



ESTUDIO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS NO MASIVOS EN MADERA BASADOS EN LA CARPINTERÍA DE LAZO TRADICIONAL

VIOLETA GONZÁLEZ ALEGRE

1. EVOLUCIÓN DE LA CARPINTERÍA DE ARMAR TRADICIONAL

EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES



.EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES.

VIGUETAS



MÉNSULAS



JABALCONES



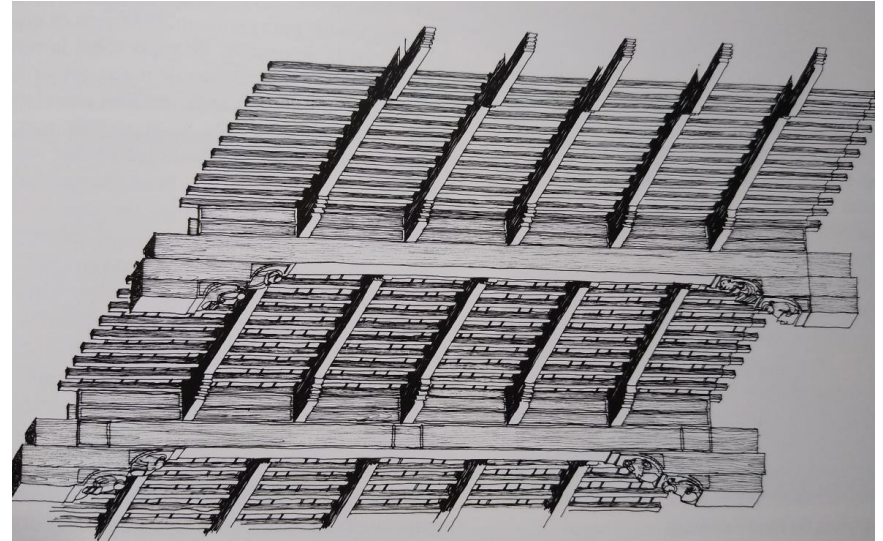
ARTESONADOS



LACERÍA

VIGUETAS
BIAPOYADAS

- Elementos horizontales sencillos apoyados en sus extremos.
- A mayor luz, la sección aumenta exponencialmente.
- Hasta luces concretas. Forjados por distintos órdenes.



Esquema E. Nuere. Forjado de Palacio Duques de Hajar, provincia de Zaragoza. Varios órdenes de vigas.

.EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES.

VIGUETAS



MÉNSULAS



JABALCONES



ARTESONADOS



LACERÍA

**MENSULAS
(3 ÓRDENES)**

- Reducción de la luz libre hasta tres órdenes de ménsulas.
- Mayor superficie de apoyo de viga.
- Mejoran comportamiento de madera a ciertas solicitaciones.



Forjado de Palacio Duques de Híjar, provincia de Zaragoza.

.EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES.

VIGUETAS



MÉNSULAS



JABALCONES



ARTESONADOS



LACERÍA

JABALCONES

- Reducción de la luz mayor que con ménsulas.
- Funcionamiento estructural muy eficiente.



.EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES.

VIGUETAS



MÉNSULAS



JABALCONES



ARTESONADOS



LACERÍA

ARTESONADOS

- Multidireccionalidad.
- Acodalamiento constante de las piezas.



Alfarje del coro. Ermita de Santa Ana.
Pozuelo de la Orden. Valladolid



Artesonado Catedral de Pisa,
Nave Central

.EVOLUCIÓN DE FORJADOS HORIZONTALES.

VIGUETAS



MÉNSULAS



JABALCONES



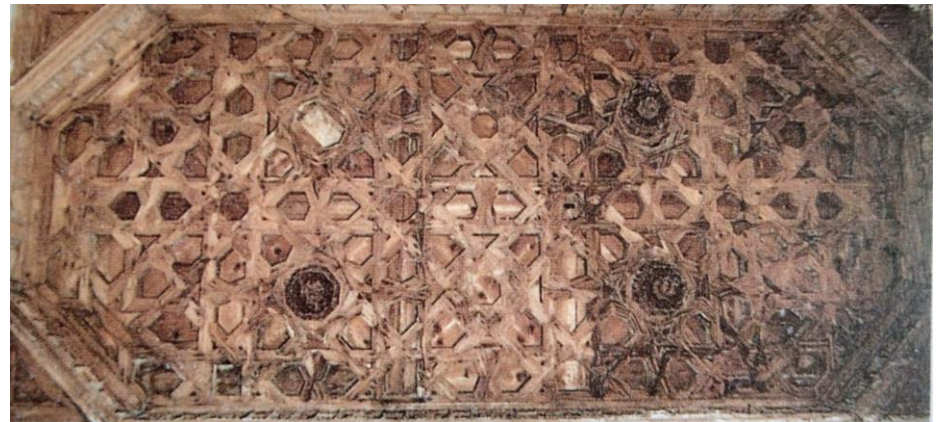
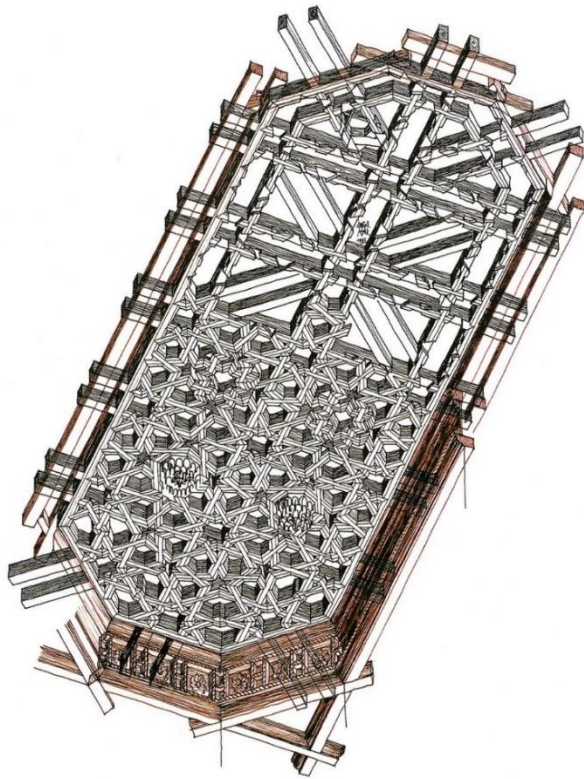
ARTESONADOS



LACERÍA

LACERÍA

- Evolución de todos los anteriores. Multidireccionalidad.
- Montaje por piezas iguales. Prefabricación.



*Capilla lateral iglesia de Erustes, Toledo
Lazo de ocho apeinado en forjado.*

EVOLUCIÓN DE CUBIERTAS

FORJADOS
INCLINADOS



ARMADURAS DE
PARES



ARMADURAS DE
CORREAS

EVOLUCIÓN DE CUBIERTAS

FORJADOS INCLINADOS



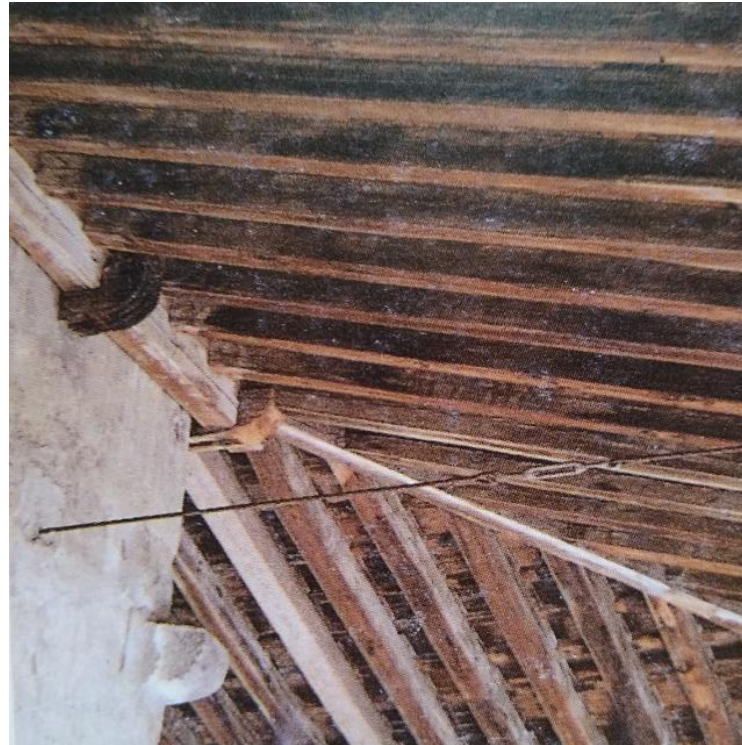
ARMADURAS DE PARES



ARMADURAS DE CORREAS

FORJADOS INCLINADOS

- Mismo funcionamiento que forjados biapoyados.
- Diferencia con pares por la no transmisión de empujes horizontales, gracias a la ejecución de los apoyos



EVOLUCIÓN DE CUBIERTAS

FORJADOS INCLINADOS



ARMADURAS DE PARES



ARMADURAS DE CORREAS

ARMADURAS DE PARES

- Par-hilera, par y nudillo.
- Existencia de empujes horizontales.
- Introducción de piezas que mejoran funcionamiento.

LÁMINA XLVII
LA ARMADURA DE CUBIERTA

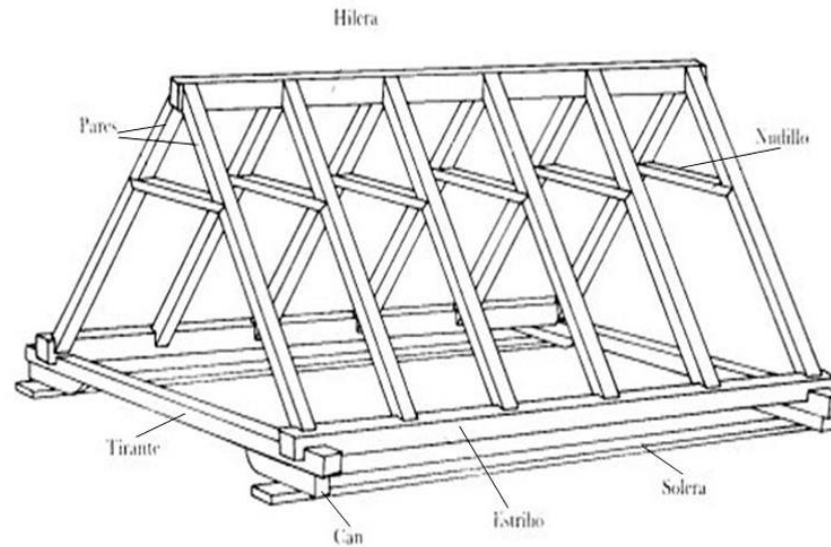


Fig. 111

EVOLUCIÓN DE CUBIERTAS

FORJADOS INCLINADOS



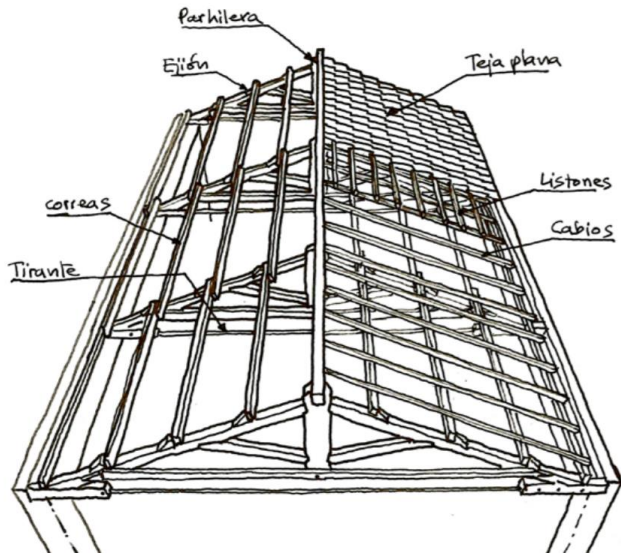
ARMADURAS DE PARES



ARMADURAS DE CORREAS

ARMADURAS DE CORREAS

- Armaduras de tijera, arcos diafragma y cerchas.
- Ausencia de empujes horizontales por triangulaciones.
- Instalación de correas dirección pendiente o perpendicular.



FORJADOS INCLINADOS



ARMADURAS DE PARES



ARMADURAS DE CORREAS

LAZO APEINAZADO

- Elementos portantes entrelazados
- Uniones a medias maderas
- Todas las piezas estructurales integradas en la cubierta.

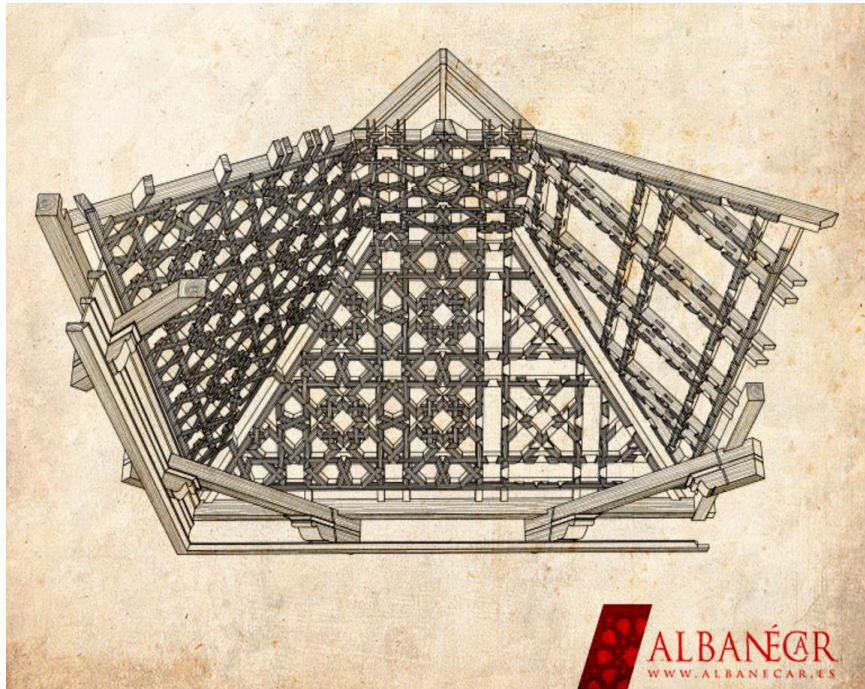


LÁMINA XLVII
LA ARMADURA DE CUBIERTA

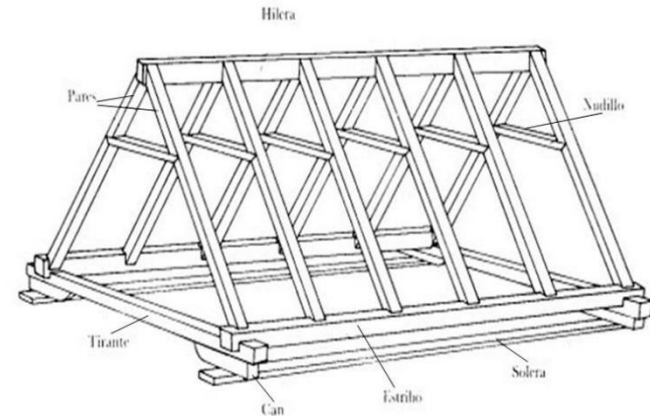


Fig. III

- Cubiertas de pares, par y nudillo.
- Base rígida, asiento de solera
- Necesidad de rigidizar almizate
- Prefabricación
- Mismo patrón repetido

EVOLUCIÓN DE CUBIERTAS. EL LAZO EN CUBIERTAS

FORJADOS INCLINADOS

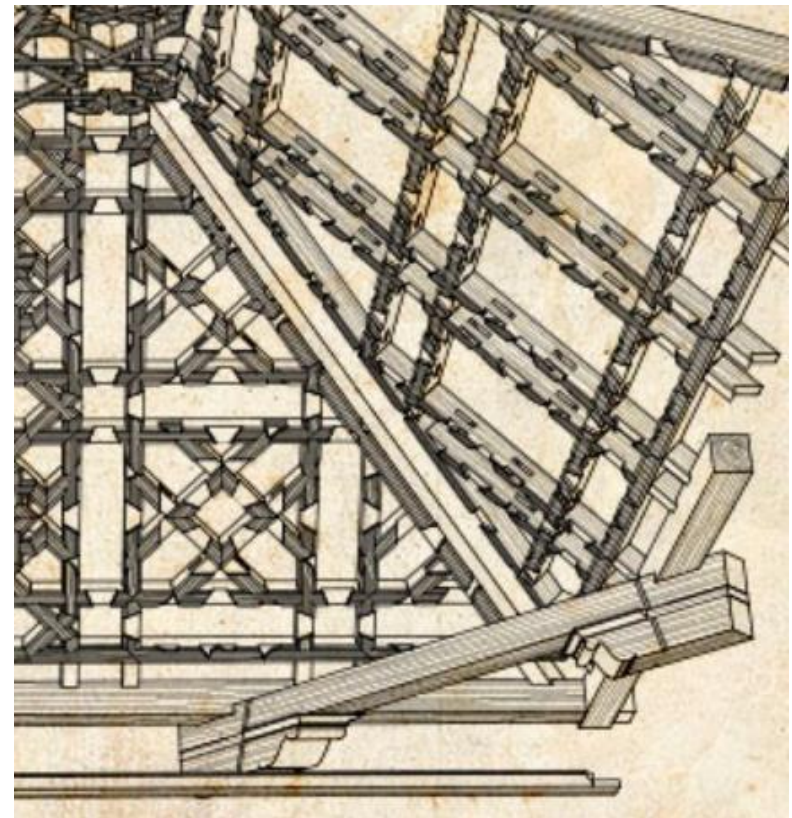
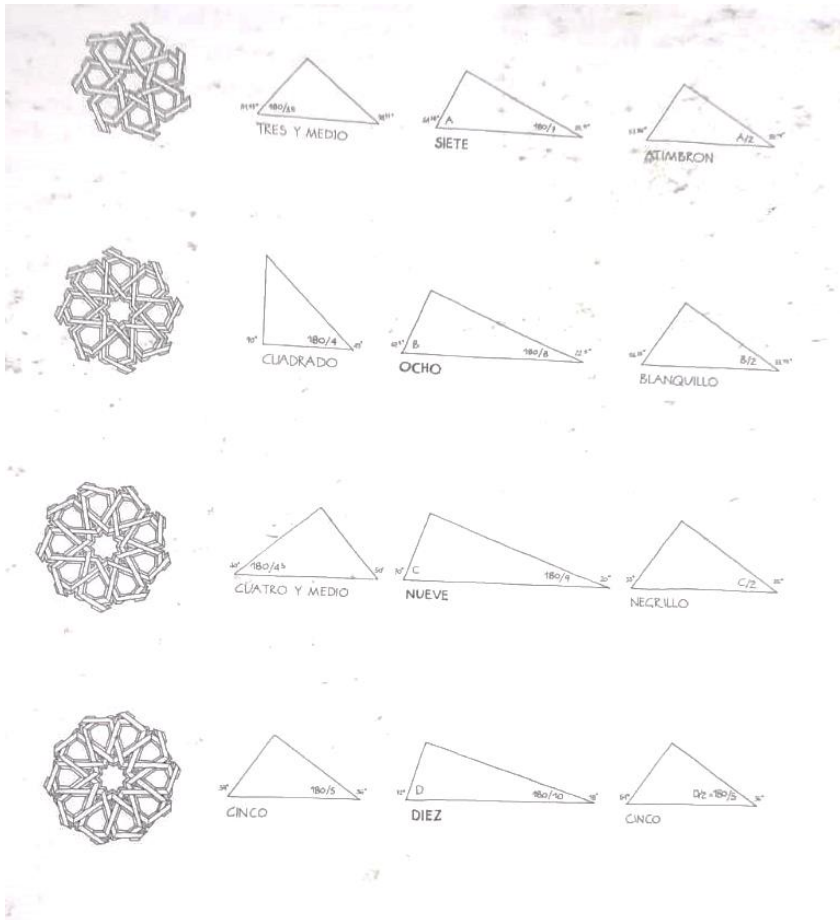
ARMADURAS DE PARES

ARMADURAS DE CORREAS

JUEGO DE CARTABONES

COZ/CALLE DE LIMAS

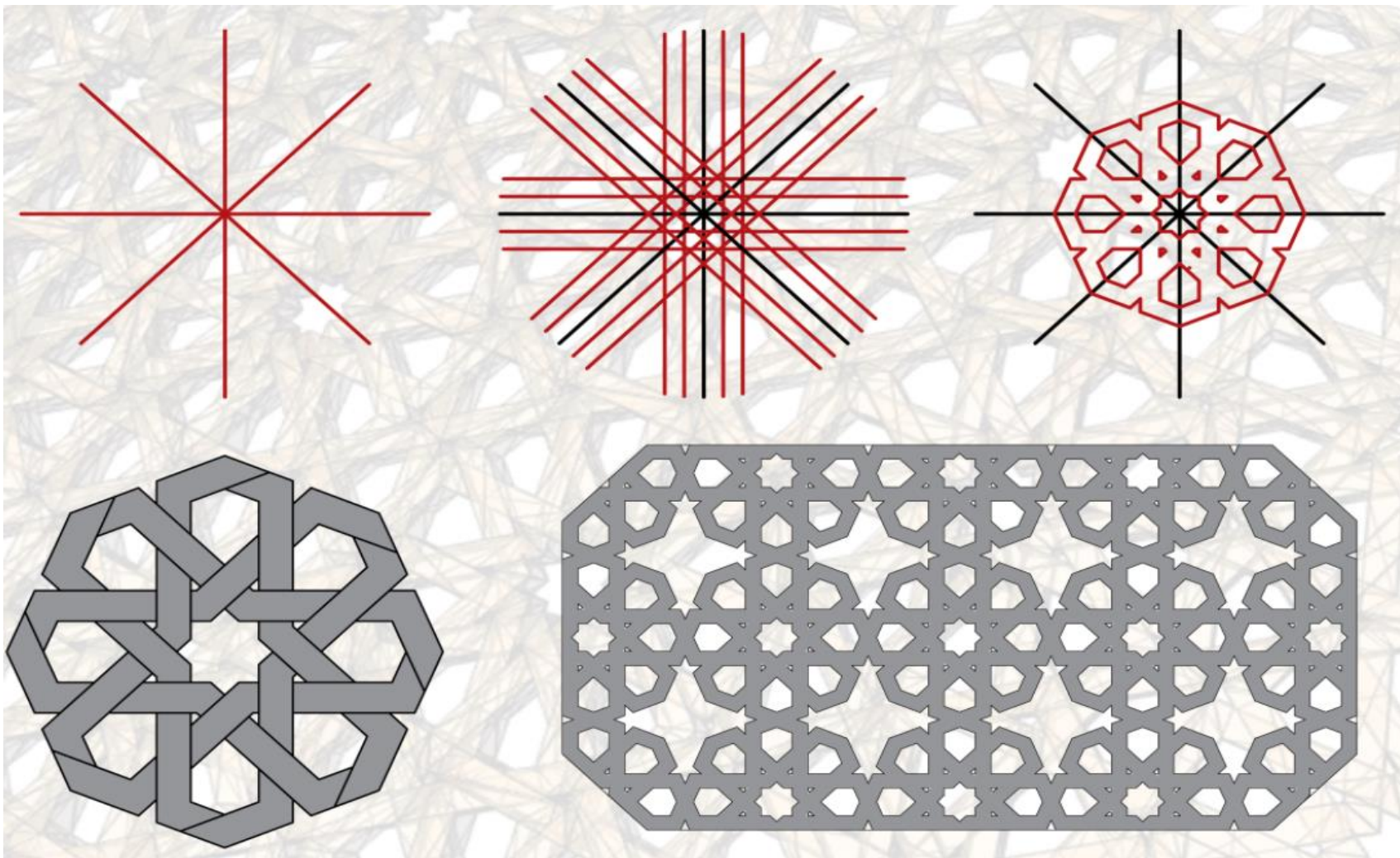
Hacen posible la prefabricación



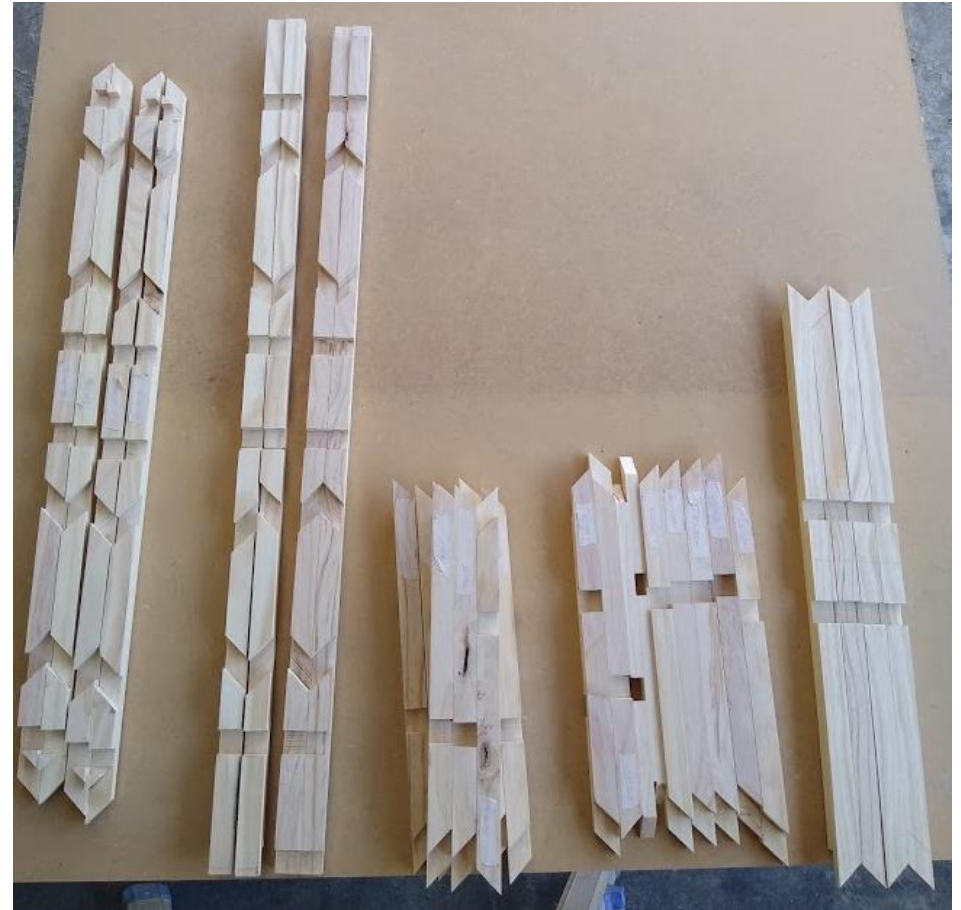
2. INTERPRETACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS



FORMACIÓN DE RUEDA DE 8 Y PANEL OCHAVADO

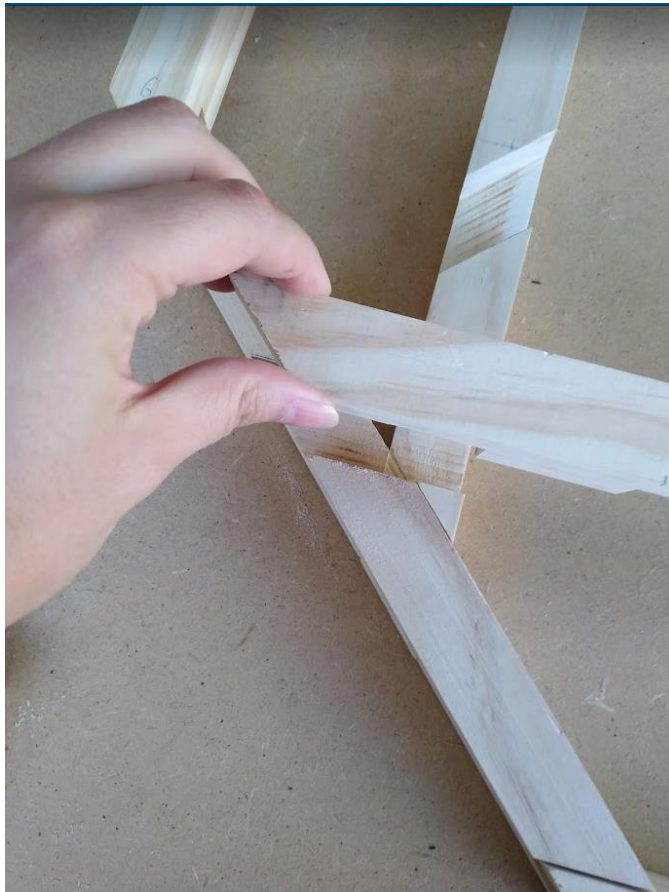


PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

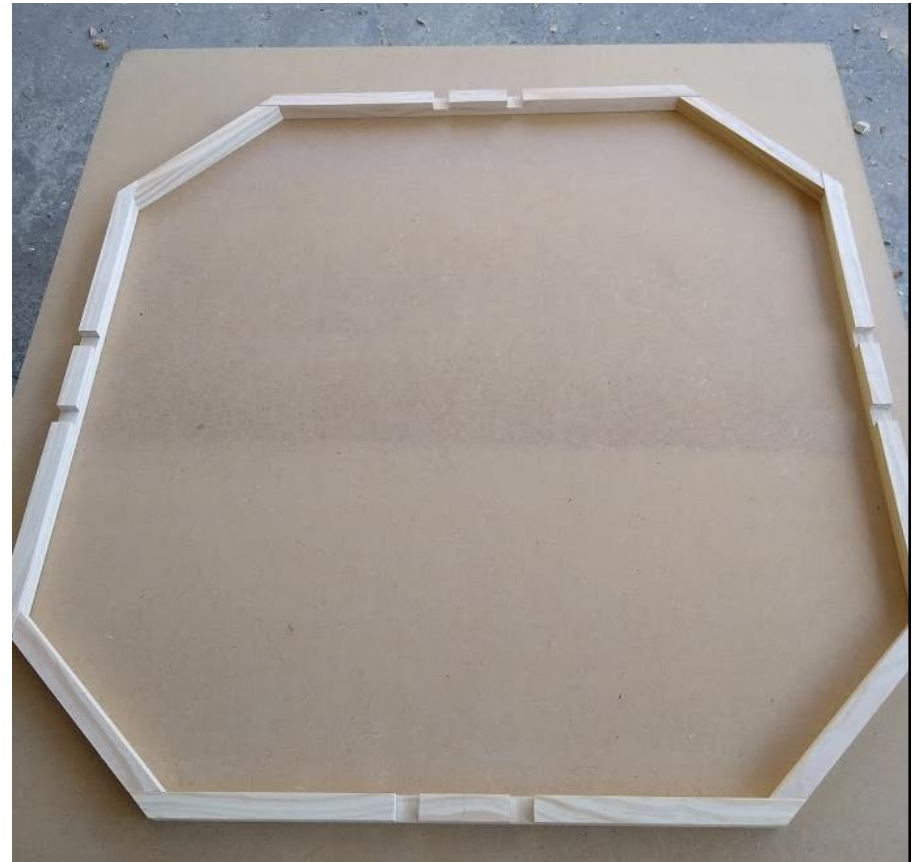
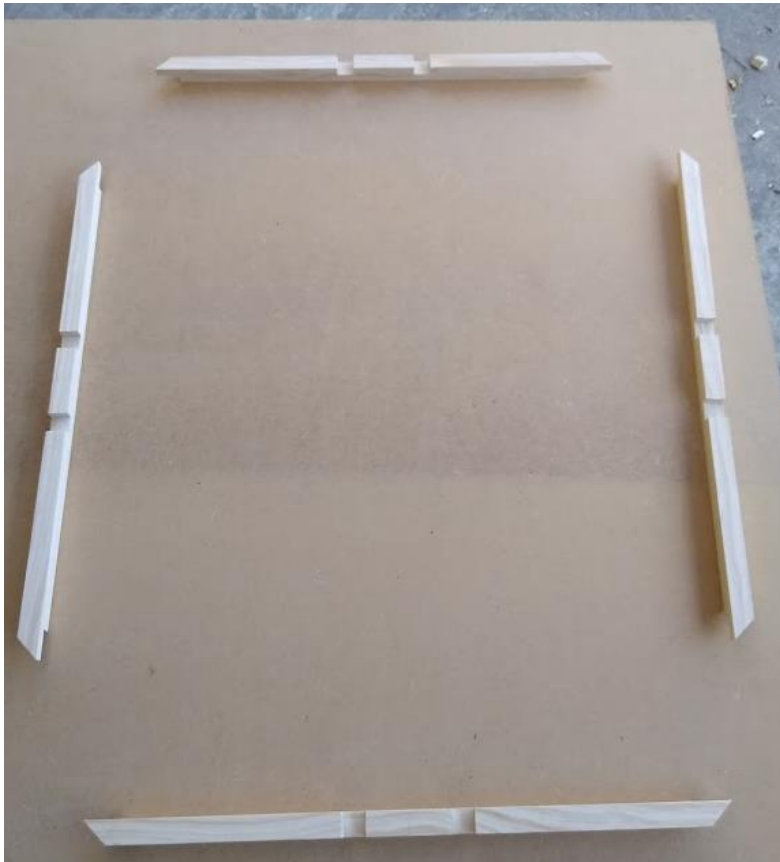


PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

Uniones a medias maderas



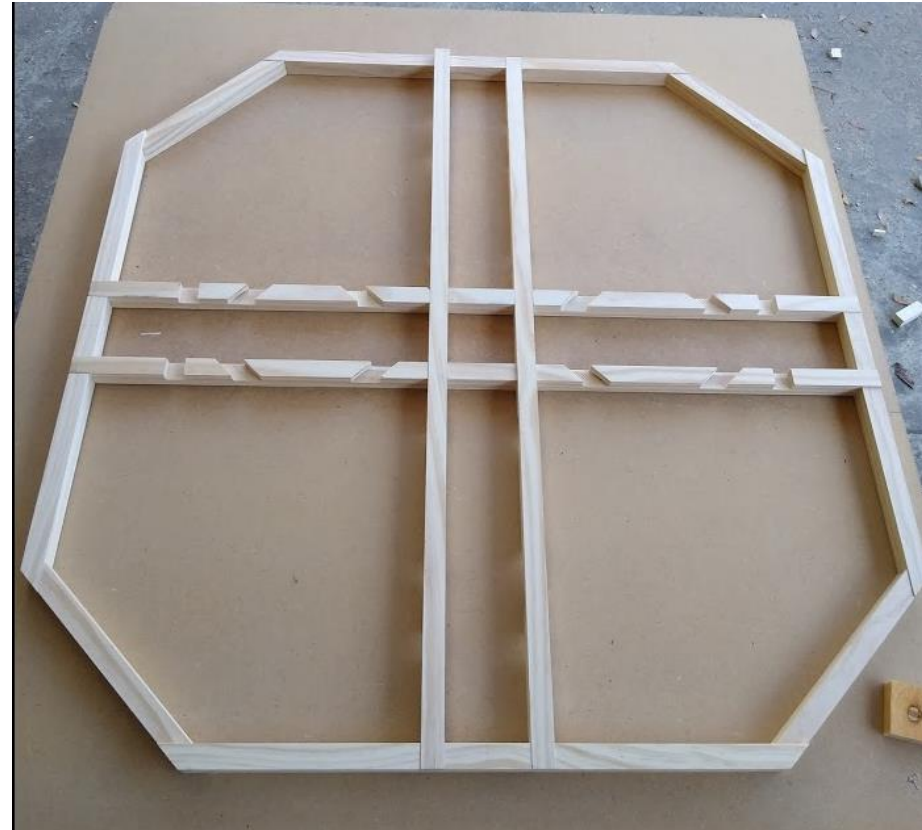
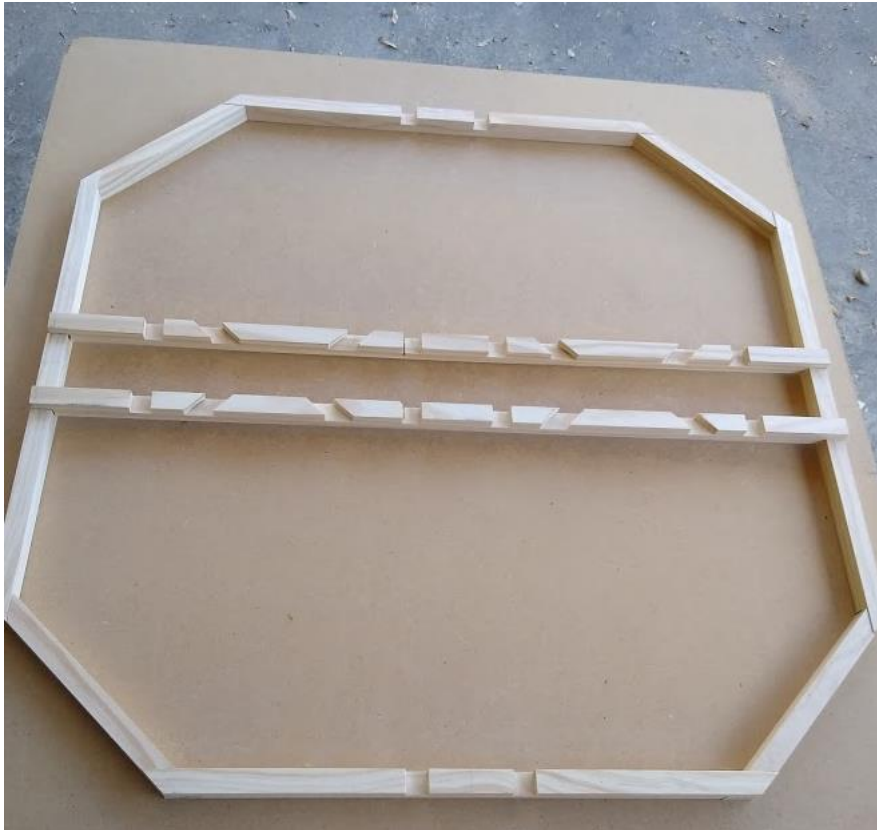
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES



Mejor con máquinas de control numérico

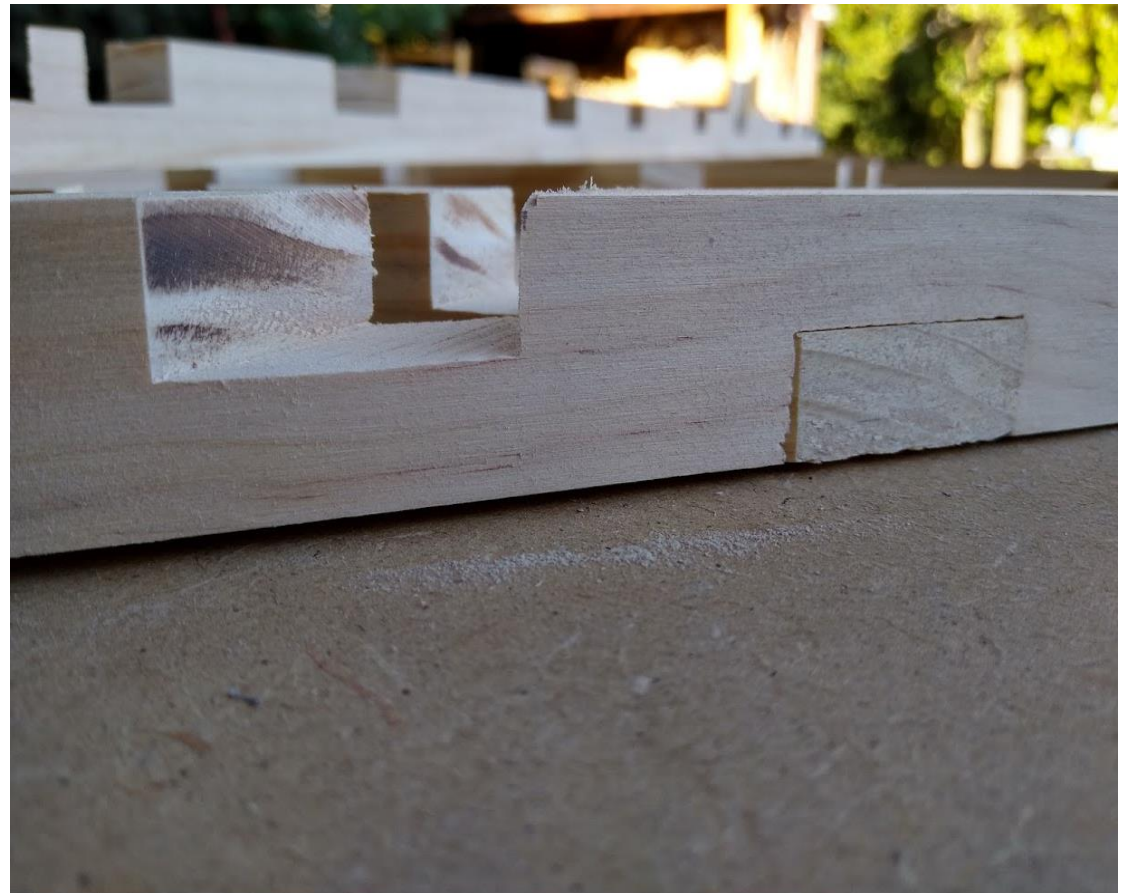
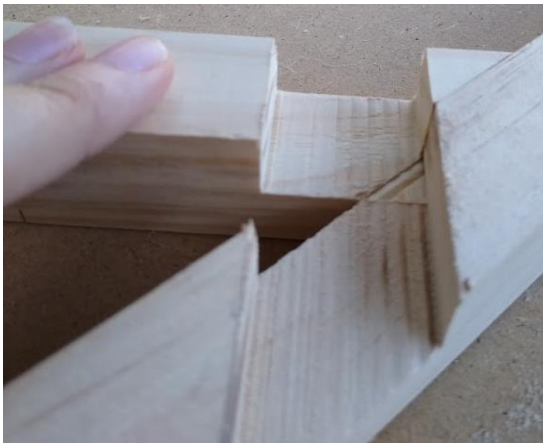
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

Importancia del orden de montaje



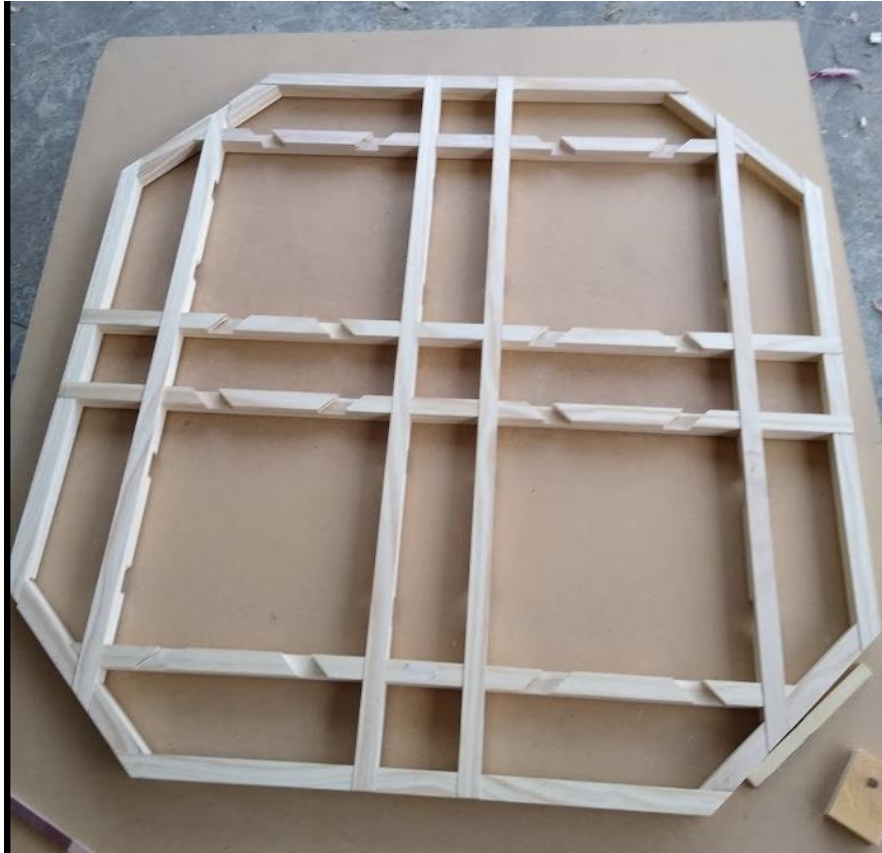
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

El ajuste manual durante el montaje



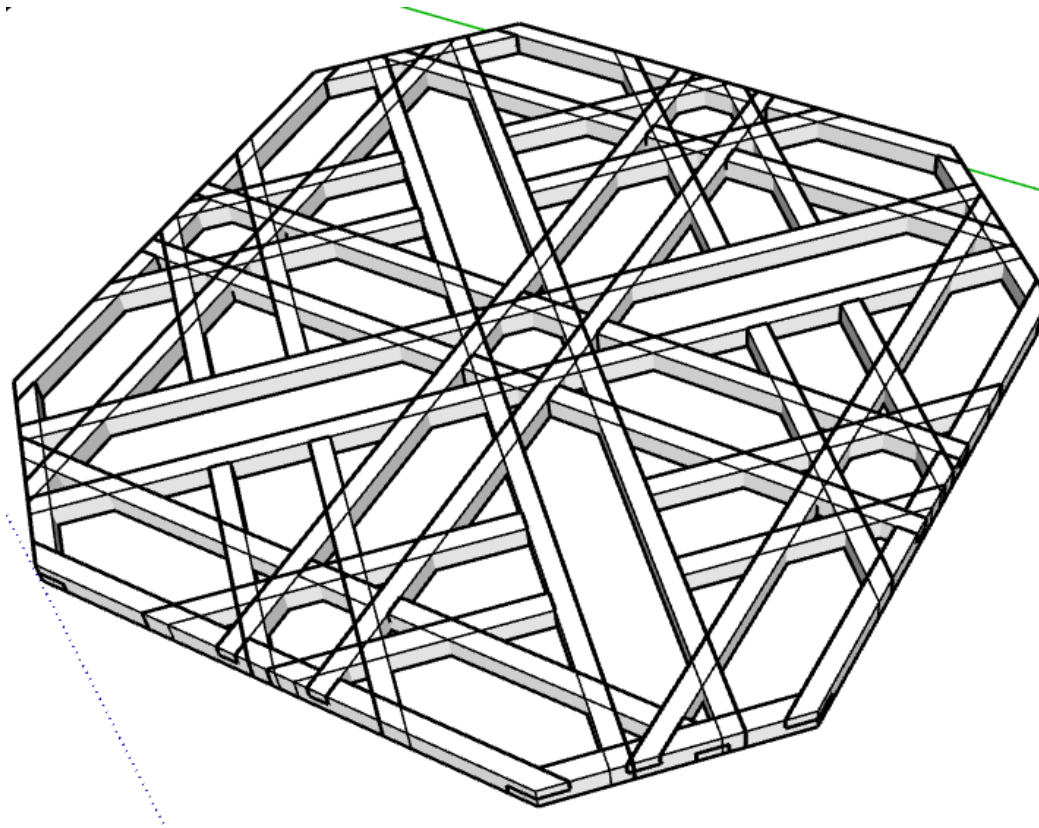
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

Rigidez y reciprocidad



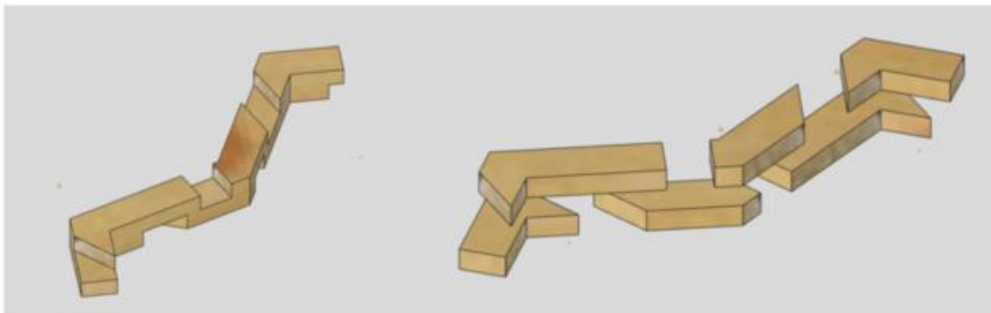
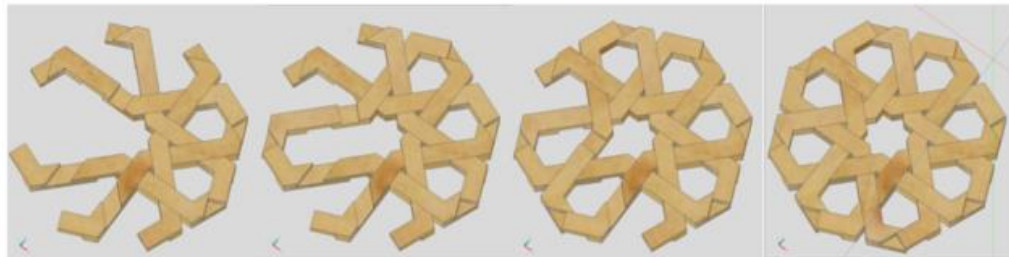
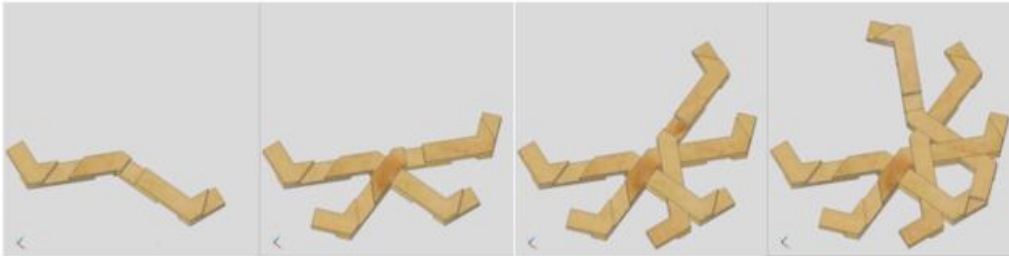
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

Trabajo manual vs maquina industrial



PANEL DE PIEZAS

Modelos y simplificación de piezas



PANEL DE PIEZAS

Ensamblaje manual



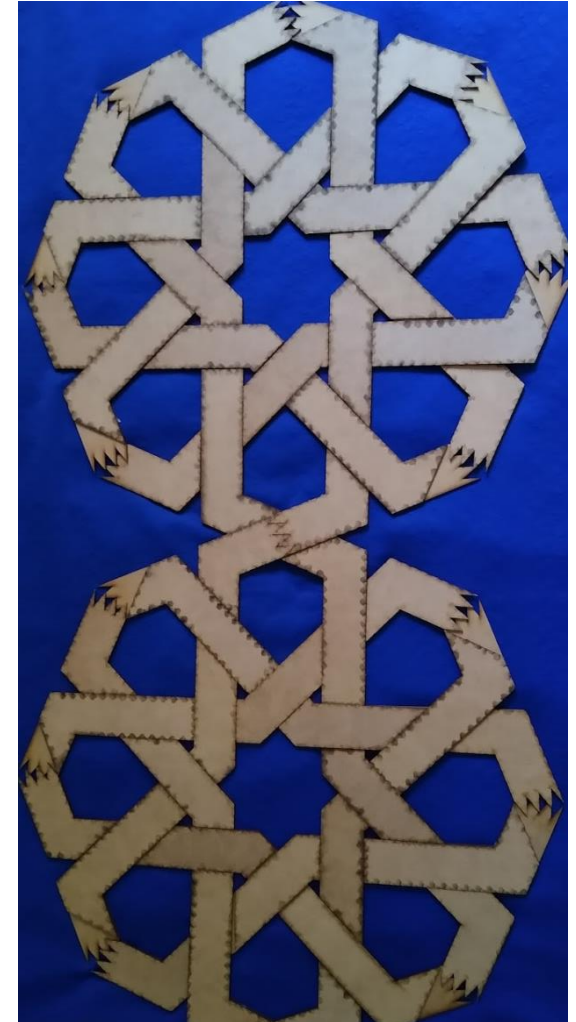
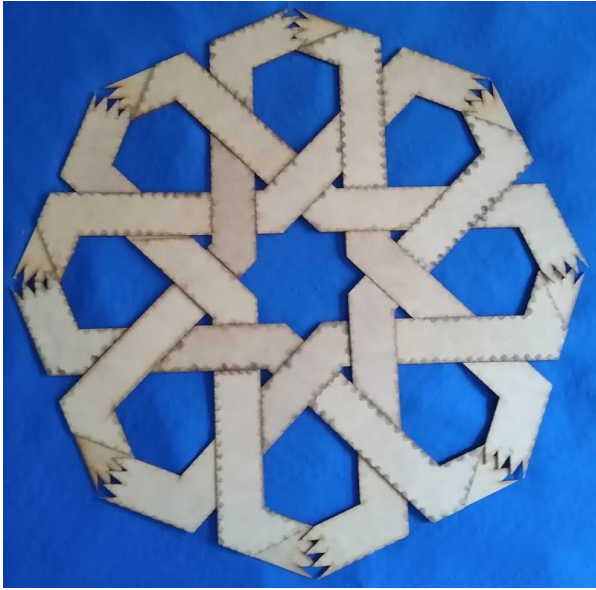
IMPORTANCIA DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

PANEL DE PIEZAS

Rotación de elementos iguales

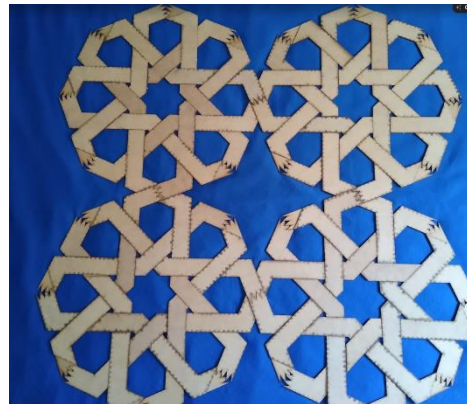


PANEL DE PIEZAS



Unión entre ruedas finger joint

Longitud ilimitada en dos direcciones



INTERPRETACIÓN CONSTRUCTIVA

EL DISEÑO DEBE DESARROLLARSE EN PARALELO CON LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

IMPORTANCIA DE FABRICACIÓN DIGITAL O POR CONTROL NUMÉRICO.

SON SISTEMAS ASEQUIBLES EN CONSTRUCCIÓN Y ECONOMÍA

PARA CADA SISTEMA ES NECESARIO UN TIPO DE MATERIAL

EN AMBOS, LAS UNIONES ENTRE PIEZAS SON CLAVE

3. MÉTODO DE CÁLCULO Y LÍMITES DEL SISTEMA

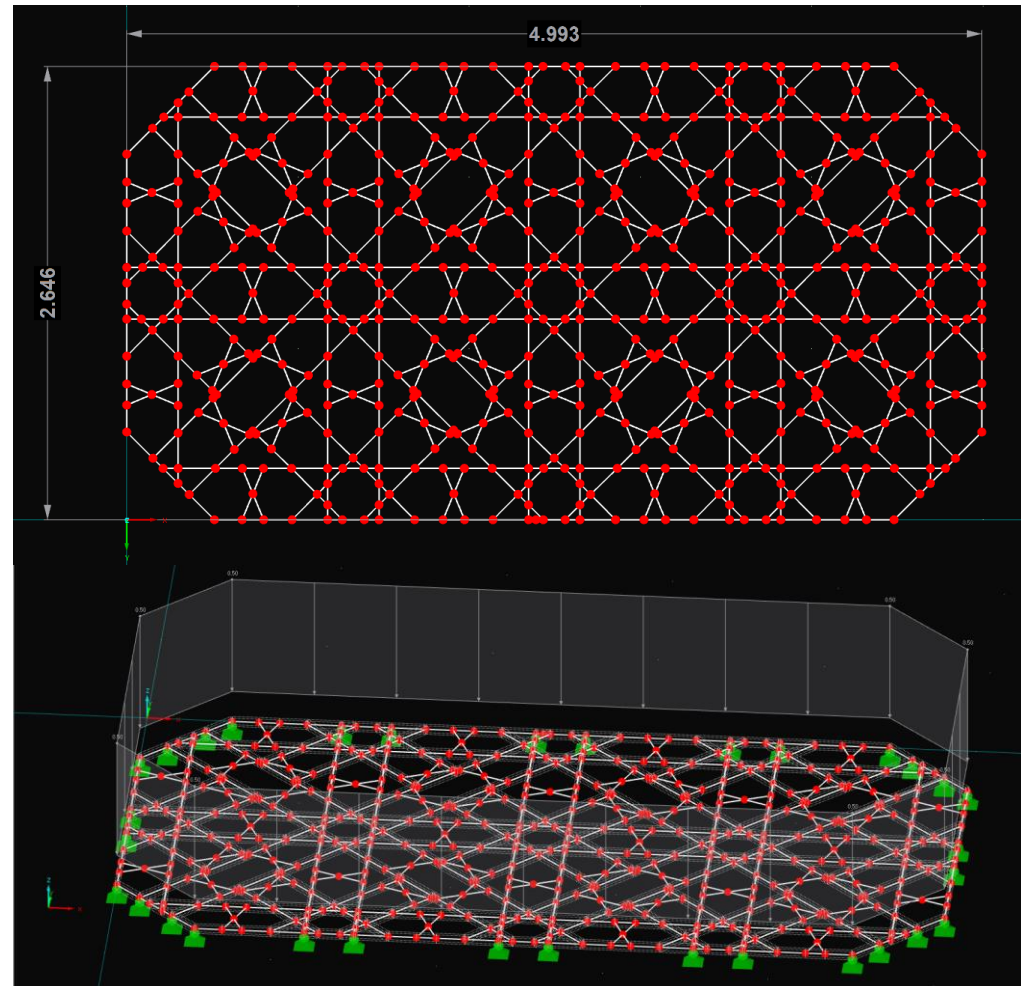
PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

CÁLCULO

- Cálculo con secciones reducidas equivalentes a medias maderas
- Uniones rígidas
- Material en C24
- Cálculo por franjas
- Escala en plano
- 5 franjas de cálculo, 0,5 KN/m²
- Posibilidad de introducción de articulaciones

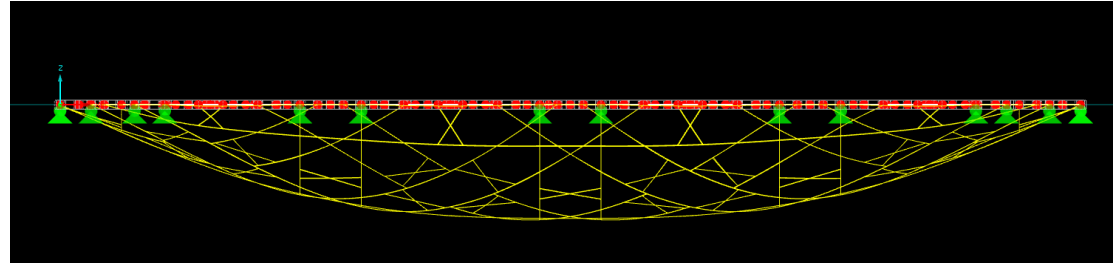
Combinaciones de carga

CO	Descripción de combinación de carga
1	Peso propio
2	Franja 1
3	Franja 2
4	Franja 3
5	Franja 4
6	Franja 5



PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

RESULTADOS



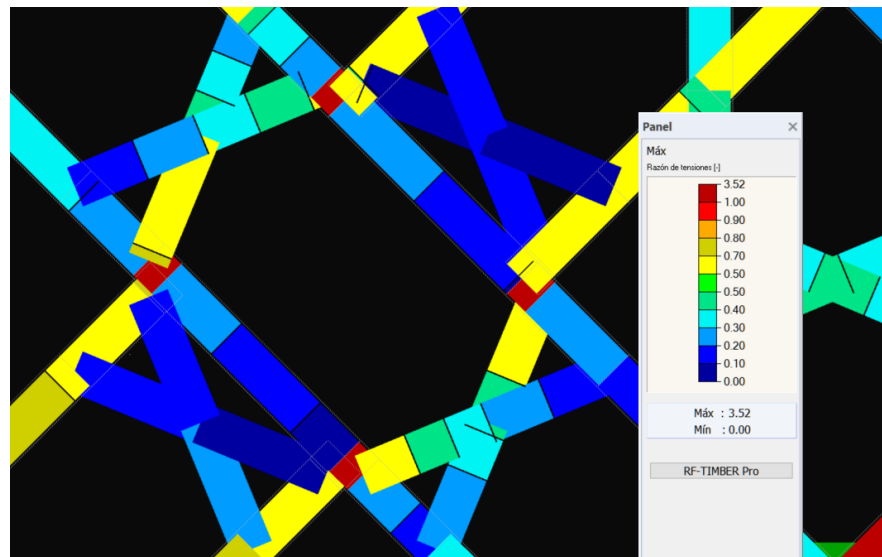
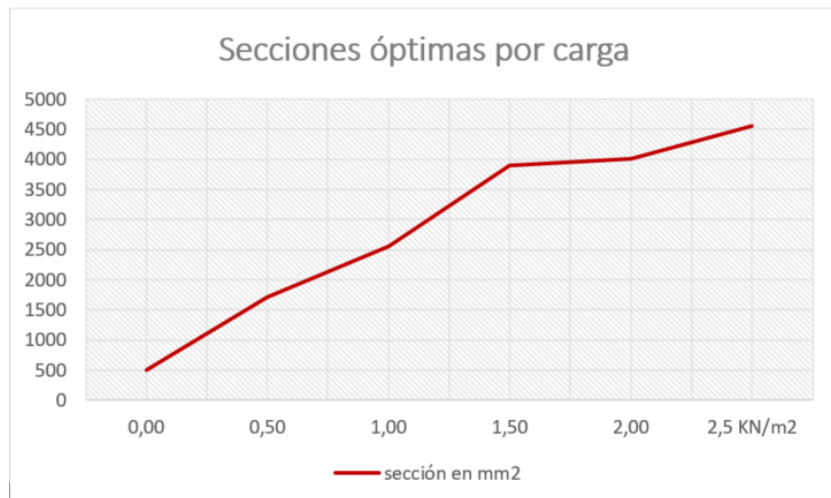
COMBINACIÓN DE CARGA		DEFORMACIÓN (mm)
CO1	PESO PROPIO	5,70
CO2	PESO PROPIO + 0,5 KN/M2	37,09
CO3	PESO PROPIO + 1KN/M2	70,00
CO4	PESO PROPIO + 1,5KN/M2	102,20
CO5	PESO PROPIO + 2KN/M2	134,40
CO6	PESO PROPIO + 2,5KN/M2	168,50

Cálculo inicial comprobación de deformaciones,
misma sección de 50/40mm

PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

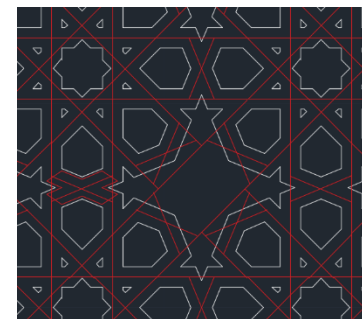
RESULTADOS

Cálculo de secciones optimizadas



Secciones en mm y mm ²				
CO1	P.PROPIO	20	25	500
CO2	PP+0,5KN/M2	44	39	1716
CO3	PP+1KN/M2	50	51	2550
CO4	PP+1,5KN/M2	60	65	3900
CO5	PP+2KN/M2	58	69	4002
CO6	PP+2,5KN/M2	70	65	4550

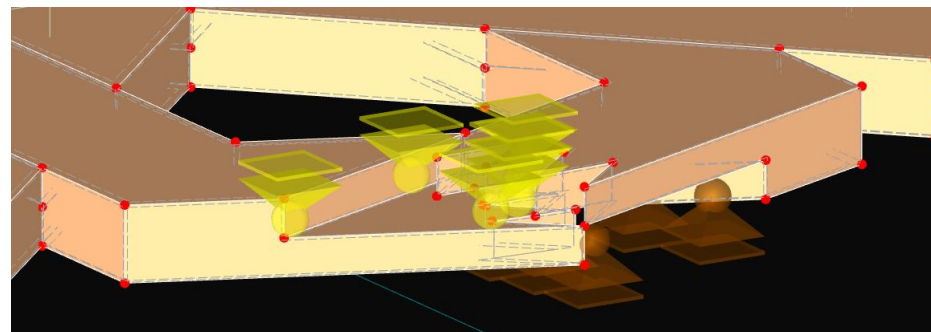
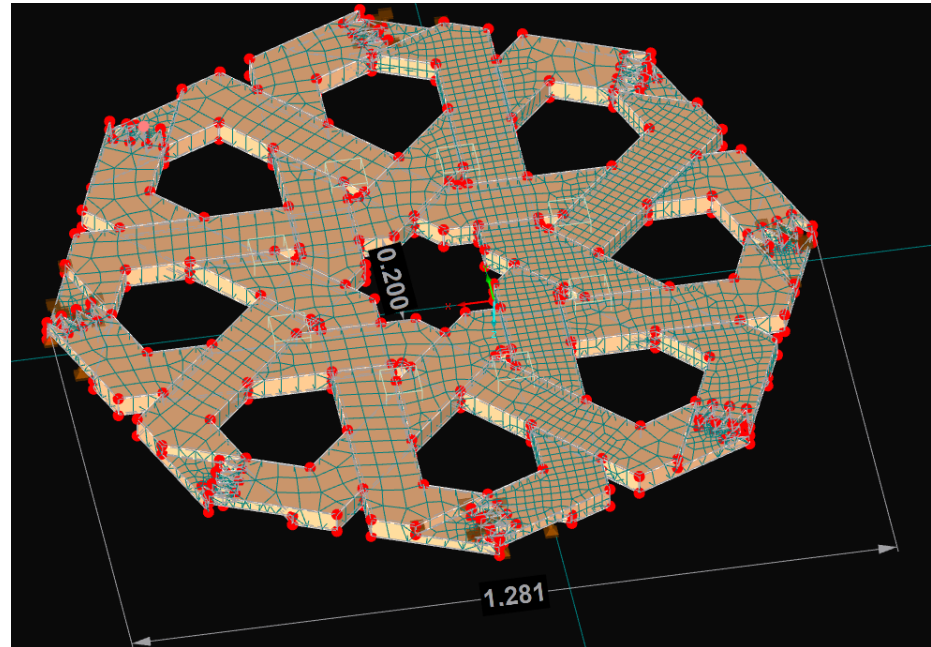
El momento torsor es el más crítico. Cambio de piezas. Adaptación de secciones



PANEL DE PIEZAS

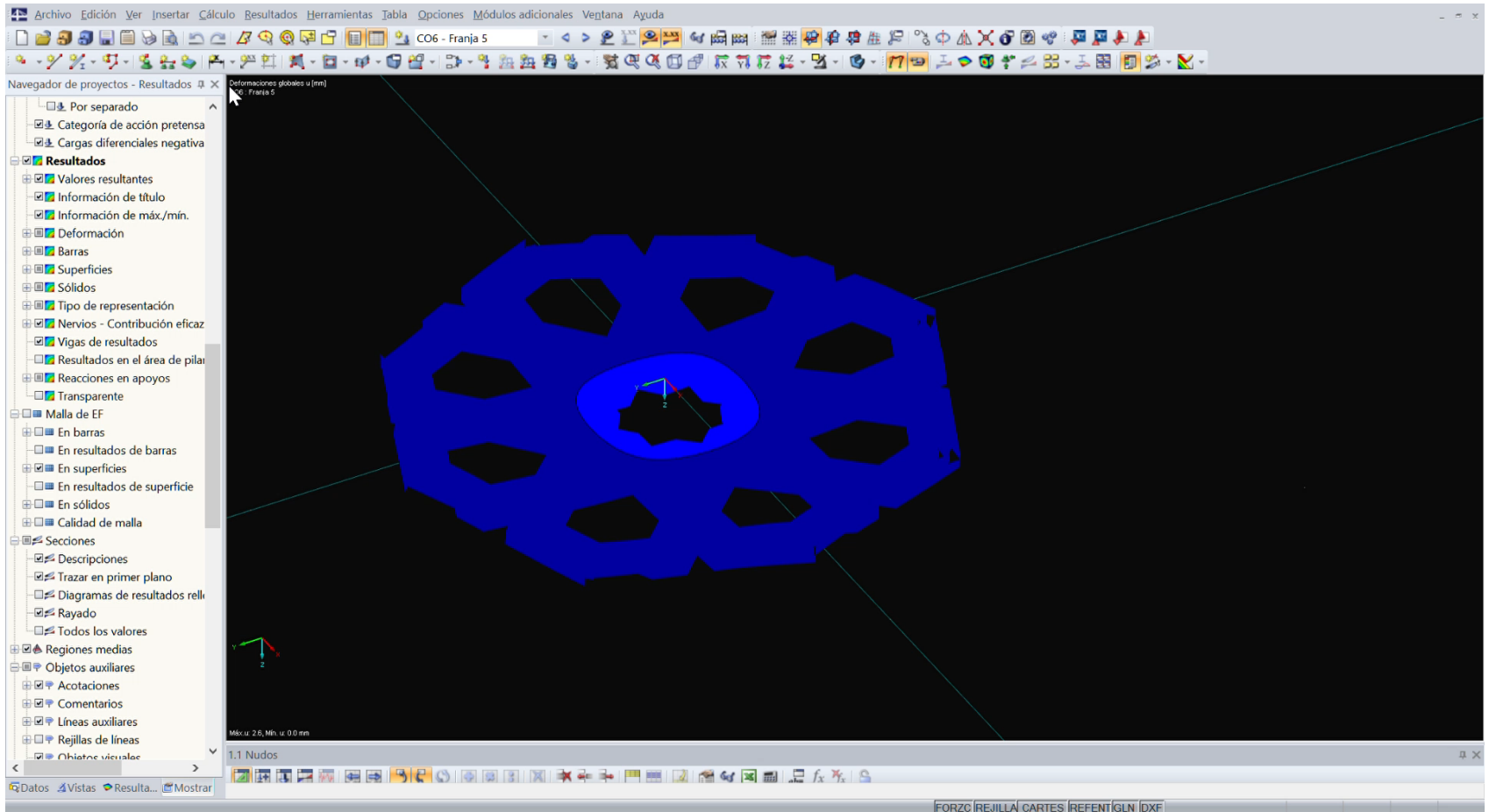
CÁLCULOS

- Cálculo por elementos sólidos
- Uniones con liberación de superficies no lineal
- Tablero partículas P7 hidrófugo uso estructural 19mm x 2 capas
- Necesidad de material isótropo por la no ortogonalidad de las piezas
- Cálculo por franjas de carga
- 5 franjas de cálculo, 0,5 KN/m²
- Cálculo de una sola rueda
- Necesidad de cálculo de la unión para comprobar como funciona el panel



PANEL DE PIEZAS

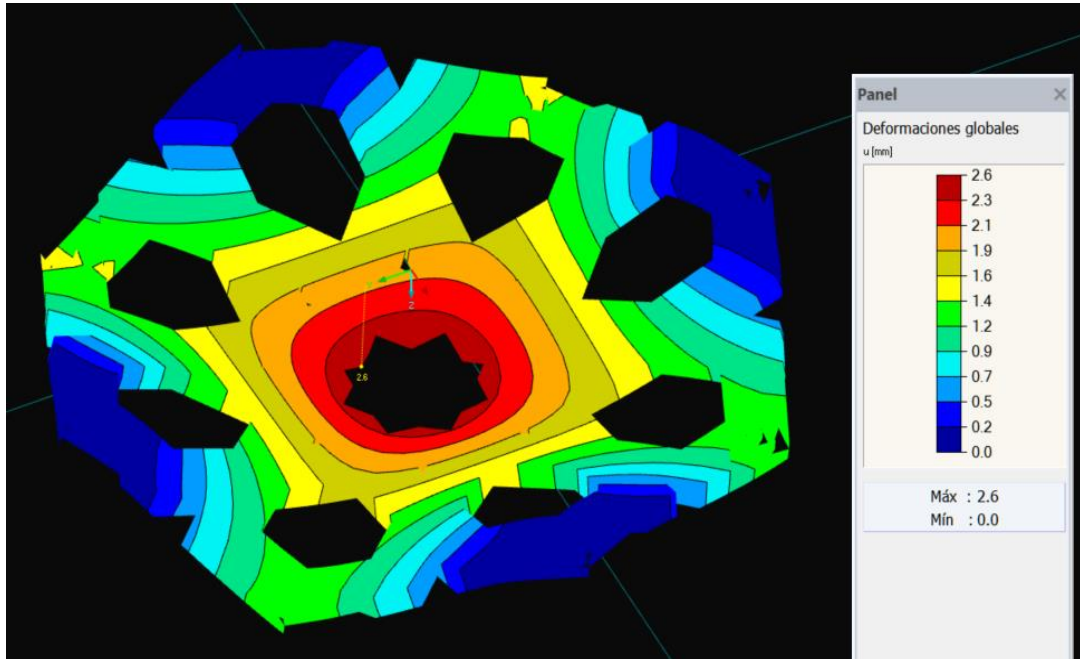
RESULTADOS



PANEL DE PIEZAS

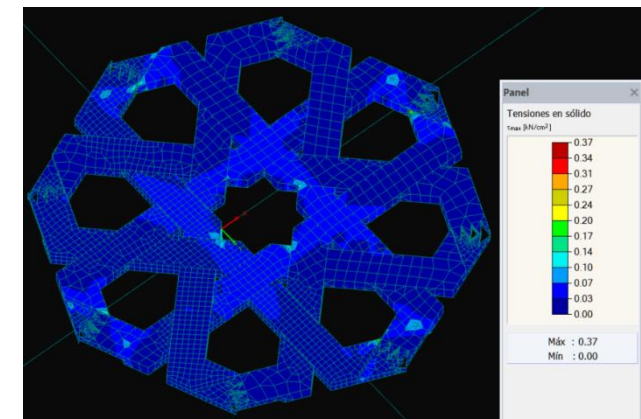
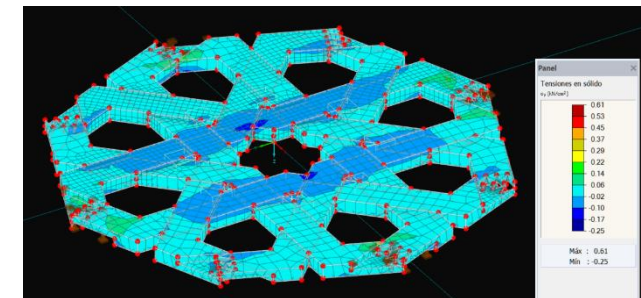
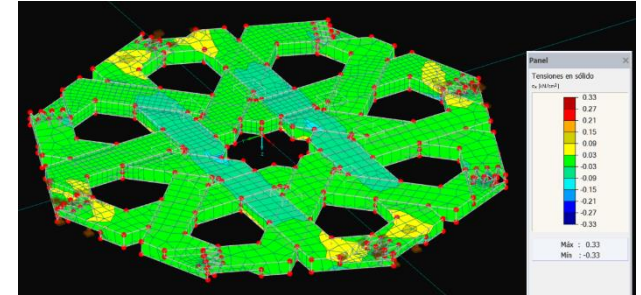
RESULTADOS

CO6, PP+2,5KN/M2



Deformación máxima de 2,6mm con carga de 2,5KN/m2

A la derecha, de arriba abajo: Tensiones max en x, en y y por cortante cizalladura

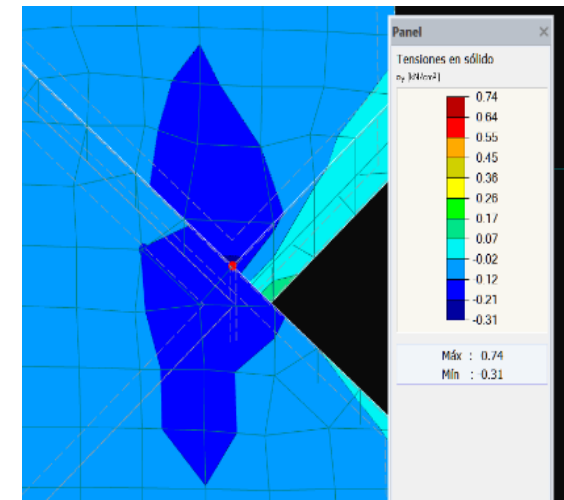
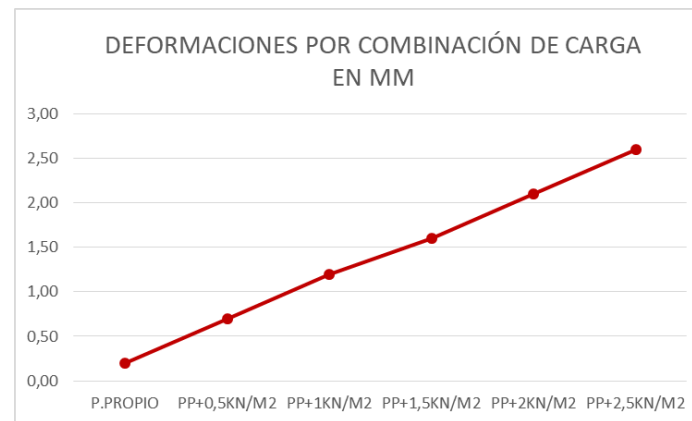
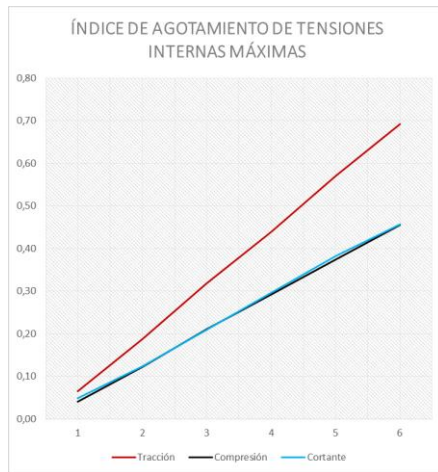


PANEL DE PIEZAS

RESULTADOS

Comparativa con valores característicos UNE

COMBINACIÓN DE CARGA		DEFORMACIÓN (mm)	TRACCIÓN		COMPRESIÓN		CORTANTE	
			Ft,p,k	agotamiento	Fc,p,k	agotamiento	Fv,p,k	agotamiento
			1,07	1,00	1,47	1,00	0,81	1,00
CO1	P.PROPIO	0,20	0,07	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05
CO2	PP+0,5KN/M2	0,70	0,20	0,19	0,18	0,12	0,10	0,12
CO3	PP+1KN/M2	1,20	0,34	0,32	0,31	0,21	0,17	0,21
CO4	PP+1,5KN/M2	1,60	0,47	0,44	0,43	0,29	0,24	0,30
CO5	PP+2KN/M2	2,10	0,61	0,57	0,55	0,37	0,31	0,38
CO6	PP+2,5KN/M2	2,60	0,74	0,69	0,67	0,46	0,37	0,46



4. CONCLUSIONES Y LÍNEAS ABIERTAS DE INVESTIGACIÓN

PANEL DE ELEMENTOS LINEALES

- **Mismas aplicaciones que otros tableros estructurales**
- **Modelos de construcción con entramado**
- **Uso constructivo con sistema de aislamiento exterior**
- **Uniones similares a entramado ligero**

PANEL DE ELEMENTOS SÓLIDOS

- **Arquitectura temporal, marquesinas**
- **Durabilidad que tablero de partículas P7**

CONCLUSIONES

SISTEMAS EFECTIVOS Y SENCILLOS EN SU CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE

LA FASE DE DISEÑO DIGITAL CON HERRAMIENTAS ACTUALES DEBE SER CUIDADA Y SIEMPRE DESDE LA PERSPECTIVA CONSTRUCTIVA

EL CNC Y LA FABRICACIÓN DIGITAL SON BÁSICOS.

ESTRUCTURALMENTE SON SISTEMAS MUY POTENTES

LA CANTIDAD DE MADERA ES MÍNIMA EN RELACIÓN CON LA CAPACIDAD PORTANTE.

ECONÓMICAMENTE SON ASEQUIBLES Y ENTRAN EN PRECIO DE MERCADO

LINEAS ABIERTAS

Este estudio es una primera aproximación al funcionamiento de los paneles propuestos.

El método de análisis de ambos paneles supone una aproximación detallada de cómo puede estudiarse el sistema.

La interpretación de los resultados obtenidos debe validarse con una caracterización adecuada del panel.

La comparativa estructural de sistemas con otros que actualmente se instalan se basa en lo teórico y en los resultados obtenidos.

La construcción de ambos sistemas a rasgos generales resulta cercana al modelo real, no obstante queda camino por recorrer en relación a las uniones, escalas, etc.



ESTUDIO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS NO MASIVOS EN MADERA BASADOS EN LA CARPINTERÍA DE LAZO TRADICIONAL

violetagonzalezalegre@gmail.com