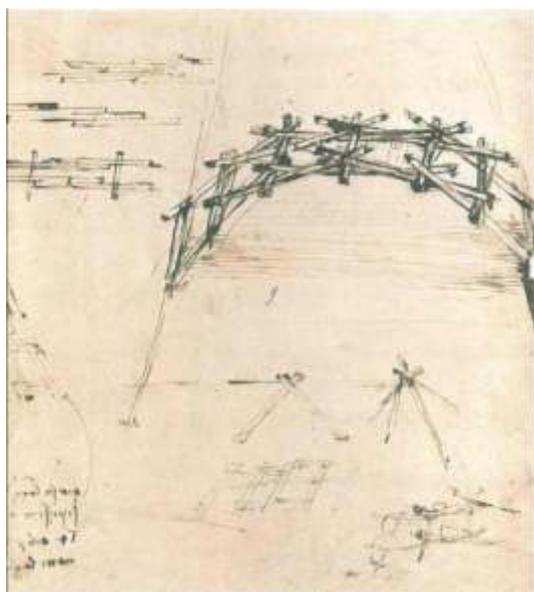
Msc. Arq. Pier Nogara

Cuando los constructores y artesanos de la madera en el pasado diseñaron sus estructuras recíprocas –elementos estructurales vinculados entre sí conformando una estructura autoportante– nunca imaginaron que su audacia y espíritu innovador llegarían tan lejos como para seguir presente en nuestros días.

Y parecería que más que un proceso de cálculo matemático a estos pioneros carpinteros, la naturaleza los dotó del ingenio y el empirismo propios de los grandes maestros para plasmar en la simpleza y la racionalidad de las formas, la eficacia de las soluciones estructurales.



Leonardo da Vinci al croquizar varios de sus puentes basado en este principio estructural, con su genialidad y su espíritu visionario, plasmó en sus bocetos el conformado de estructuras recíprocas



Manuscrito de Leonardo da Vinci del Codice Atlántico, colección encuadrada de dibujos y escrituras del autor. Siglo XV.

que permitirían salvar mayores distancias entre apoyos a partir de pequeñas piezas de madera.

Hoy con este tipo de estructuras integradas a los procesos de ingeniería de la madera, se abren nuevos escenarios que plantean soluciones constructivas utilizando a la industria como una herramienta eficaz que responda a las necesidades de exigencia en el mercado de la construcción, potenciando así el contexto local a partir de la utilización de la materia prima nacional.

Como nada es casual, en la introducción de nuestro número anterior mencionábamos que “la alternativa es agregar valor...”, filosofía y pensamiento que venimos promoviendo por este medio desde los comienzos de las “Separatas de madera” de la revista Edificar en el año 2003, y que van en la misma dirección de los conceptos planteados por el MSc Arq. Agustín Dieste. A continuación se presenta su artículo que aporta al diseño de nuevos escenarios para la cadena industrial y productiva de la madera, generando así productos con mayor valor agregado aplicados a la Industria de la Construcción, que logran el doble beneficio social y económico de la producción maderera al insumir mano de obra nacional, incrementar el consumo responsable y sostenible de los bosques reforestados del país utilizando productos de mayor valor agregado y permiten el ahorro de divisas al producir materiales para nuestro mercado local.

Es cierto que aún estamos lejos de lograr una armonización de equilibrio socio-económico en los productos del bosque, más aún, con la factible incorporación de la tercera planta de producción de celulosa en el país se aumenta esta tendencia, aunque estamos convencidos que junto a este tipo de emprendimientos, se generarán nuevas oportunidades productivas que promueven el incremento de valor de los productos del bosque como es el caso de la industria de la construcción con madera, que es parte de un sector de crecimiento mundial.

Entre los objetivos del presente artículo, que busca introducirse en las lógicas estructurales para la producción arquitectónica y constructiva, no se remiten solamente al ingenio en conformar las uniones estructurales o en el empleo de herramientas de modelaje paramétrico para el diseño de las estructuras, sino que

el autor va más allá y deja claramente definida su intención de emplear productos procesados de madera y tecnologías disponibles en nuestro contexto local, quedando implícito el interés por el desarrollo de la producción nacional, aspectos estos que potencian la propuesta al promover productos de mayor valor para la industria de la construcción.

La utilización de paneles contrachapados en la propuesta para la construcción del Pabellón de la Edición 2016 del London Design Festival del MSc Arq. Dieste, nos hace recuerdo también sobre la tradición de nuestro país en la fabricación de Contrachapados desde el año 1933, que fuera de los primeros en producirlo en la región, y del que somos parte de la herencia de país productivo e industrial, legado que nos permita diseñar nuevos horizontes hacia una sociedad con mayores recursos genuinos y sostenibles.

CONSTRUCTIVA**2018****20/24 Abril 2018****Sala de Conferencias
Pabellón Los Robles****LATU**

CAPACITACIÓN Y EXHIBICIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

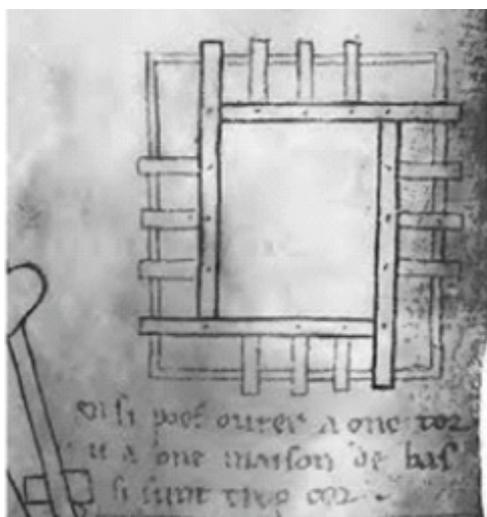
Seminario 2018: La Vivienda como problema**www.constructiva.com.uy**

Aplicación de herramientas de Diseño y fabricación digital a estructuras recíprocas

MSc. Arq. Agustín Dieste

El proyecto presentado fue realizado como trabajo final de maestría del programa Material Practice entre 2015 y 2016 en la Universidad de Edimburgo. Durante el desarrollo de una exploración esencialmente material sobre las posibilidades de la madera desde el punto de vista de los procesos que recibe, se llegó a propuestas que admiten ulterior desarrollo a nivel de sistema, más en abstracto y extrapolables a otras escalas.

Como punto de partida del proyecto se tomó como premisa que los productos de ingeniería de madera a utilizar, así como la maquinaria asociada a los procesos a aplicar, debían ser análogos a los disponibles en Uruguay, de preferencia fabricados en el país con materia prima también uruguaya. También se tomó como guía la intención de aplicar herramientas de modelado paramétrico para definir la geometría estructural en función de



Villard de Honnecourt: "Solution pour fabriquer un plancher quand on n'a pas de pièces de bois assez longs"



William Morris - Casa Morris

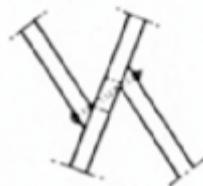
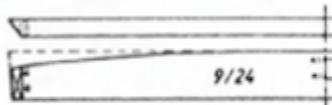
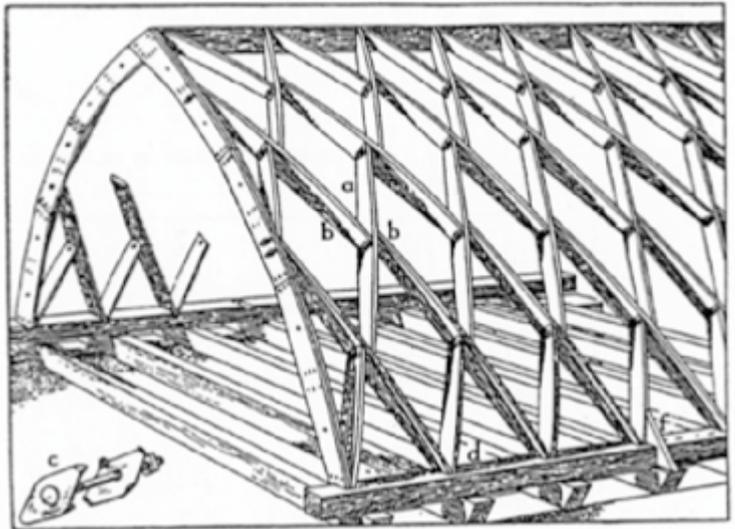
parámetros dimensionales. Al investigar con estas consideraciones presentes, las estructuras recíprocas presentaban oportunidades de optimización, o al menos estudio, desde el punto de vista de los algoritmos en los procesos de definición geométrica de sus entramados.

Las estructuras o entramados recíprocos se usan en construcción desde hace más de mil años, en diferentes culturas, como forma de superar límites en la

longitud de las piezas estructurales disponibles, combinando elementos de tal modo que se forme un entrelazado de piezas cortas trabadas entre sí. Si bien el principio es geométrico y no refiere al material, es con madera estructural que se han construido más ejemplos de entramados recíprocos, dada su disponibilidad a lo largo de la historia y sus características dimensionales, determinadas y limitadas hasta hace muy poco tiempo por el tamaño del árbol del que proviene la pieza. El ejemplo occidental más antiguo del que se tiene registro (existe un grabado chino del siglo XI que muestra un puente recíproco probablemente bastante anterior) es un pequeño diagrama en planta con la leyenda *"solution pour fabriquer un plancher quand on n'a pas de pièces de bois*

assez longues" o "solución para construir un entrepiso cuando no tenemos piezas de madera lo suficientemente largas". El cuaderno que contiene este diagrama es de alrededor del año 1230 y es la única referencia que se tiene sobre su autor, Villard de Honnecourt.

Más tarde, Leonardo da Vinci, Sebastiano Serlio, Giorgio Vasari, William Morris y centenares de arquitectos y carpinteros anónimos ensayaron y/o construyeron soluciones similares. En

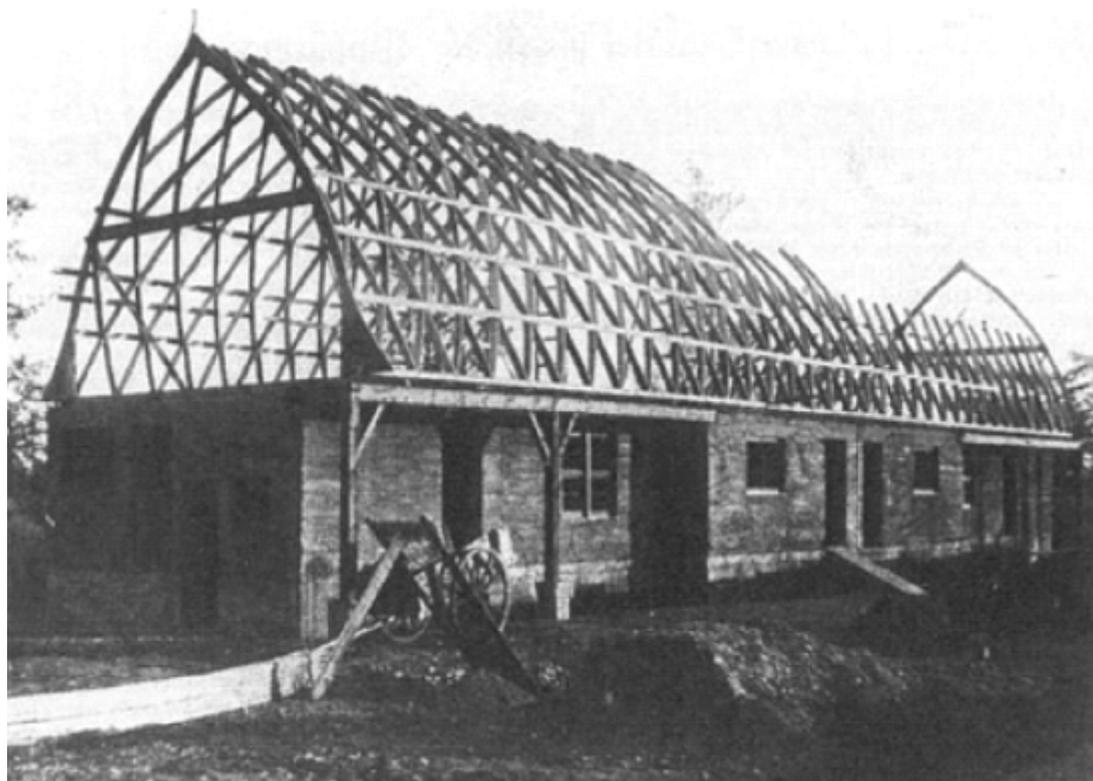


los años 10 y 20 del siglo XX, en Alemania, el arquitecto Friedrich Zollinger desarrolló un sistema de entramado recíproco refinado en grilla diagonal. Este sistema permitía sustituir techos de estructura de cerchas en áticos por tejados laminares recíprocos haciendo uso de tablas estándar disponi-

bles ampliamente. Así, lograba liberar la planta de las obstrucciones de las cerchas, haciendo a los áticos aprovechables para ampliaciones. El sistema de "techo Zollinger" o Zollingerdach, fue vastamente utilizado en Bavaria entre guerras, tanto para el mencionado uso de ampliaciones de áticos como para graneros y otros edificios utilitarios en granjas de la zona, e inclusive para algunos edificios religiosos. El sistema permite una gran rapidez y facilidad de montaje, ya que la forma está predeterminada por las piezas y por ende el replanteo es casi innecesario, además de requerir escaso y ligero apuntalamiento durante el armado. Las tablas componentes debían ser procesadas en taller de carpintería con equipamiento

básico, donde se cortaban los extremos con el ángulo requerido para el encuentro con la cara de la tabla que la recibe, los lomos con curvatura y se pretaladraban los pases para dos pernos por unión.

Esta unión con dos pernos pasantes por agujeros pretaladrados, que esencialmente comprimen las cabezas de las tablas, ahora oblicuas, contra las caras de la tabla que las recibe, no tiene la rigidez lateral suficiente. Para esto, o bien se disponían tablas horizontales clavadas en las uniones, o se cubría, también con tablas horizontales, la totalidad de la superficie curva generada por los lomos para formar un diafragma.



Es precisamente en esta conexión o nudo estándar, que se repite centenares de veces en una cubierta mediana, que reside el mayor potencial de optimización en velocidad y facilidad de montaje, así como de mejora de la rigidez estructural del vínculo. Por lo tanto, el trabajo avanzó simultáneamente en la defini-

ción paramétrica de una geometría así como en el desarrollo de la conexión estándar en un sistema análogo al de Zollinger utilizando el sistema para construir un pabellón de exposición a ser montado y exhibido durante la edición 2016 del London Design Festival.

**CONSTRUCTIVA****2018**

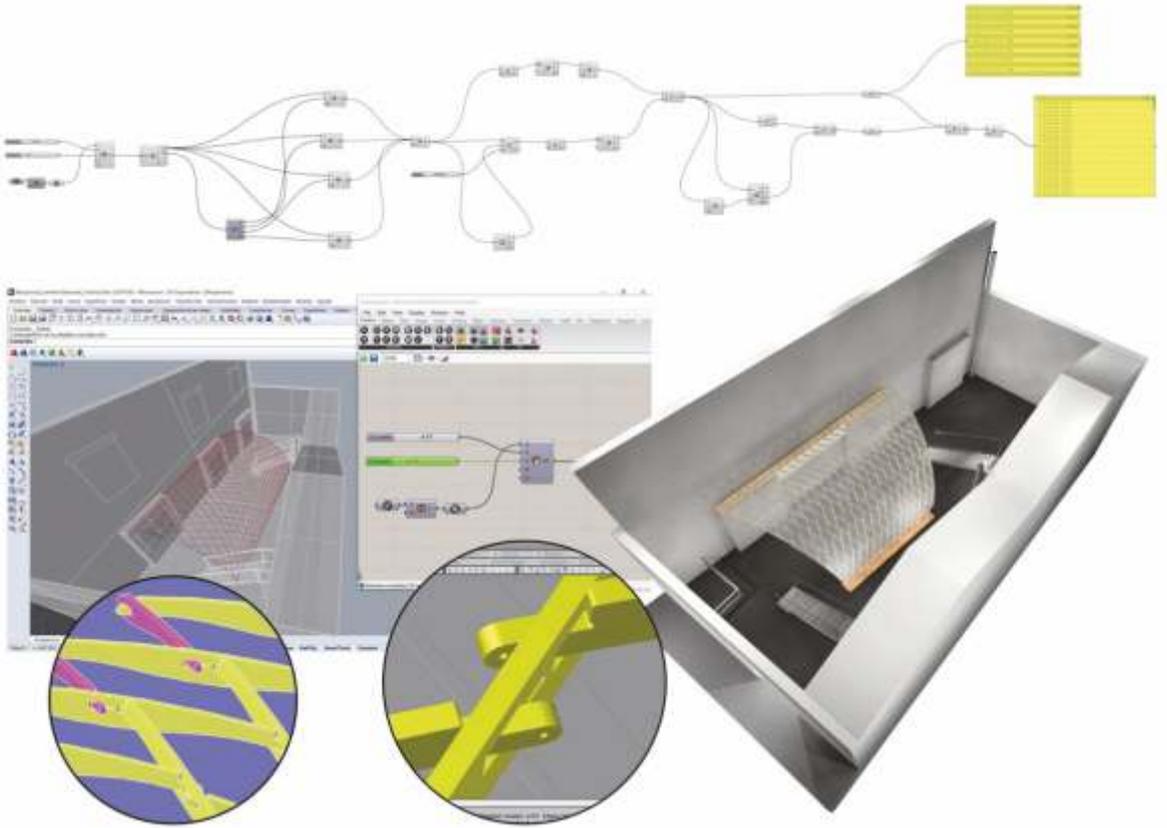
CAPACITACIÓN Y EXHIBICIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

20/24 Abril 2018**Sala de Conferencias
Pabellón Los Robles****LATU****www.constructiva.com.uy**



Clavadoras a gas para colocación de zócalos, planchuelas metálicas y estructuras de madera.

- ▶ **A)** Para clavos de acero endurecido en la colocación de zócalos en todo tipo de paredes (hasta 50 mm. de longitud), así como también con la misma máquina con clavos de terminación para contramarcos y estructuras de madera (hasta 65 mm. de longitud).
- ▶ **B)** Para clavos especiales en colocación de: planchuelas metálicas, marcos galvanizados para paredes de yeso, alfajías etc. en planchadas, pisos o paredes de hormingón.
- ▶ **C)** Para estructuras de madera (framing), decks, siding con clavos de 50 , 75 , 83 y 90 mm. anillados (para mejor fijación aún en maderas blandas como pino y álamo) y galvanizados en caliente (para resistir mejor la oxidación sobre todo en construcciones cercanas al mar).



*Con garrafas de gas,
livianas y transportables.*

*Independícese de la
energía eléctrica y del
compresor de aire.*

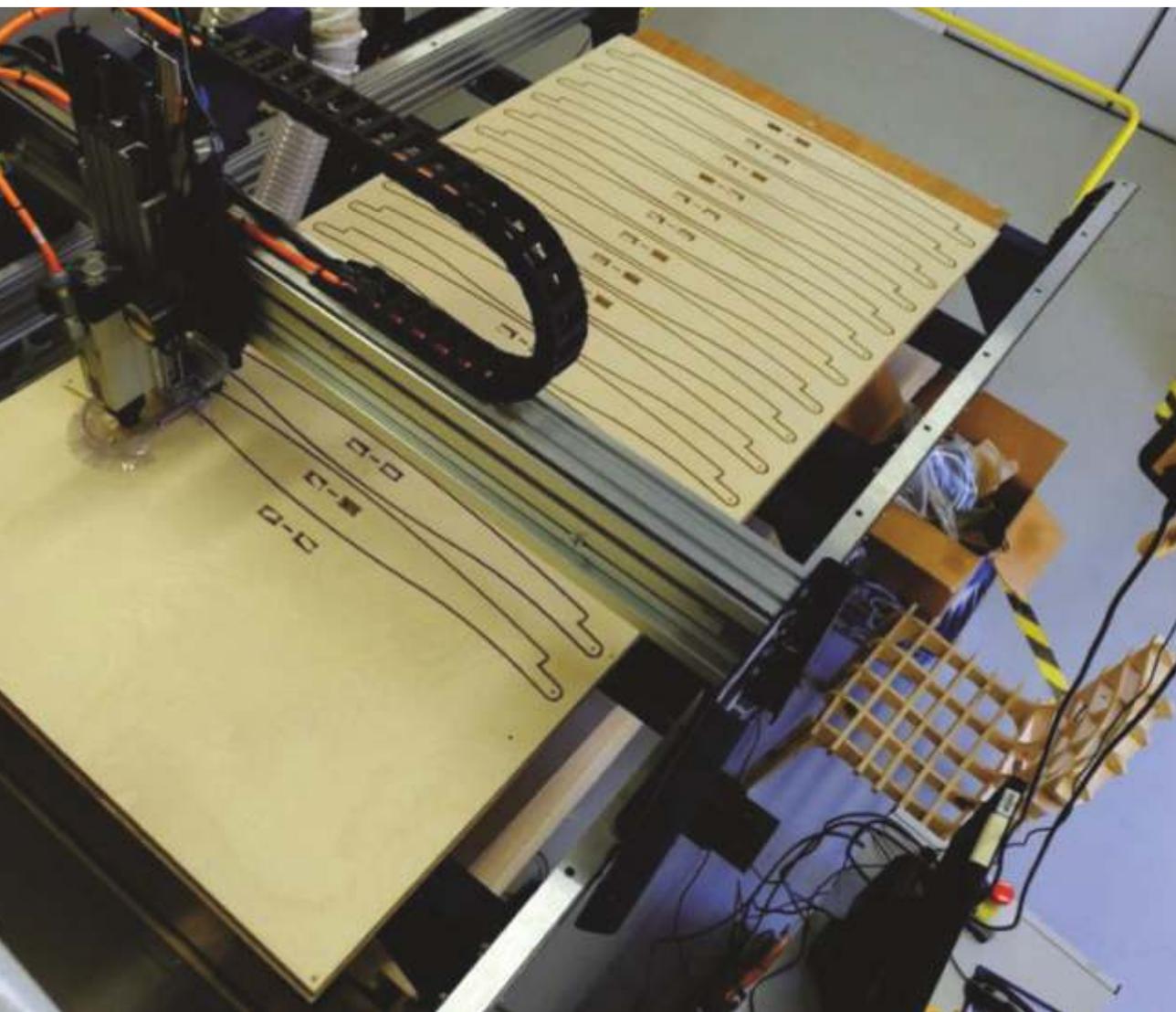


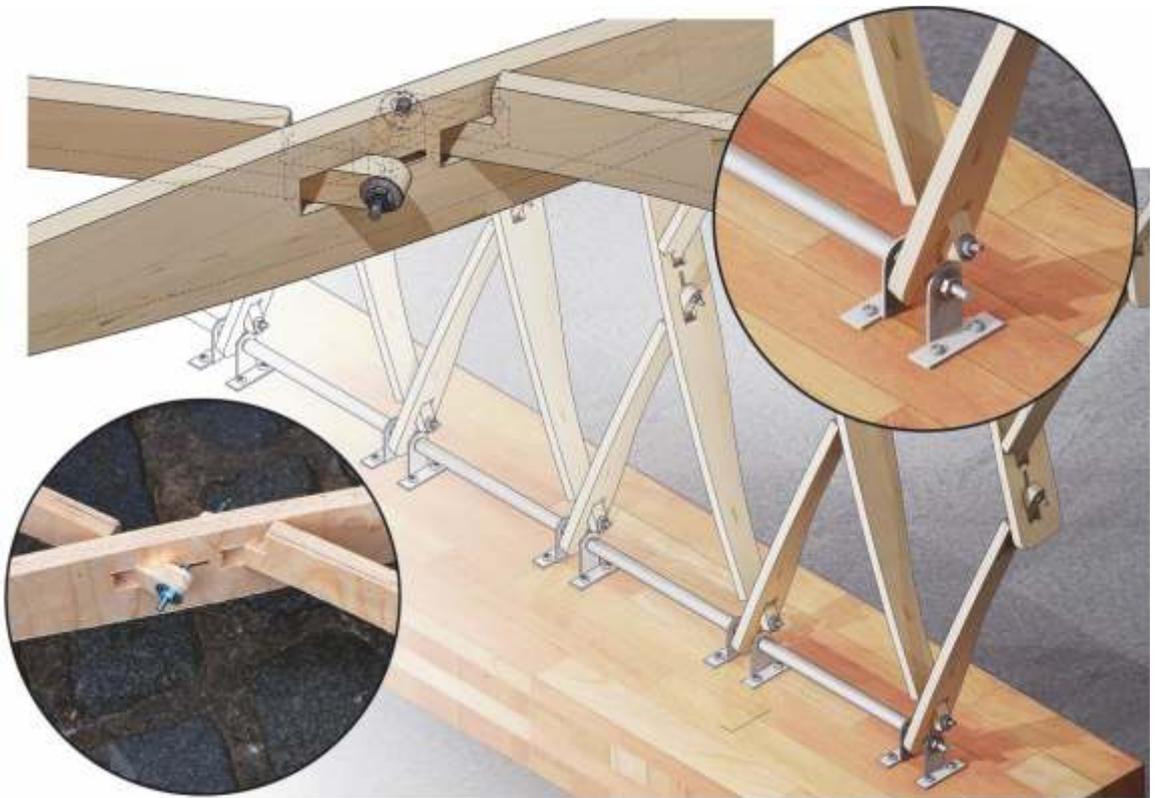
la casa de la
ENGRAMPADORA

Wilson Ferreira Aldunate 1171
Tels.: 2900 8488 - 2902 4083
www.lacasadelaengrampadora.com.uy

Luego de ajustada la geometría general al ancho de un tablero contrachapado estándar, de numerosos ensayos a escala y de un proceso evolutivo de la forma al ir haciendo prototipo tras prototipo, se llegó a una solución que permitía la rigidez y la rapidez de fijación buscadas al utilizar un único perno por unión y al fijar el ángulo de encuentro utilizando el espesor de las

piezas y el largo de las cajas como guía. Estos modelos se hicieron a escala cortando MDF láser, incluyendo modelos parciales de la unión a escala 1:1, utilizando piezas compuestas de varias capas de MDF. La siguiente etapa fue el prototipado 1:1 de las piezas en el material real, tableros contrachapados de abedul de 18mm de espesor, y con el proceso de corte a utilizar, router CNC.





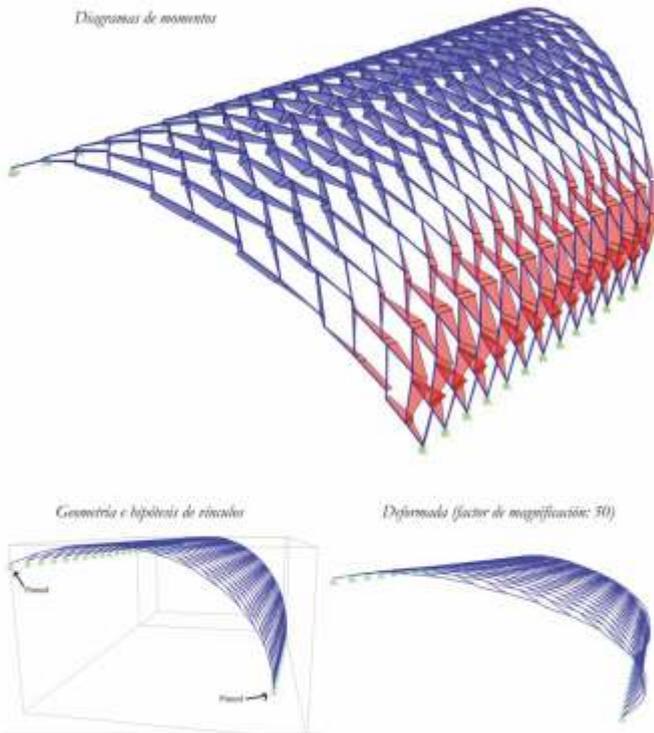
El pabellón prototipo fue montado por un equipo de 5 personas en dos jornadas de trabajo y desmontado por 2 personas en algo más de dos horas.

Agradecimientos:
Prof. Remo Pedreschi
Dr. Cristina Nan
Richard Collins
Arq. Santiago Vera
Catriona Gilbert
Charlie Patterson
Bernardino D'Amico
Prof. Adam Stokes
Dr. Tom Barraclough



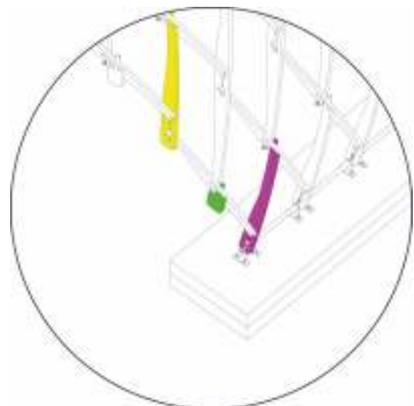
Previo a pasar a la producción de la totalidad de las piezas necesarias, se realizó gracias a una colaboración con el Dr. Bernardino D'Amico de la Universidad de Napier un cálculo estructural y verificacio-

nes de flector, cortante y flecha según un modelo elástico lineal, además de pruebas de carga con secciones de la estructura armadas para tal fin:



Establecida la seguridad de la estructura (excepto al viento, que se obvió por ser el prototipo expuesto por sólo 4 días en un patio a reparo en el que no se permitía realizar anclajes) se procedió al mecanizado de las 210 piezas estándar más algunas piezas especiales de borde resuelven el cierre de la estructura mediante medias piezas y piezas truncas, así como piezas especiales de anclaje inferior y superior. También se constató, con el avance del montaje de prueba del prototipo, que la rigidez lograda en las conexiones hacía posible prescindir de estabilización lateral adicional, por la que se obviaron flejes previstos para disponer en horizontal en las

juntas. Así, la cubierta textil final fue colocada y fijada directamente sobre los lomos de las piezas y fijada también a flejes metálicos en los extremos laterales.



The following assumptions were made and input values were assumed:

- The structure is assumed to be supported by pinned joints (see Figure 1).
- The internal connections between each member are modelled as fully fixed.
- Considering the fact that the structure will be set for a very short amount of time, a uniformly distributed load of only 200 N/m² has been considered.
- Material and cross-section properties for the plywood members were set as follows:
 - Elastic modulus, $E = 10000 \text{ N/mm}^2$
 - Cross-sectional width, $b = 28 \text{ mm}$
 - Cross-sectional height, $h = 98 \text{ mm}$
 - Height of cross section at the ends of the member, $h_e = 25 \text{ mm}$

Bending strength verification

In Figure 2 it is shown the distribution of bending moments around the members' strong axis. The maximum bending moment, ... within the structure has been found to be = 250000 Nmm. The corresponding maximum bending stress, ... is equal to:

Where:

$$\frac{M_{max}}{I_x} = \frac{10 \cdot 98^3}{12} = 27075 \text{ mm}^4$$

Hence:

$$\sigma_{b,max} = \frac{250000}{27075} = 9.2 \text{ N/mm}^2$$

The bending strength of 28 mm wide plywood is about 40 N/mm², i.e. $\sigma_{b,max} < 40$ therefore OK!

Shear strength verification

The maximum shear reaction, V_{max} , within the structure has been found to be about 350 N.

The corresponding maximum shear stress, τ_{max} , is equal to:

$$\tau_{max} = \frac{3V_{max}}{2bh_e} = \frac{3 \cdot 350}{2 \cdot 28 \cdot 25} = 1.18 \text{ N/mm}^2$$

The shear strength of 28 mm wide plywood is about 9.5 N/mm², i.e. $\tau_{max} < 9.5$ therefore OK!

Discussion

The mode of deformation of the gridshell can be seen in Figure 1, being shaped essentially as a barrel vault. The gridshell bends out of its plane, with maximum values as shown in Figure 2. The vertical displacement of the top side of the gridshell is about 6 mm (on average).



EDMA[®]



STANLEY BOSTITCH[®]



Herramientas para pisos flotantes, prefinished e ingenieriles.



KIK BACK

Juego de 2 calces de dilatación regulable



MULTI COUP EXTRA

Cizalla de corte en inglete con ángulo variable

Ultra resistente.

Bloque metálico para golpear con todo tipo de martillos y mazas.

Sacaclavos integrado.



SUPER TAK TIK

Barra de empuje profesional para instalación de suelos estratificados (sist. clip y encajable)



STRATICUT

Guillotina de corte para parquet estratificado y medio, corta pisos flotantes hasta 11 mm.



VARIOCUT

Guillotina para pisos flotantes hasta 15 mm. de espesor para todo ángulo.



VARIOCUT

Corte de revestimiento de fachadas de fibrocemento

Gran abertura para el corte de: molduras decorativas, zócalos de madera, juntas de caucho, perfiles plástico PVC.



SET TAK TIK

Juego completo para la instalación de suelos estratificados (montaje por sistema clip y encajable)

Juego indispensable para el montaje de parquet estratificado y medio.



Fana Quimica



FANAPUR 740 2K

Adhesivo bi-componente de poliuretano, ideal para el pegado de pisos de madera. También para alfombras, pisos de vinilo, césped sintético, etc



Stanley Bostitch

clavadora para pisos de madera

Wilson Ferreira Aldunate 1171
Tels.: 2900 8488 - 2902 4083
www.lacasadelengrampadora.com.uy



la casa de la
ENGRAMPADORA