

## Cabriadas de “par y tirante” con madera *Pinus Elliottii*

Héctor Massuh, Paula Peyloubet, Tomás O'Neill, Tomás Verdinelli, Germán Barea  
Centro Experimental de la Vivienda Económica, CEVE. Córdoba. Argentina

### Resumen

Una alternativa de solución para techos con madera, a base de componentes estructurales tipo Cabriadas y cubierta de machihembrado, tableros o similar. Los componentes estructurales principales de las Cabriadas se conforman con seis elementos consistentes en secciones de tablas de madera de *Pino Elliottii*, de iguales dimensiones en escuadría y longitud.

Para el acabado final de la cubierta se estudia y compara la utilización de tejas francesas y láminas de chapa metálica sinusoidal.

Se reseñan diseño, cálculos estructurales y definición dimensional de los elementos y componentes de las cubiertas.

Se resumen los resultados y recomendaciones de una manera gráfica, para fácil lectura y comprensión de la propuesta constructiva y como llevarla a cabo a los fines del traspaso y transferencia tecnológica al habitante, para la autogestión en la producción de viviendas.

### Abstract

*The proposal is an alternate solution for wooden ceilings, based on truss-like structural components covered with woven dovetail joints, wood panels or similar plates.*

*The main structural components of trusses are made with six elements consisting in board sections made from *Pinus Elliottii* wood, each one with equal dimensions in length and angles.*

*For the finish, in this paper we've studied and compared the use of French roof tiles and metal sinusoidal sheets.*

*The text describes the design, structural calculations and definition of the dimensions of the elements and components of the covers. The results and recommendations are summarized with graphics.*

*The construction proposal and its execution are offered in an easy-to-understand way in lieu of transferring the technology to the tenant and thus aid the autonomous housing construction.*

El presente trabajo es un resumen de una investigación más extensa y forma parte de las propuestas constructivas para la producción de viviendas para familias de escasos recursos del proyecto 'XIV.8 Casapartes', inscrito en el programa 'Ciencia y tecnología para el desarrollo, CYTED'. El objetivo general del proyecto especifica desarrollar "...elementos o casa-partes, para la construcción de cimentaciones, paredes, entresijos, techos e instalaciones (CiPETi), combinables entre sí, que permitan configurar sistemas aptos para la autogestión y autoconstrucción de viviendas..."

En este artículo se describen propuestas constructivas y estructurales para techos tipo Cabriadas utilizando madera *Pinus Elliottii*, definidos en su geometría y capacidad resistente.

Como modelo piloto se parte de un prototipo teórico, de dos aguas, que cubre una luz de 3,20 m. (figura 1). A continuación y de acuerdo a los resultados de ese modelo, se definen y especifican Cabriadas tipos, para luces estructurales de 3,40 m, 3,60 m, 3,80 m, 4,00 m y 4,20 m con dos alternativas de cubiertas: tejas francesas y chapas sinusoidales, respectivamente.

### El estudio propone:

Analizar, asumir y dar respuestas a las premisas implícitas en las propuestas del proyecto CYTED XIV.8 Casapartes.

### Descriptorios

Cabriadas, *pinus elliottii*; techos de madera

### Descriptors

trusses, *Pinus Elliottii*, wood roof

Comprender el comportamiento estructural de las Cabriadas como solución para techos, verificar y caracterizar secciones tipos, y definir escuadrías necesarias para cada caso.

Sistematizar las conclusiones de los análisis estructurales y elaborar tablas que relacionen tipos de cubiertas, madera, luces de cálculo, geometrías de los componentes estructurales.

Elaborar cuadros y tablas para construcciones autogestionadas, para que los habitantes de una manera ágil y sencilla, puedan conocer y aplicar las soluciones constructivas de las Cabriadas tipificadas, de acuerdo a diferentes luces y demás solicitudes estructurales para cada caso.

### Componentes, diseño estructural y tecnología de producción

La 'Cabriada de par y tirante' que se propone está compuesta de dos pares inclinados y un tirante que los une. Procura obtener la relación más adecuada entre el diseño estructural (DE) y la tecnología de producción (TP).

Se fabrica con seis (6) piezas iguales en el largo y escuadrías obtenidas de secciones de tablas de madera. Cuatro piezas se utilizan para conformar los dos pares inclinados, otra pieza —la quinta— es el tirante horizontal y la última pieza de madera, cortándola en piezas pequeñas, se utiliza para las uniones de los elementos entre sí y con el apoyo (figuras 1 y 2). Como comentario particular, esto último permite —y se recomienda— emplear las piezas mejores para las partes más comprometidas estructuralmente, como son los tirantes y pares, dejando

la tabla más deficiente a las solicitudes estructurales, con presencia de nudos y pequeñas deformaciones, para ser utilizada para las piezas-uniones.

La geometría simple de la propuesta, tanto para la obtención de los elementos como del componente Cabriada, es cónsona con la premisa general del proyecto que enfatiza una fabricación simple, con equipo y herramientas básicas, y factibles para la auto-construcción y la auto-gestión. En otras palabras, ha sido importante obtener la relación más adecuada y eficiente entre diseño estructural, tecnología de producción y facilitar la apropiación tecnológica por parte del habitante de bajos recursos económicos.

Además de la simplicidad técnica, normalizando los elementos básicos de la Cabriada mediante secciones de tablas de un mismo tamaño para las distintas funciones y destinos del componente Cabriada, se obtienen tipificaciones básicas no sólo para el componente sino para la organización, herramientas y equipos para la producción. De hecho, sobre unos mesones de trabajo, con un sistema simple de topes y plantillas se disponen las piezas y los separadores-uniones que permiten en forma fácil y expedita el armado para la producción serial y masiva de las Cabriadas.

Este concepto de seis tablas iguales puede aplicarse a Cabriadas de diferentes luces entre apoyos y distintas cargas. El cálculo estructural define para cada caso las secciones correspondientes quedando igual para todas las soluciones las características básicas en cuanto al proceso de producción.

El estudio se ha dirigido a normalizar y tipificar Cabriadas en función de luces más habituales para la vivienda. Es decir, satisfacer un rango de tamaños entre

Figura 1  
Cabriada de madera a partir de 6 piezas de madera de la misma sección de largo

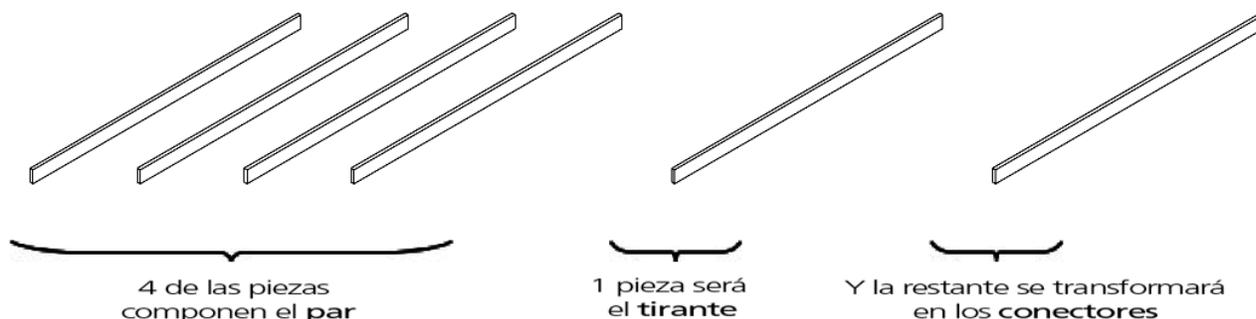
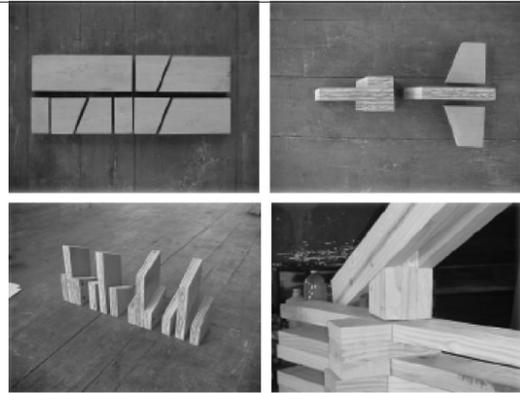


Figura 2  
Cabriada de madera a partir de 6 piezas de madera de la misma sección de largo



apoyos desde 3,20 m hasta 4,00 m. Para ello se toma como caso de estudio piloto la Cabriada para cubrir luces de 3,20 m, cuyo análisis estructural se describe a continuación. Más adelante, fundamentándose en los resultados del 'caso piloto 3,20 m', se pasa a tipificar características dimensionales y de cargas para luces de 3,40 m – 3,60 m – 3,80 m – 4,00 m y 4,20 m, para cubiertas con tejas francesas y láminas sinusoidales.

### Análisis de la Cabriada para luces de 3,20m como caso de estudio piloto. Cargas gravitatorias (figura 3)

#### Descripción del componente

El caso que se analiza como modelo piloto corresponde a una Cabriada con madera de *Pino Elliottii*, para cubrir una distancia entre apoyos de 3,20 m. Las Cabriadas están dispuestas paralelamente a una distancia de 0,80 m y para cada Cabriada se emplean seis piezas iguales, cada una de 2,20 m de largo y sección de 1" x 4".

#### Características de la madera *Pino Elliottii*

Tensión Característica de Compresión paralela a las fibras: f c.o.k.= 260 Kg/cm<sup>2</sup>

Tensión Característica de Tracción paralela a las fibras: f t.o.k. = 338 Kg/cm<sup>2</sup>

Tensión de Diseño de Compresión paralela a las fibras: f c.o.d = 73 Kg/cm<sup>2</sup>

Tensión de Diseño de Tracción paralela a las fibras: f t.o.d = 72 Kg/cm<sup>2</sup>

Tensión de Diseño de Corte paralelo a las fibras: f v.o.d. = 9 Kg/cm<sup>2</sup>

#### Cargas permanentes:

Teja francesa 55 Kg/m<sup>2</sup>

Clavadura de madera de 1" x 2" 4,00 "

Poliestireno expandido e=3 cm 1,00 "

Membrana asfáltica con aluminio 4,00 "

2 separadores de 1" x 2" 2,00 "

Machimbre de Pino e= 3/4" 11,00 "

Total carga 'g': 77,00 Kg/m<sup>2</sup>

Peso propio secciones 1 y 2: 2,50 Kg/m<sup>2</sup>

Peso propio sección 3: 1,25 "

Sobrecarga variable:

Cubierta inclinada no accesible 23,00 Kg/m<sup>2</sup>

Nieve (Región capital, Villa Dolores, Río Cuarto) 45,00"

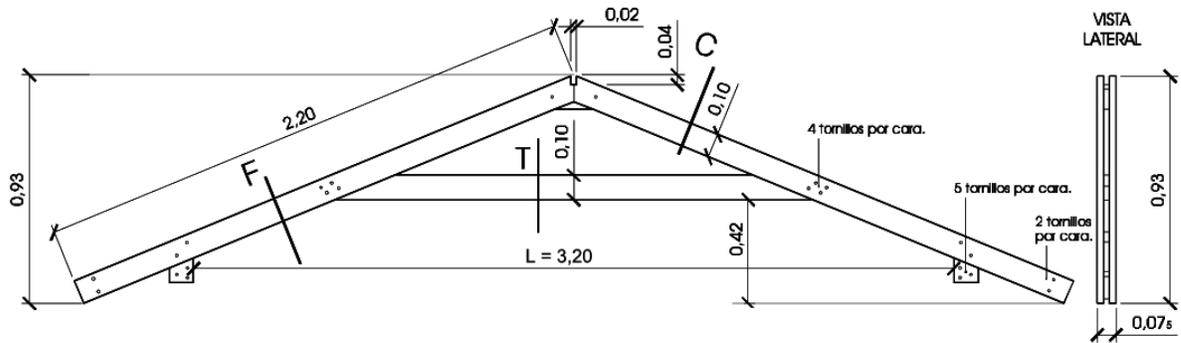
Total carga 'p': 68,00 Kg/m<sup>2</sup>

Carga q (g+p) 145,00 Kg/m<sup>2</sup>

Carga q proyectada horizontalmente 145 Kg/m<sup>2</sup> x coseno 22 = 156,76 Kg/m<sup>2</sup>

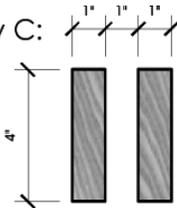
Carga por metro lineal 127,41 Kg/ml

Figura 3  
Descripción del componente para cabriada de madera L=3,20 m.

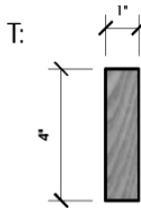


Secciones: F y C:

Peso por metro lineal: 2,50 kg



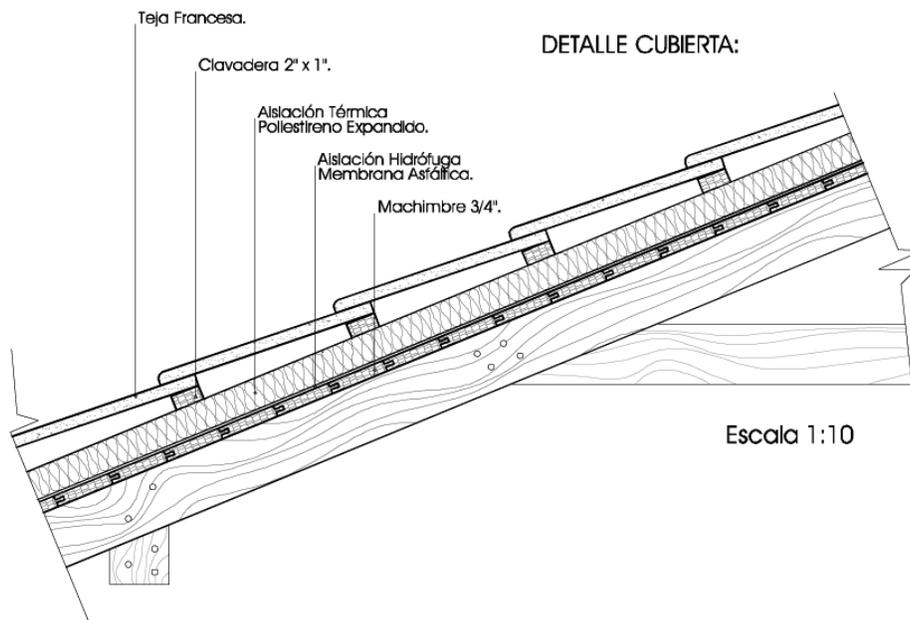
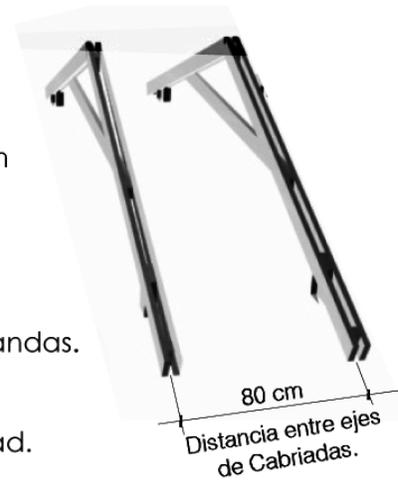
Peso por metro lineal: 1,25 kg



Pendiente de la Cubierta: 40%

Ángulo de Inclinación  $\alpha = 22^\circ$

Material: Maderas Blandas.  
Peso Específico: 400 a 550 kg/m<sup>3</sup>.  
Para 15% de Humedad.



### Análisis estructural (figura 4)

Se asume la Cabriada como una 'viga de sección variable' con su mayor altura en la sección central. Esa altura va disminuyendo progresivamente hasta un punto crítico, en el que abruptamente cambia a su mínima sección.

Este cambio de altura no corresponde directamente con el diagrama de momentos flectores, lo que nos indica *a priori* que ésa será la sección más solicitada de la estructura y la que incidirá directamente en el dimensionamiento de la Cabriada.

Igualmente, de la lectura del diagrama de momentos, se desprende que los voladizos están colaborando para disminuir el momento máximo en la estructura.

Otro aspecto importante será verificar cada barra del reticulado a los esfuerzos solicitantes, tanto para cargas gravitatorias como para las cargas provocadas por la acción del viento.

El área de influencia de cargas por nudo se analiza y refleja en la figura 5.

Igualmente se estudia un modelo estructural simplificado tal como se explica en la figura 6.

A continuación estudio de la sección, análisis de los pares 4" X 3" (figura 7) y 5" x 3" (figura 8).

Figura 4  
Análisis estructural

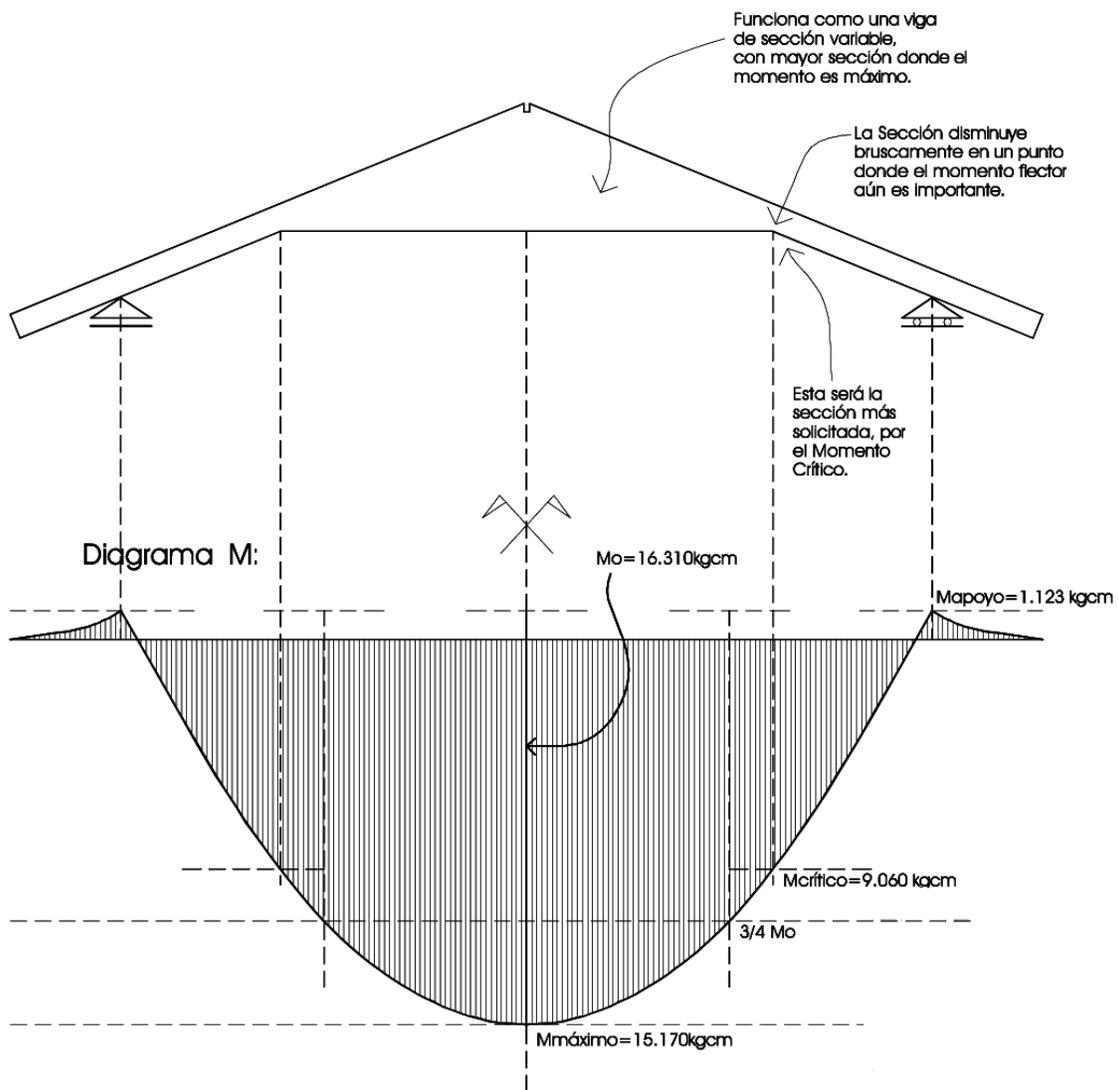
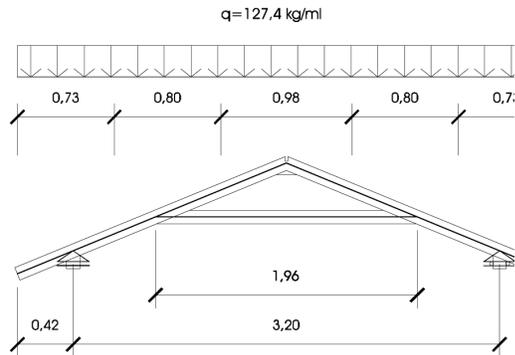


Figura 5  
Desarrollo para cargas gravitatorias.  
Área influencia carga por nudo



Modelo Estructural Simplificado:  
Cálculo de Reacciones en los apoyos.

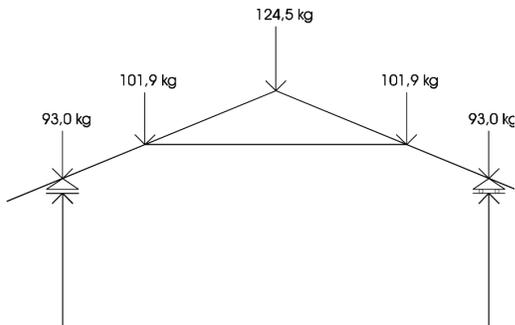
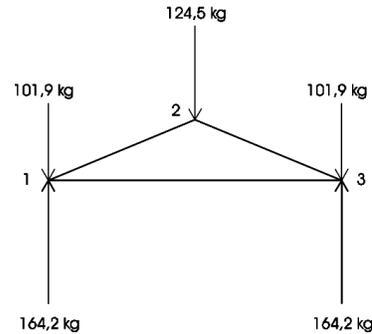
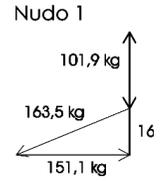


Figura 6  
Desarrollo para cargas gravitatorias. Cálculo de los  
esfuerzos simples en las barras del reticulado

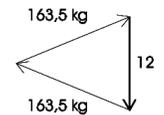
Modelo Simplificado:



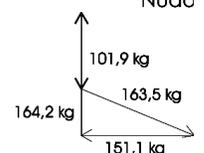
Estudio de los Nudo



Nudo



Nudo



Esfuerzos en las Barras:

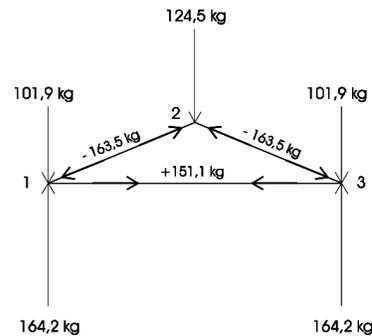
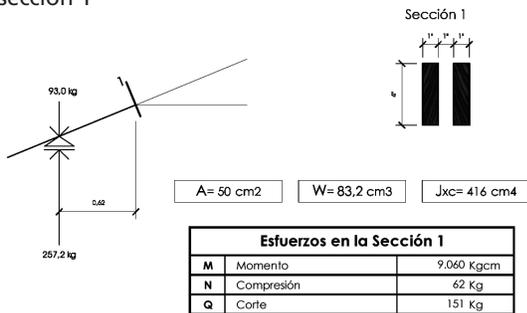


Figura 7  
Desarrollo para cargas gravitatorias. Estudio de la  
sección 1



Verificaciones:

A Flexión Compuesta:

$$N = N/A = 62 \text{ kg}/50 \text{ cm}^2 = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = M/W = 9.060 \text{ Kgcm}/83,2 \text{ cm}^3$$

$$M = 108,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{N}{f_{c.o.d.}} + \frac{M}{f_{c.o.d.}} \leq 1$$

$$\frac{1,25 \text{ kg/cm}^2}{73 \text{ kg/cm}^2} + \frac{108,89 \text{ kg/cm}^2}{73 \text{ kg/cm}^2} \leq 1$$

$$0,02 + 1,49 \leq 1$$

1,51 > 1 **No Verifica**

Nota: La Sección 1 no verifica para una cubierta de Teja Francesa, pero sí verifica para una Cabriada que recibe una cubierta liviana, por ejemplo de chapa sinusoidal.

Al Corte:

$$\tau_d = 1,5 \frac{Qd}{b \times d}$$

$$\tau_d = 1,5 \frac{151 \text{ kg}}{50 \text{ cm}^2} = 4,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{v.o.d.} = 0,12 \times f_{c.o.d.}$$

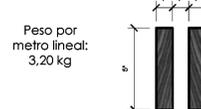
$$f_{v.o.d.} = 8,76 \text{ kg/cm}^2 > \tau_d = 4,53 \text{ kg/cm}^2 \text{ Verifica}$$

$$f_{v.o.d.} = 0,12 \times 73 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{v.o.d.} = 8,76 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 8  
Desarrollo para cargas gravitatorias. Redimensionado de  
la estructura

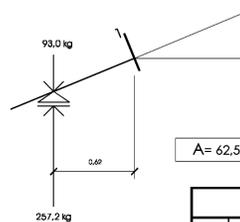
Secciones: F y C:



Secciones: F y C:



Estudio en la Sección más comprometida:



$$A = 62,5 \text{ cm}^2$$

$$W = 130,2 \text{ cm}^3$$

$$J_{xc} = 814 \text{ cm}^4$$

Esfuerzos en la Sección 1		
M	Momento	9.060 Kgcm
N	Compresión	62 Kg
Q	Corte	151 Kg

Verificaciones:

A Flexión Compuesta:

$$N = N/A = 62 \text{ kg}/62,5 \text{ cm}^2 = 0,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = M/W = 9.060 \text{ Kgcm}/130,2 \text{ cm}^3$$

$$M = 69,58 \text{ kg/cm}^2$$

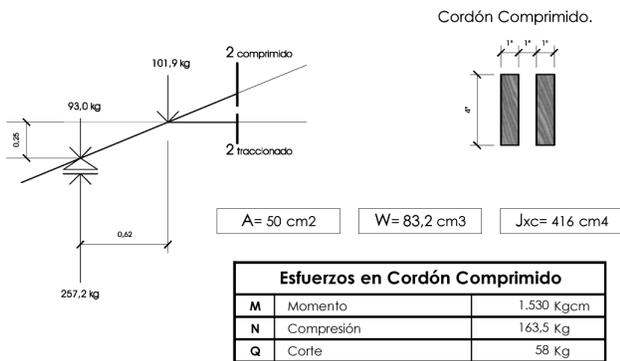
$$\frac{N}{f_{c.o.d.}} + \frac{M}{f_{c.o.d.}} \leq 1$$

$$\frac{0,99 \text{ kg/cm}^2}{73 \text{ kg/cm}^2} + \frac{69,58 \text{ kg/cm}^2}{73 \text{ kg/cm}^2} \leq 1$$

$$0,02 + 0,95 \leq 1$$

0,97 < 1 **Verifica**

Figura 9  
Desarrollo para cargas gravitatorias. Estudio de la sección 2,



**Verificaciones:**

A Flexión Compuesta:

$$\begin{aligned} \overline{N} &= N/A = 163,5 \text{ kg}/50 \text{ cm}^2 = 3,27 \text{ kg}/\text{cm}^2 \\ \overline{M} &= M/W = 1.530 \text{ Kgcm}/83,2 \text{ cm}^3 \\ \overline{M} &= 18,39 \text{ kg}/\text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{\overline{N}}{f_{c.o.d.}} + \frac{\overline{M}}{f_{c.o.d.}} \leq 1$$

$$\frac{3,27 \text{ kg}/\text{cm}^2}{73 \text{ kg}/\text{cm}^2} + \frac{18,39 \text{ kg}/\text{cm}^2}{73 \text{ kg}/\text{cm}^2} \leq 1$$

$$0,04 + 0,25 \leq 1$$

$$0,29 < 1 \text{ Verifica}$$

Al Pandeo:

Longitud de Pandeo: 0,98m = 98cms

$i_x$  (Radio giro con respecto al eje x) = 2,88cm

$$\lambda = L_o / i_x = 98 \text{ cm} / 2,88 \text{ cm} = 34$$

$$\lambda < 40 \implies \text{Diseñado a Flexión Compuesta}$$

**Verifica al Pandeo y a Flexión Lateral.**

Estudio de la sección 2, verificación al pandeo y flexión lateral (figura 9) y esfuerzo en cordón traccionado (figura 10).

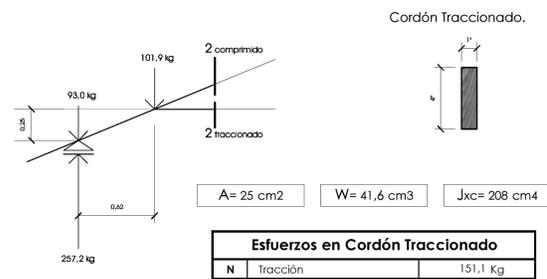
**Consideraciones finales del análisis de cargas gravitatorias**

Aparece acertada la relación geométrica y dimensional entre pares y tirantes, tanto en sus escuadrías como en los largos de los elementos de 2,20 m, la luz que salvan y los esfuerzos a que están solicitados los elementos.

Las 'secciones 1' analizadas son las más comprometidas de acuerdo a las solicitudes del momento flector. Por lo tanto la geometría y comprobación de esta sección prevece y define las secciones de los demás elementos.

La estructura planteada como reticulado arroja esfuerzos que fácilmente resisten las secciones de las

Figura 10  
Desarrollo para cargas gravitatorias. Estudio de la sección 2



**Verificaciones:**

Tracción:

$$\overline{\sigma}_{td} = N/A = 151,1 \text{ kg}/25 \text{ cm}^2 = 6,1 \text{ kg}/\text{cm}^2 > 72 \text{ kg}/\text{cm}^2 \text{ Verifica}$$

Cabriadas, logrando así eficiencia y buen funcionamiento el conjunto.

Las solicitudes para el elemento 'tensor' son muy bajas con lo cual resulta adecuada su escuadría equivalente a un elemento del par inclinado. Sin embargo se requiere profundizar su comportamiento en los casos de fuertes vientos donde puede exigir al tensor solicitudes a compresión que pueden causar efectos de pandeo por la esbeltez de este elemento de sección simple.

El voladizo compensa las solicitudes de las cargas y ayuda a disminuir el momento flector en la sección 1, lo que resulta positivo para la Cabriada en estudio.

Las tensiones de corte están dentro de valores aptos para la Cabriada y no implican redimensionado.

En relación a los conectores, se está llevando adelante un estudio orientado a simplificar dimensiones, geometría, diversidad y revisar su posicionamiento.

**Cuadros resúmenes comparativos de Cabriadas de *Pinus Elliottii* en función de dos variables: luz entre apoyos y diferentes cargas.**

Las siguientes tablas de eficiencia relacionan distintas Cabriadas realizadas en madera de *Pinus Elliottii*, para dos tipos de cubierta diferentes.

Para cada luz de cálculo aparecen distintas secciones posibles, valoradas en orden de eficiencia, en función de la capacidad resistente de la madera, comparada con los esfuerzos solicitantes y el consumo de madera.

Para una lectura simple y rápida de las tablas de eficiencia hemos utilizado el código de color gris oscuro en aquellas secciones ideales porque responden a las solicitaciones con la menor cantidad de madera, trabajando en un valor próximo a su tensión admisible; el gris medio es precaución y el gris más claro marca y define aquellas secciones en las que el consumo de madera es excesivo o la tensión de trabajo es muy alta y por encima de lo admisible (ver tablas 1 y 2).

Tabla 1  
Para madera de *Pinus Elliottii* y cubierta con tejas francesas

	Madera			<i>Pinus elliottii</i>				
	Cubierta			Teja francesa				
	Luz	Distancia ejes	Largo piezas	Mdiseño	Secciones	Cantidad	Tensión	Eficiencia
Cabriada 1	3,00	3,20	2,20	9,060 Kgcm	2 x 1' x 5'	18,0 pie <sup>2</sup>	70 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1.5' x 4'	21,6 pie <sup>2</sup>	73 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 4'	14,4 pie <sup>2</sup>	110 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 2	3,20	3,40	2,32	10,100 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	28,5 pie <sup>2</sup>	52 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	22,8 pie <sup>2</sup>	54 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 5'	19,0 pie <sup>2</sup>	78 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 3	3,40	3,60	2,43	11,790 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	29,8 pie <sup>2</sup>	61 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	23,9 pie <sup>2</sup>	64 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 5'	19,9 pie <sup>2</sup>	91 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 4	3,60	3,80	2,55	13,210 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	31,3 pie <sup>2</sup>	68 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	25,1 pie <sup>2</sup>	71 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 5'	20,9 pie <sup>2</sup>	102 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 5	3,80	4,00	2,65	14,720 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	32,6 pie <sup>2</sup>	73 kg/cm <sup>2</sup>	
					3 x 1' x 5'	36,1 pie <sup>2</sup>	73 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	26,0 pie <sup>2</sup>	80 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 6	4,00	4,20	2,77	16,300 Kgcm	2 x 1.5' x 6'	40,8 pie <sup>2</sup>	58 kg/cm <sup>2</sup>	
					3 x 1' x 6'	45,4 pie <sup>2</sup>	58 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	27,2 pie <sup>2</sup>	88 kg/m <sup>2</sup>	

■ Secciones ideales    ■ Precaución    ■ Consumo madera excesivo



Tabla 2  
Para madera de *Pinus Elliottii* y cubierta con chapas sinusoidal

	Madera			<i>Pinus elliottii</i>				
	Cubierta			Chapa sinusoidal				
	Luz	Distancia ejes	Largo piezas	Mdiseño	Secciones	Cantidad	Tensión	Eficiencia
Cabriada 1	3,00	3,20	2,20	6,021 Kgcm	2 x 1' x 4'	14,4 pie <sup>2</sup>	73 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 2	3,20	3,40	2,32	6,833 Kgcm	2 x 1' x 5	19,0 pie <sup>2</sup>	52 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1.5' x 4'	22,8 pie <sup>2</sup>	55 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 4'	15,2 pie <sup>2</sup>	82 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 3	3,40	3,60	2,43	7,824 Kgcm	2 x 1' x 5'	19,9 pie <sup>2</sup>	61 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1.5' x 4'	23,9 pie <sup>2</sup>	63 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 4'	15,9 pie <sup>2</sup>	94 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 4	3,60	3,80	2,55	8,777 Kgcm	2 x 1' x 5'	20,9 pie <sup>2</sup>	68 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1.5' x 4'	25,1 pie <sup>2</sup>	71 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 5	3,80	4,00	2,65	9,768 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	32,6 pie <sup>2</sup>	51 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	26,1 pie <sup>2</sup>	53 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 5'	21,7 pie <sup>2</sup>	75 kg/cm <sup>2</sup>	
Cabriada 6	4,00	4,20	2,77	10,847 Kgcm	2 x 1.5' x 5'	34,0 pie <sup>2</sup>	56 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	27,2 pie <sup>2</sup>	58 kg/cm <sup>2</sup>	
					2 x 1' x 6'	22,7 pie <sup>2</sup>	83 kg/m <sup>2</sup>	

■ Secciones ideales    ■ Precaución    ■ Consumo madera excesivo



A continuación se describe catálogo de Cabriadas con **tejas francesas** para luces 3,00, 3,20, 3,40, 3,60, 3,80 y 4,00 m y catálogo Cabriadas con **láminas sinusoidales** para luces de 3,00, 3,20, 3,40, 3,60, 3,80 y 4,00 m.

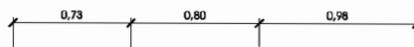
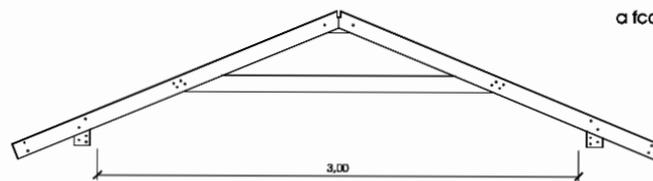
Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Teja Francesa

**CABRIADA 1**

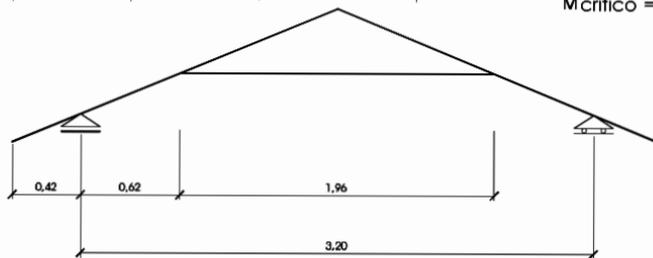
Luz que salva: 3,00mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,20mts  
Largo de las piezas: 2,20 mts.

Secciones:

	2 de 1" x 5"	Verifica
	2 de 1,5" x 4"	Verifica
	2 de 1" x 4"	Admisible
a fcod=110 kg/cm <sup>2</sup>		



Mcrítico = 9.060 Kgcm

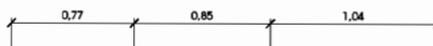
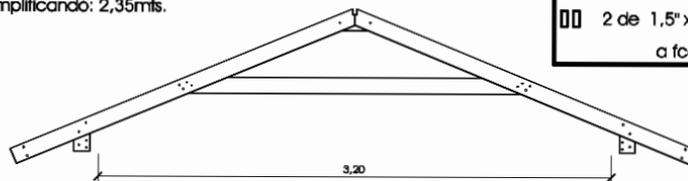


**CABRIADA 2**

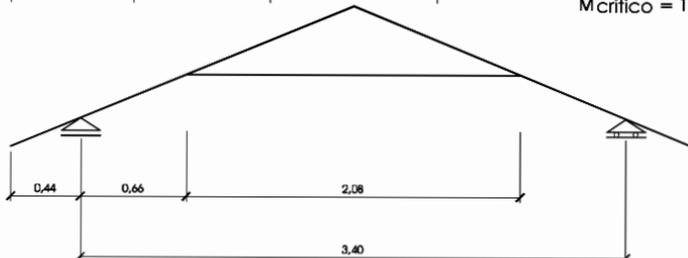
Luz que salva: 3,20mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,40mts  
Largo de las piezas: 2,32 mts.  
Simplificando: 2,35mts.

Secciones:

	2 de 1,5" x 5"	Verifica
	2 de 1" x 6"	Verifica
	2 de 1" x 5"	Admisible
	2 de 1,5" x 4"	Admisible
a fcod= 80 kg/cm <sup>2</sup>		



Mcrítico = 10.100 Kgcm



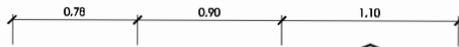
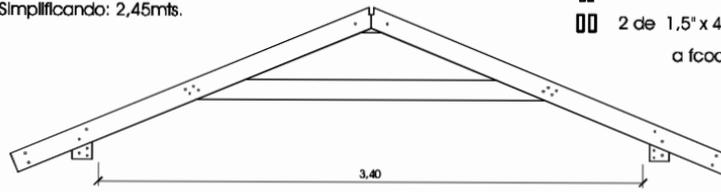
Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Teja Francesa

**CABRIADA 3**

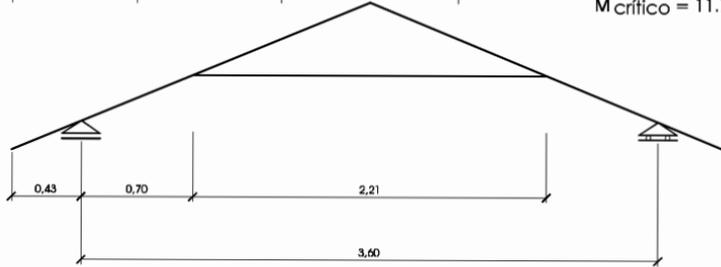
Luz que salva: 3,40mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,60mts  
Largo de las piezas: 2,43 mts.  
Simplificando: 2,45mts.

Secciones:

-  2 de 1,5" x 5" Verifica
  -  2 de 1" x 6" Verifica
  -  2 de 1" x 5" Admisible
  -  2 de 1,5" x 4" Admisible
- $\alpha_{fcod} = 95 \text{ kg/cm}^2$



$M_{crítico} = 11.790 \text{ Kgcm}$

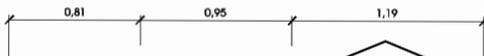
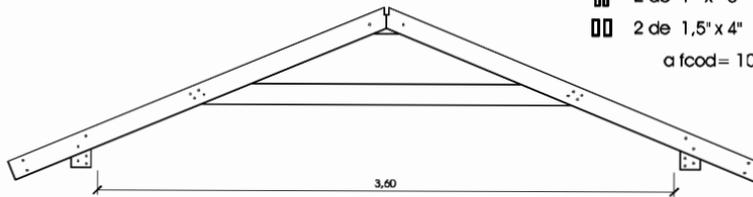


**CABRIADA 4**

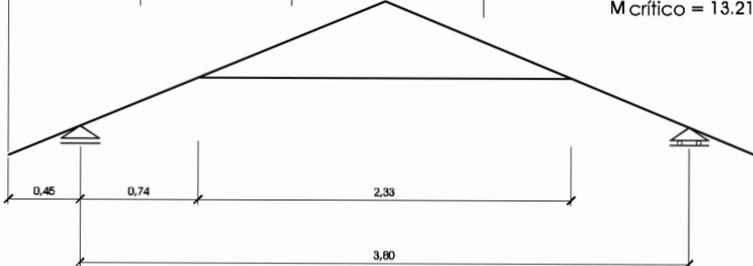
Luz que salva: 3,60mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,80mts  
Largo de las piezas: 2,55 mts.

Secciones:

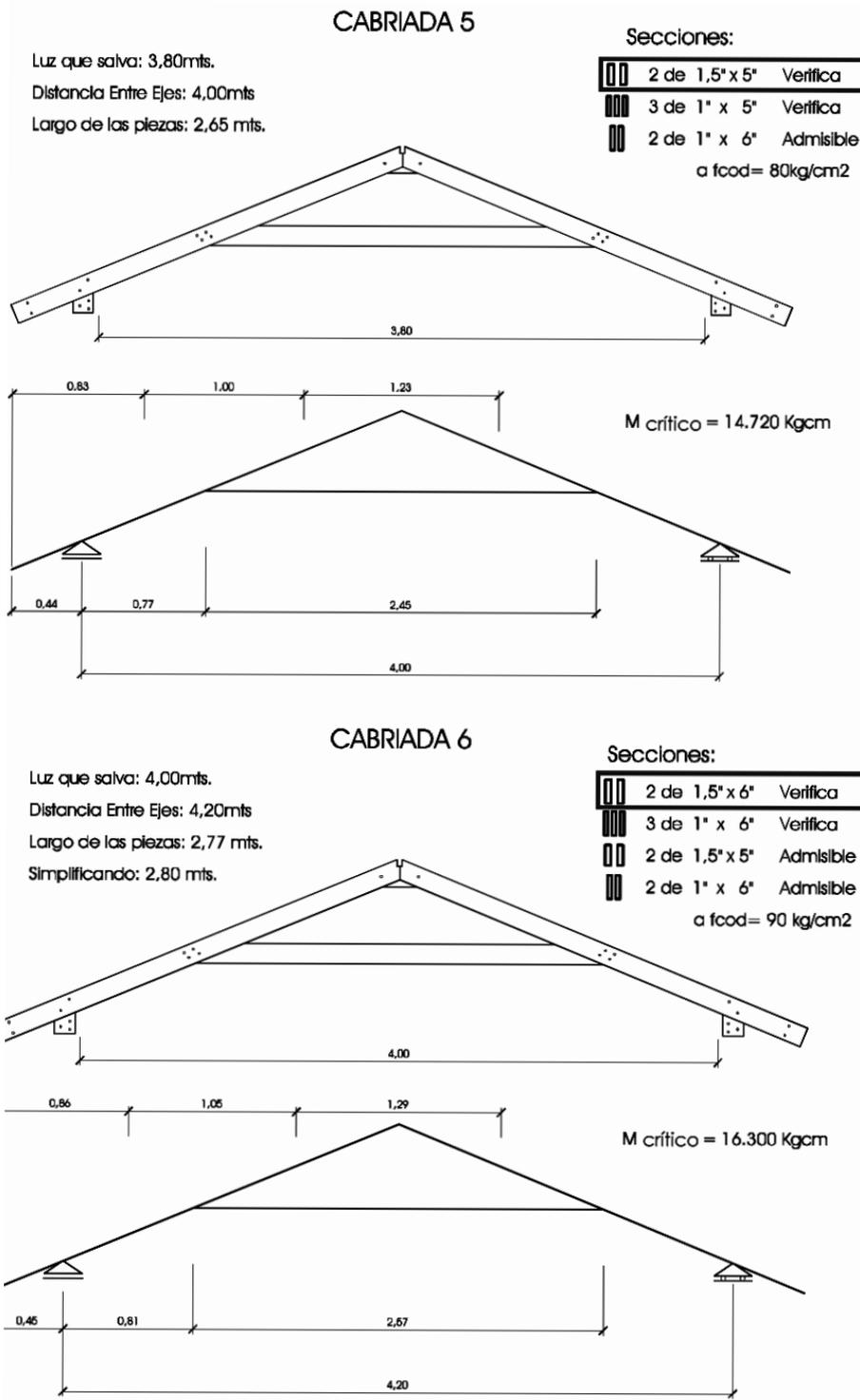
-  2 de 1,5" x 5" Verifica
  -  2 de 1" x 6" Verifica
  -  2 de 1" x 5" Admisible
  -  2 de 1,5" x 4" Admisible
- $\alpha_{fcod} = 105 \text{ kg/cm}^2$



$M_{crítico} = 13.210 \text{ Kgcm}$



Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Teja Francesa



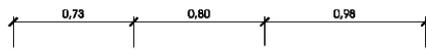
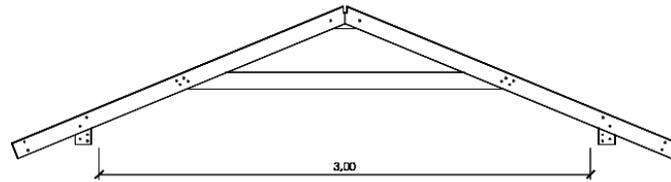
Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Chapa Sinusoidal

### CABRIADA 1

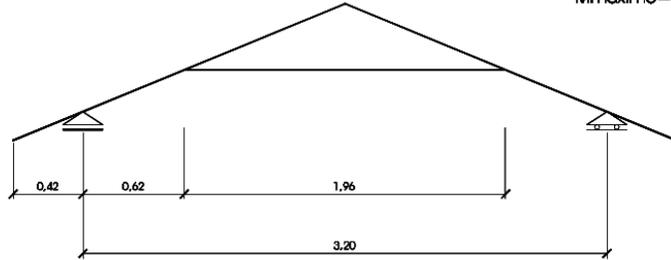
Luz que salva: 3.00mts.  
Distancia Entre Ejes: 3.20mts  
Largo de las piezas: 2.20 mts.

Secciones:

2 de 1" x 4" Verifica



Mmáximo= 6.021 Kgcm

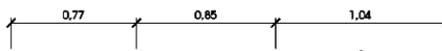
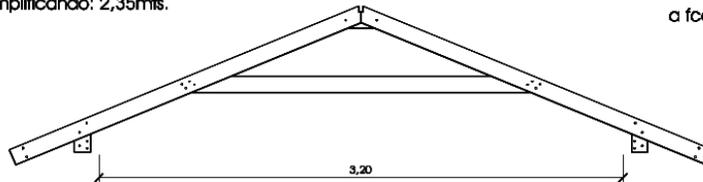


### CABRIADA 2

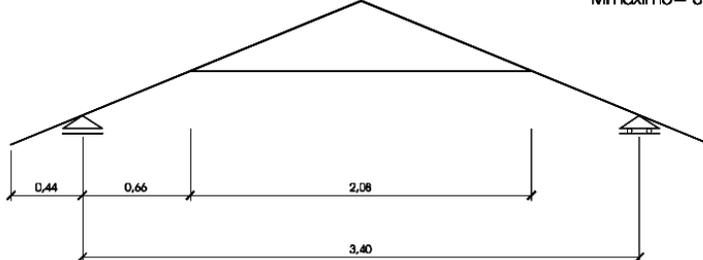
Luz que salva: 3.20mts.  
Distancia Entre Ejes: 3.40mts  
Largo de las piezas: 2.32 mts.  
Simplificando: 2.35mts.

Secciones:

2 de 1" x 5" Verifica  
2 de 1,5" x 4" Verifica  
2 de 1" x 4" Admisible  
 $\alpha_{focd} = 85 \text{ kg/cm}^2$



Mmáximo= 6.833 Kgcm



Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Chapa Sinusoidal

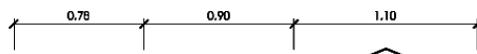
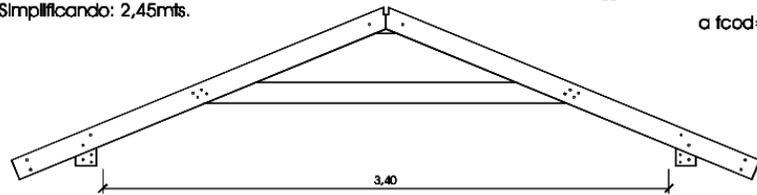
### CABRIADA 3

Luz que salva: 3,40mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,60mts  
Largo de las piezas: 2,43 mts.  
Simplificando: 2,45mts.

Secciones:

	2 de 1" x 5"	Verifica
	2 de 1,5" x 4"	Verifica
	2 de 1" x 4"	Admisible

a fcod= 95 kg/cm2



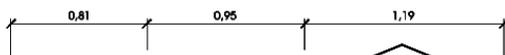
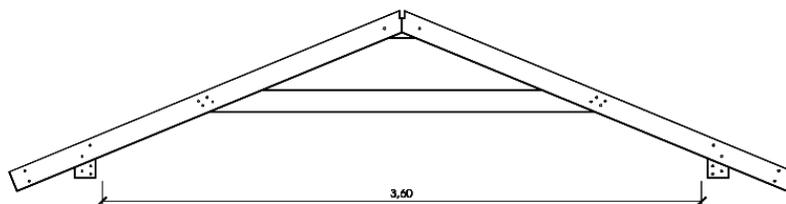
Mmáximo= 7.824 Kgcm

### CABRIADA 4

Luz que salva: 3,60mts.  
Distancia Entre Ejes: 3,80mts  
Largo de las piezas: 2,55 mts.

Secciones:

	2 de 1" x 5"	Verifica
	2 de 1,5" x 4"	Verifica



Mmáximo= 8.777 Kgcm

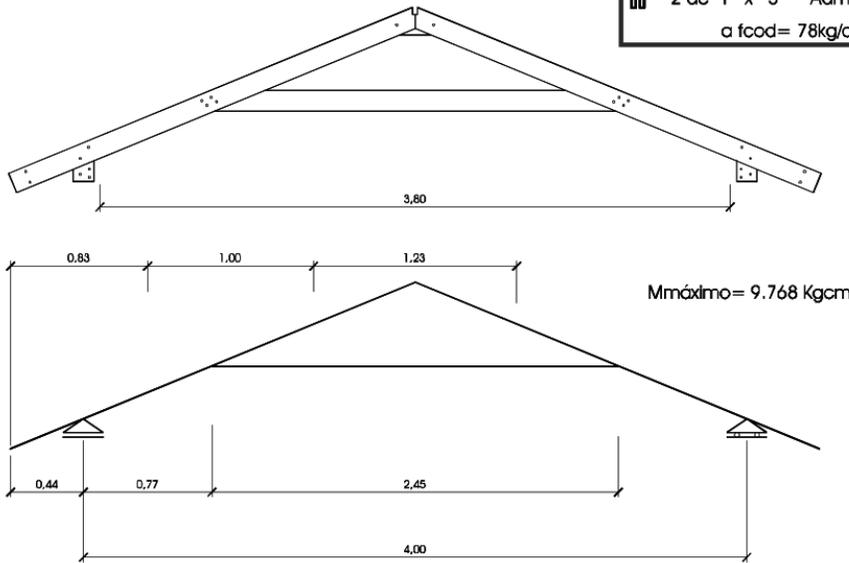
Cabriadas de madera: distintas luces entre apoyos.  
Desarrollo para cubierta de Chapa Sinusoidal

**CABRIADA 5**

Luz que salva: 3,80mts.  
Distancia Entre Ejes: 4,00mts  
Largo de las piezas: 2,65 mts.

Secciones:

	2 de 1,5" x 5"	Verifica
	2 de 1" x 6"	Verifica
	2 de 1" x 5"	Admisible
a fcod= 78kg/cm2		

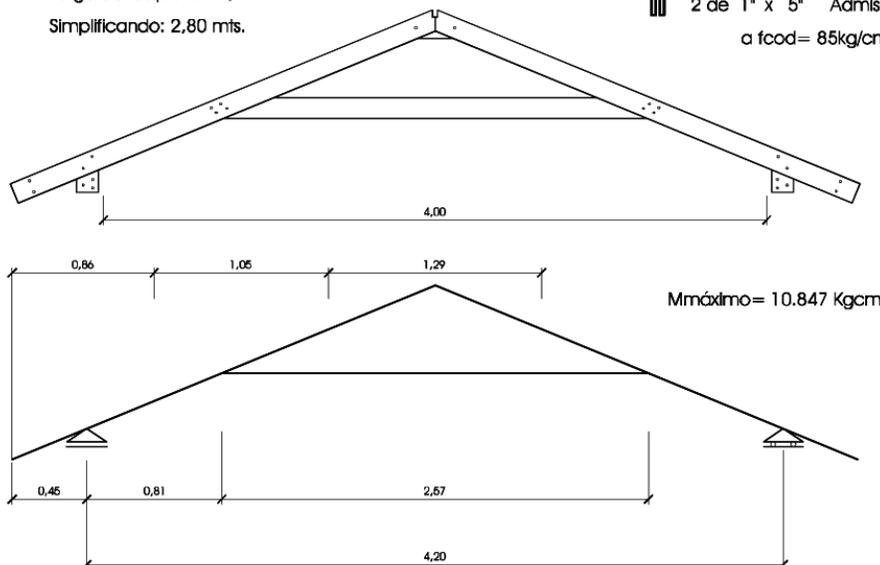


**CABRIADA 6**

Luz que salva: 4,00mts.  
Distancia Entre Ejes: 4,20mts  
Largo de las piezas: 2,77 mts.  
Simplificando: 2,80 mts.

Secciones:

	2 de 1,5" x 5"	Verifica
	2 de 1" x 6"	Verifica
	2 de 1" x 5"	Admisible
a fcod= 85kg/cm2		



## Conclusiones

Las Cabriadas estudiadas demuestran que son propuestas constructivas viables para la producción de viviendas para familias de bajos recursos.

Se trata de componentes estructurales sencillos, eficientes en su capacidad resistente y fáciles de producir, que responden a las solicitaciones con la menor cantidad de madera. Son idóneas para la auto-gestión, la auto-construcción y la creación de unidades de producción comunitarias, puesto que propician y facilitan la capacitación

de los habitantes dentro del marco de la transferencia tecnológica de tecnologías apropiadas y la participación ciudadana. Todo esto es posible gracias a la simplicidad del diseño y ejecución de las Cabriadas junto a las propiedades del *Pinus Elliottii* que para su procesamiento y transformación —en nuestro caso— en tablas aserradas de pequeñas dimensiones, requiere únicamente de maquinaria sencilla y herramientas simples, propias y al alcance de carpinterías medianas y pequeñas.

## Referencias bibliográficas

- Argüelles A., R., Arriaga M., F. (1996) "Estructuras de Madera, diseño y Cálculo". Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. AITIM. Madrid, España.
- Asociación Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (1997) "NBR 7190". Río de Janeiro, Brasil.
- Ferrari, F., Gazek, D. (2005) Diseño de estructuras de Madera. Trabajo final de grado, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Gómez, J. L. (1994) Apuntes de clase de Estructuras I-B. Publicado por la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gómez, J. L. (1995) Estructura en arquitectura. Primer nivel. Publicado por la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gómez, J. L. Estructura de Madera (En pre-prensa).
- Massuh, H. (2003) Informe Técnico Final PID 037 - SECYT, FONCYT, CONICET, SSDUV "Diseño, desarrollo tecnológico y producción sustentable de Casapartes y viviendas semillas para zonas inundables del litoral mesopotámico a partir de los recursos renovables de la región". Buenos Aires, Argentina.
- Massuh, H. (2002) Informe técnico final PIP 4837 – CONICET "Diseño y desarrollo tecnológico de componentes de construcción de viviendas en base a madera de origen regional". Buenos Aires, Argentina.
- Ministerio de Infraestructura y Vivienda (2001) Secretaría de Obras Públicas. Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI "Proyecto de Reglamento de CIRSOC 102. Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones". Argentina.
- Moisset de Espanés, D. (2003) Intuición y razonamiento en el diseño estructural. Ed. Color Magenta. Argentina.
- Unión Europea, UNE-ENV (1995) Eurocódigo 5: Proyecto de Estructuras de Madera.