

La Ley de aplicación de adobe en la construcción actualmente está en proceso por la norma del código de la edificación de la provincia de Mendoza.

Mi intervención se sitúa en un área de Mendoza limitrofe con la provincia de San Juan.

Dicha provincia ya tiene redactada la Ley n° 6.541 en cuyo artículo 1° se acepta la construcción en adobe en zona sísmica, como no tradicional.

Según el Capítulo II de la Ley n° 6.541 de la Provincia de San Juan, el diseño de las construcciones de adobe en requiere, entre otros aspectos:

- longitud máxima del muro de 10 veces su espesor.
- vanos de puertas y ventanas alejados por lo menos 1 m de las esquinas o de lo contrario en el centro del muro.
- uso adecuado de contrafuertes para mejorar la estabilidad de los muros. Longitud total del contrafuerte, 3 veces el espesor.

La norma peruana Nte E.080 adobe lleva tiempo empleándose en áreas sísmicas, y uno de los aspectos que contempla es el refuerzo vertical de los muros, garantizando su estabilidad frente al sismo.

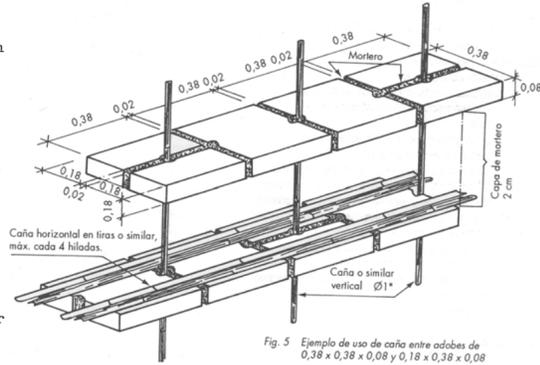
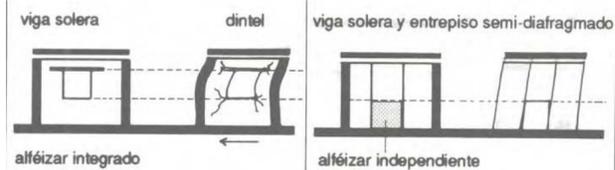


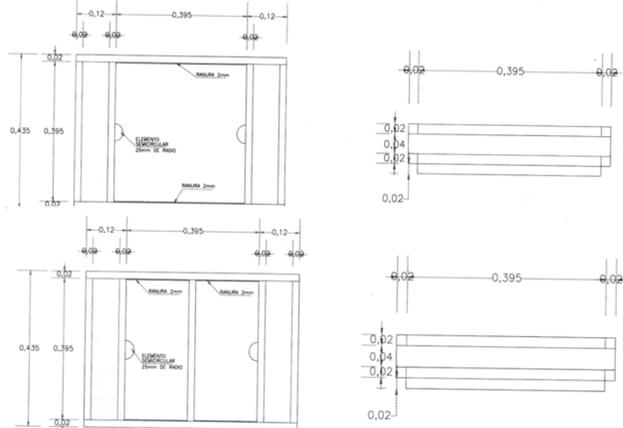
Fig. 5 Ejemplo de uso de caña entre adobes de 0,38 x 0,38 x 0,08 y 0,18 x 0,38 x 0,08

La imagen a la derecha pertenece a esta norma, en la que se emplea caña como refuerzo vertical. En mi propuesta sustituyo la caña por barras de acero corrugadas.

El Manual de Edificación con Tierra Armada, perteneciente a la colección de textos bajo la denominación "información al desarrollo" de la Comunidad de Madrid, recomienda independizar el alféizar en las construcciones de barro.



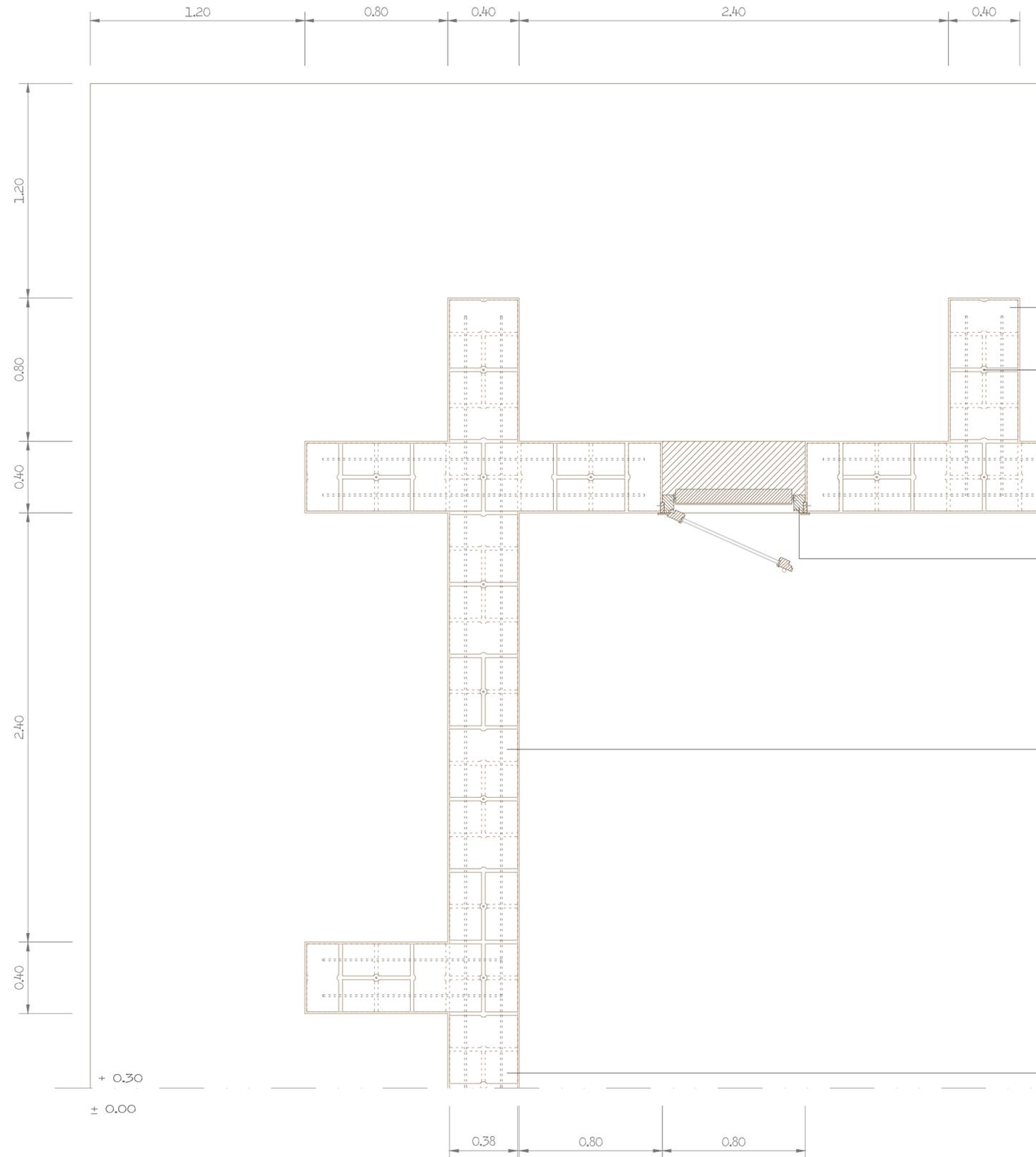
La Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, Perú, con el proyecto XIV.5 "con techo" propone una tecnología mejorada del adobe. A continuación se recogen las características de la "gabera" o "adobera".



construcción de bloques de adobe (Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú)



construcción de muro de adobe sismorresistente (Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú)



solera de hormigón armado HA-25

contrafuerte de fábrica de adobe reforzado

refuerzo vertical del muro por redondo corrugado de acero B400S Ø10 mm

revestimiento exterior de barro con aditivos impermeabilizantes  
refuerzo horizontal del muro por redondo corrugado de acero B400S Ø10 mm

carpintería-mueble oscilobatiente, de madera, con asiento y lamas protectoras

bloque entero de adobe de 0,38x0,38x0,08 m

muro de fábrica de adobe reforzado contra la acción de sismos

intervención en área de asentamiento huarpe, mendoza, argentina

tutor pfc. manuel martin hernández construcción. jose miguel rodriguez  
cotutor uc. daniel peralta instalaciones. pablo hernandez ortega  
estructura. benito garcia maciá eua samalea ortega junio 2012

El capítulo II de la Ley n° 6541 expone los requerimientos a nivel constructivo. Frente a la acción del sismo y la fragilidad del adobe, se busca rigidizar y reforzar toda la estructura.

Se exigen cimientos y sobrecimientos.

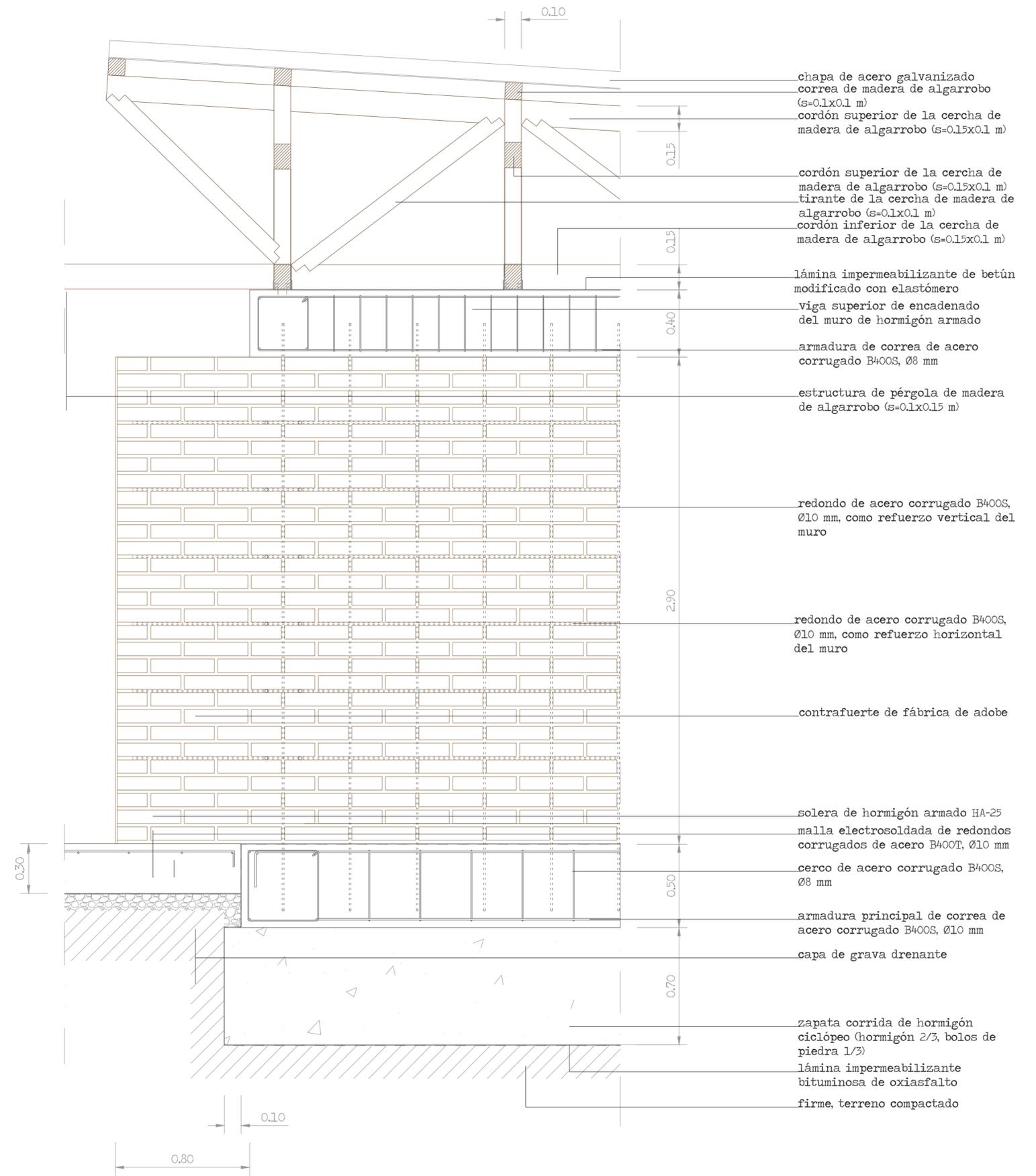
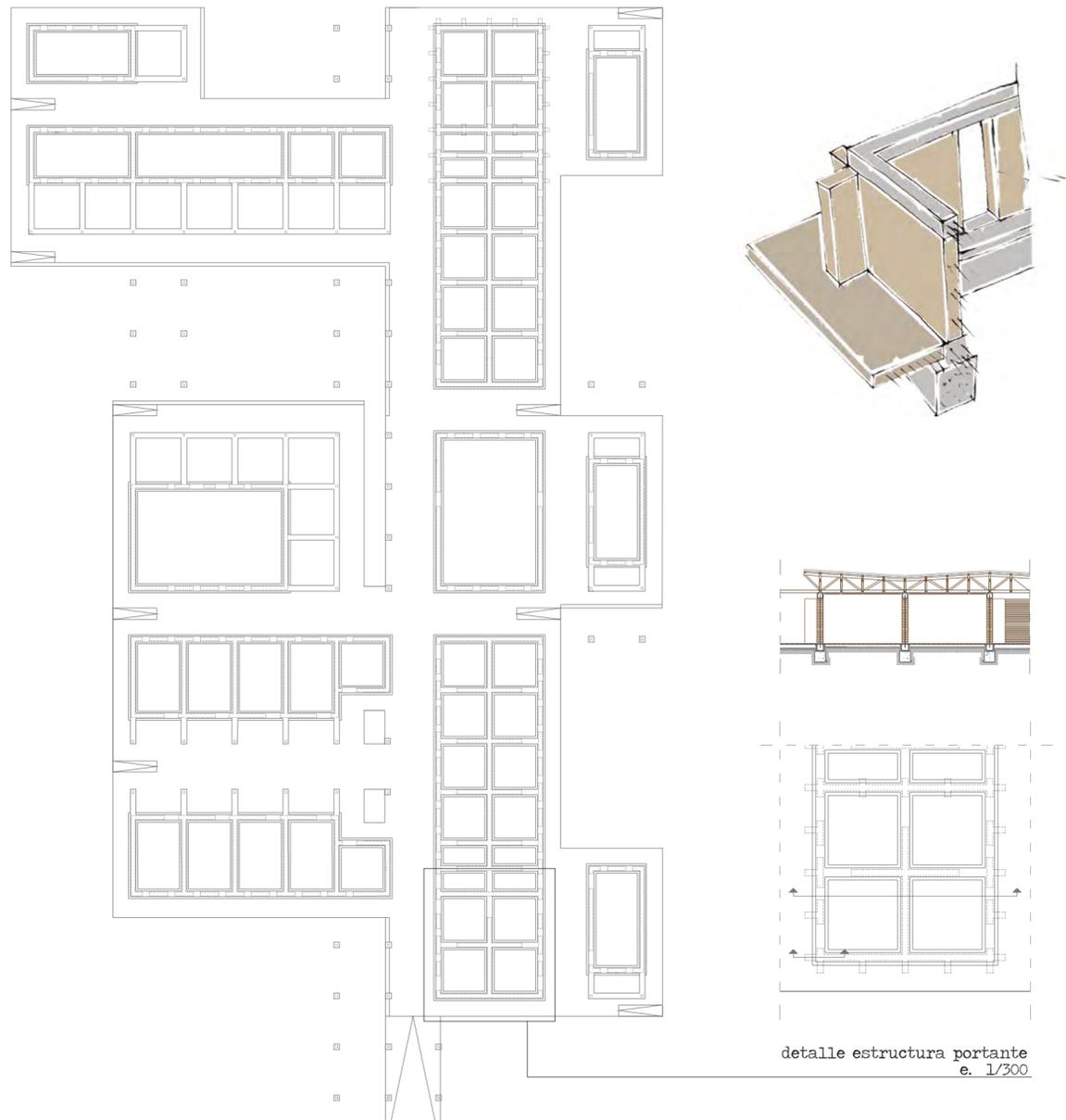
Las zapatas, de hormigón ciclópeo, serán corridas y estarán conectadas por una correa de hormigón armado que actúa como sobrecimiento.

El sobrecimiento es el encargado de separar el muro de adobe del nivel del suelo, y esta separación nunca puede ser menor de 0,20 m.

Los muros, siempre conectados y arriostrados por contrafuertes, no tendrán un ancho menor de 0,40 m. Además, serán reforzados verticalmente mediante armadura vertical que nace en el sobrecimiento.

Estos muros estarán conectados por una viga superior de encadenado de hormigón armado, que mejora la resistencia de la fábrica de adobe.

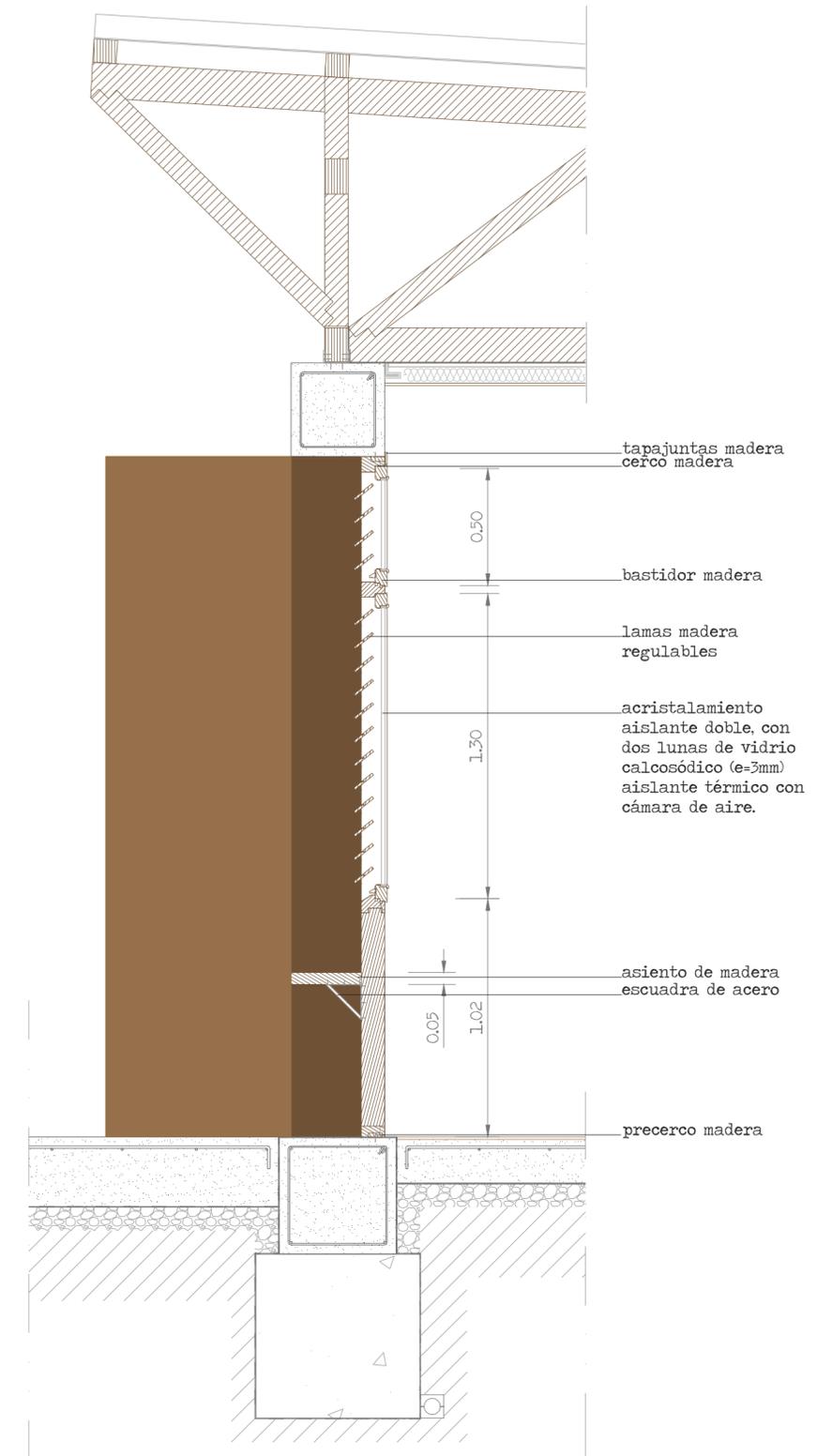
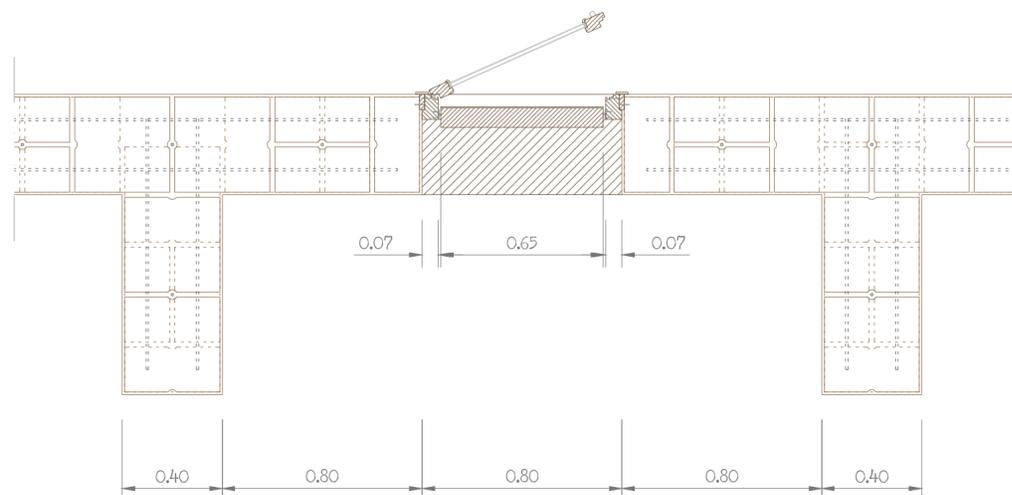
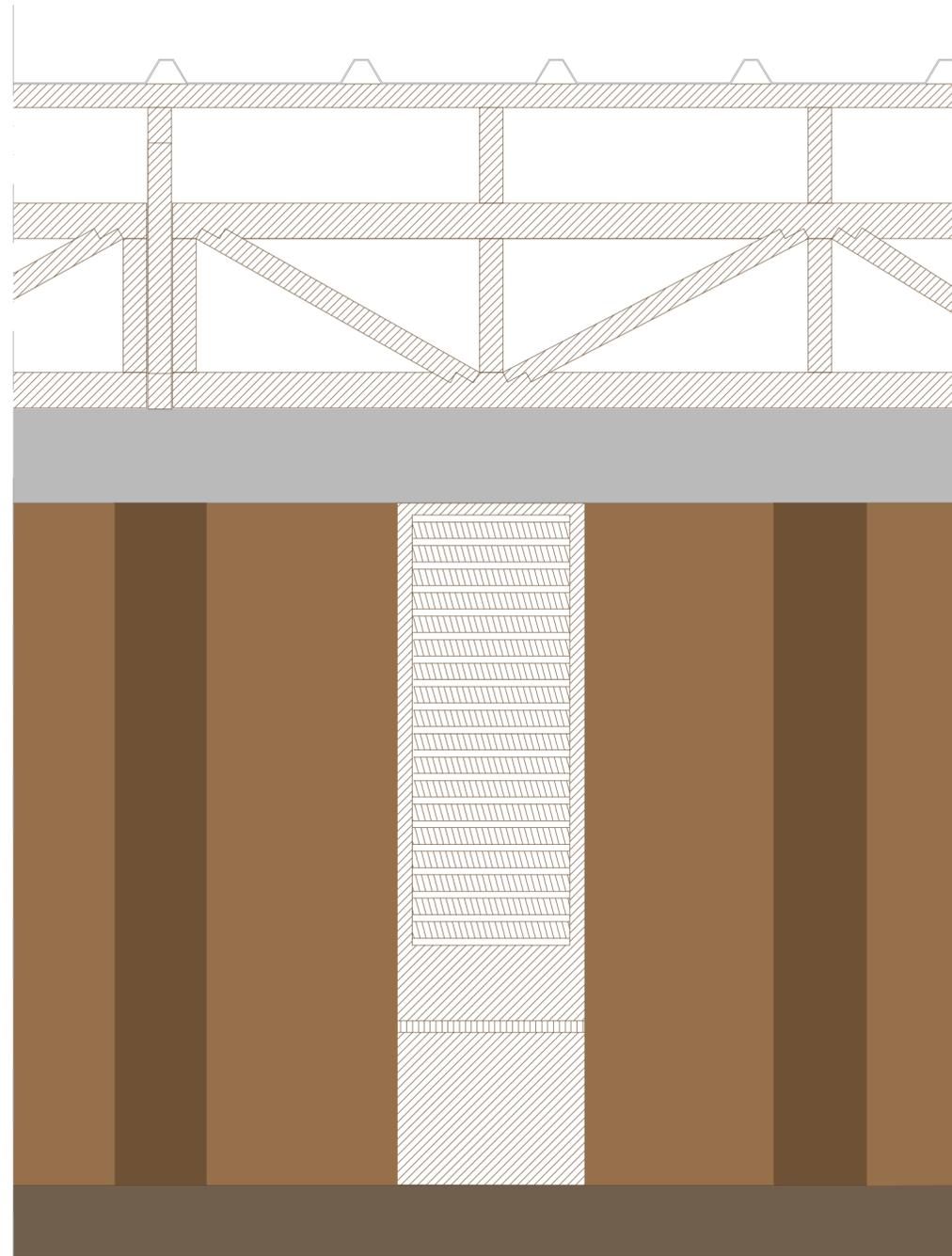
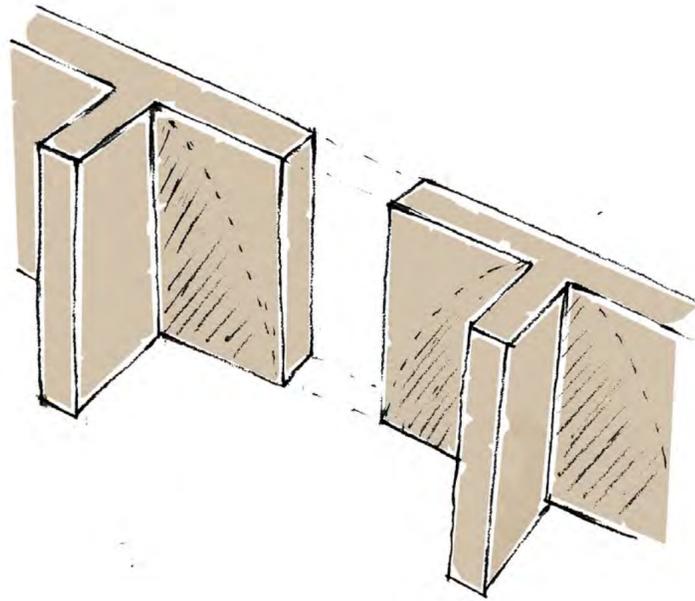
La cubierta se cargará adecuadamente sobre esta viga superior.



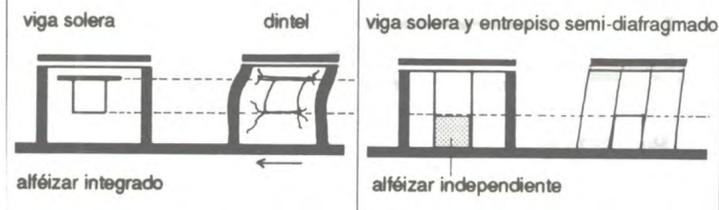
Tal y como exige la ley 6541 de la norma del código de la edificación de la provincia de San Juan, para que un muro de fábrica de adobe sea resistente al sismo, debe cumplir una serie de requerimientos.

Para que el muro sea estable, su continuidad debe estar analizada cumpliendo los siguientes aspectos:

- su altura no puede superar 8 veces su anchura.
- la anchura de las ventanas no puede superar 1,2 m.
- las aperturas de puertas y ventanas deben separarse de las esquinas al menos 1 m, y mejor si se sitúan en el centro del muro.
- uso adecuado de contrafuertes, situados en los extremos exteriores de los muros, y en el centro de los grandes vanos.



muro de fábrica de adobe con carpintería de madera independiente  
mueble asiento-ventana oscilobatiente con lamas de madera protectoras



Atendiendo a las recomendaciones del Manual de Edificación con Tierra Armada, de la Comunidad de Madrid, para que el muro resista al sismo, al abrir huecos, cada área de muro debe funcionar independientemente, de suelo a techo.

Por eso, propongo una carpintería de madera que funcione como mueble independiente, de suelo a techo.

La ventana oscilobatiente hace posible la ventilación cruzada de cada espacio, y con las lamas de madera regulables se controla la entrada de luz. Exteriormente, este mueble funciona como asiento.

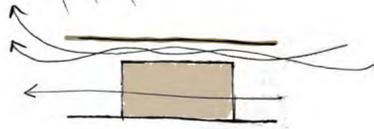
La fijación del elemento se produce con la ayuda de un precerco anclado a la viga de hormigón armado de coronación superior del muro, a la fábrica de adobe, y al sobrecimiento de hormigón armado.

Para garantizar el comportamiento estructural de los muros portantes de fábrica de adobe, tal y como la ley 6541 especifica, la cubierta tiene que ser ligera.

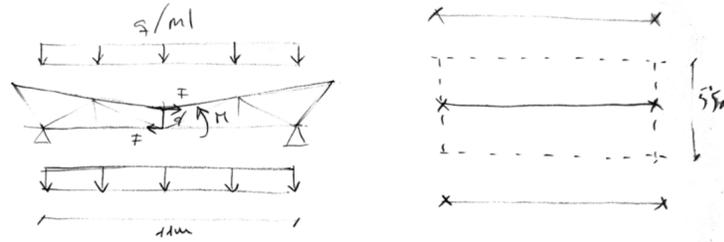
La madera aporta ligereza al sistema estructural, y su uso, al ser un recurso autóctono y biodegradable, aporta mayor sostenibilidad y coherencia a la intervención en este lugar.

Siendo uno de los principales materiales constructivos de esta población, se pretende aprovechar la fusión entre culturas y conocimientos para que sus usuarios y posible mano de obra, participe positivamente.

Además, con este sistema de cubierta elevada, se busca un acondicionamiento térmico natural y eficiente.



Predimensionado cercha. Cálculo mínima sección.



$$F \cdot d \geq H^2$$

$$F = \sigma_{adm} \cdot A \quad H^2 = \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$\sigma_{adm} \cdot A \cdot d \geq \frac{q \cdot l^2}{8}$$

Secciones tirantes

- vigas: madera aserrada D18 (algarrobo)  $\rightarrow P = 500 \text{ kg/m}^3$
- perfiles: termoclip TAH 10-80-10 (abelo)  $\rightarrow P = 216 \text{ kg/m}^2$
- cubrición: chapa trapezoidal (e=5'5mm)  $\rightarrow P = 5'47 \text{ kg/m}^2$
- sobreosaja: sobreosaja uso GI - inclinación  $< 20^\circ \rightarrow G_u = 100 \text{ kg/m}^2$   
 $C_c = 200 \text{ kg/m}^2$
- cargos puntuales seguros:  $G_p = 1'35$   
 $G_v = 1'5$
- tensión máxima admisible:  $\sigma_{adm} = 11 \text{ N/mm}^2 = 110 \text{ kg/cm}^2$

$$G^* = (500 \cdot 0'4) + 216 + 5'47 \cdot 1'35 + 100 \cdot 1'5 = 386'54 + 150 = 456'54 \text{ kg}$$

$$q^*/m = 456'54 \cdot 5'5 = 2510'99 \text{ kg/ml}$$

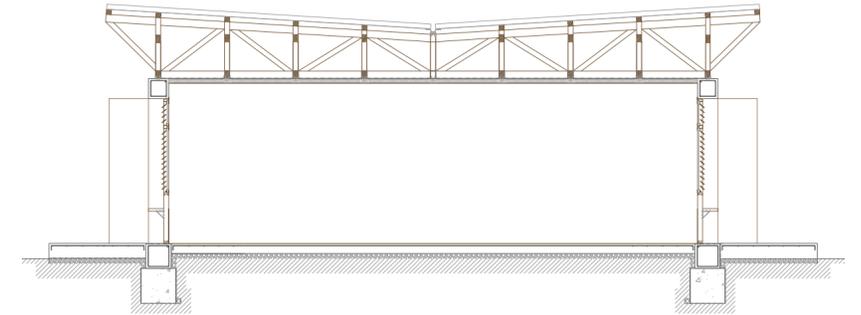
$$\sigma_{adm} \cdot A \cdot d \geq \frac{q \cdot l^2}{8}$$

$$110 \cdot 400 \cdot d \geq \frac{(2510'99 \cdot 11^2) \cdot 100}{8}$$

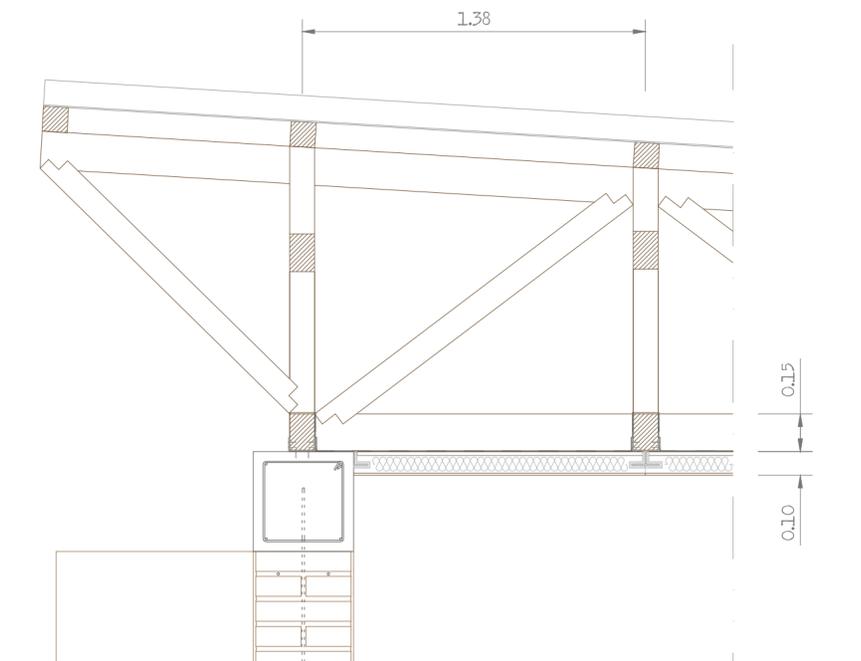
$$44000 \cdot d \geq 3797872'37$$

$$d = 86'3 \text{ cm} \approx 87 \text{ cm}$$

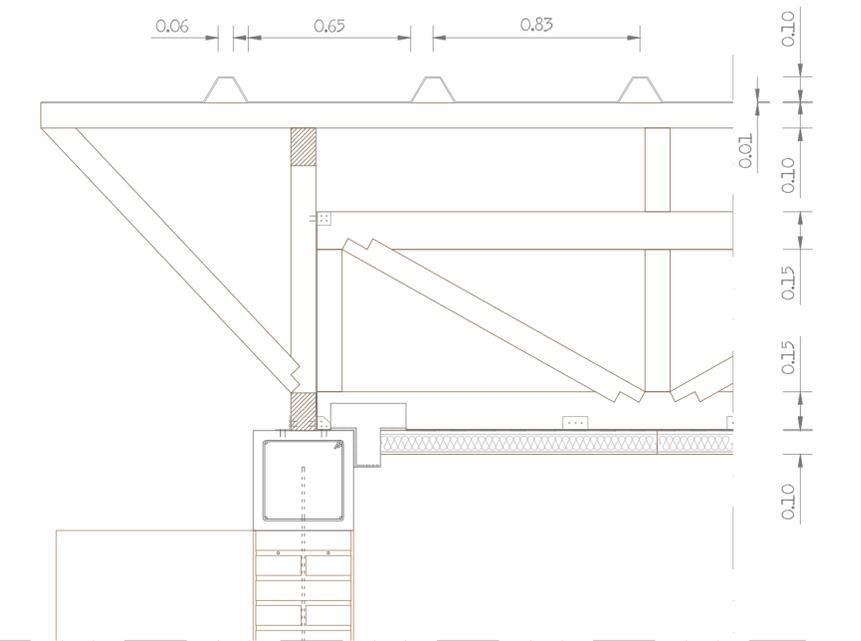
El menor canto de la cercha será de 87 cm



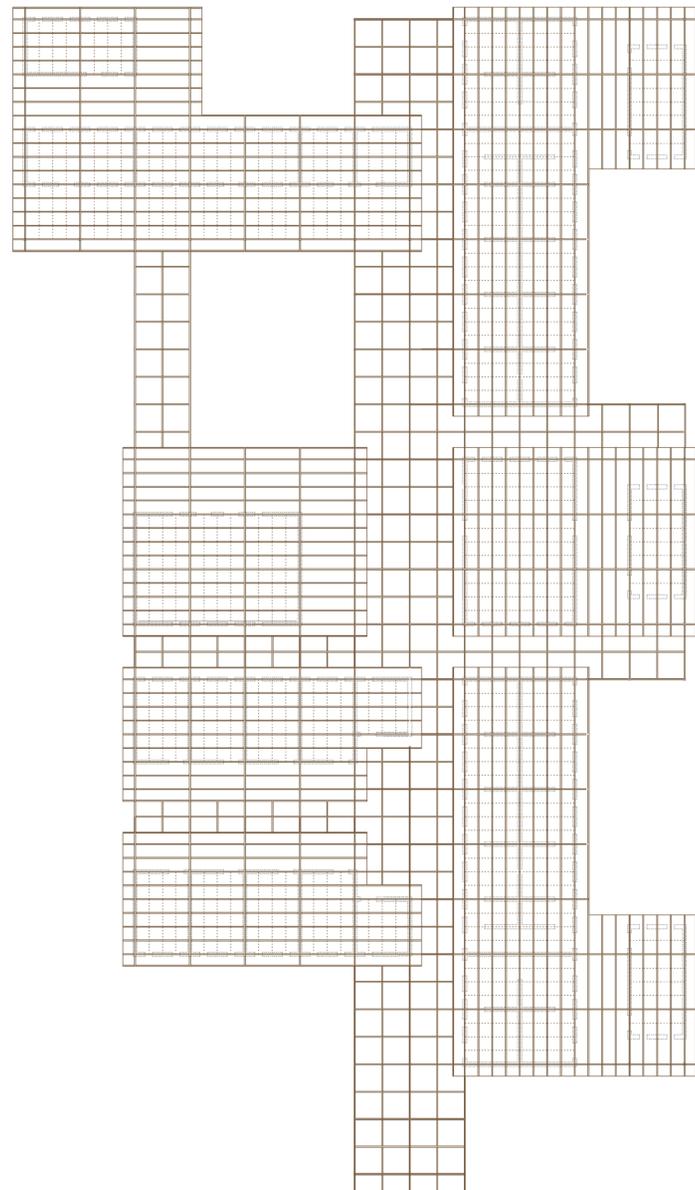
sección tipo luz máxima e. 1/100



sección dirección principal e. 1/20



sección dirección secundaria e. 1/20



planta estructural cubierta e. 1/500

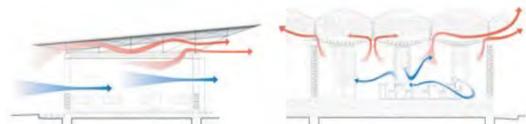
En las Lagunas del Rosario, la búsqueda de sombra es una constante cotidiana, así como las oscilaciones térmicas extremas entre el día y la noche.

Por eso, una cubierta que favorezca la aclimatación natural del edificio, así como una red de pergolado que comunique exteriormente los distintos espacios, es una solución que satisface las necesidades, y que conversa con el lugar.

En la actualidad ya se ha optado por este sistema en distintas áreas con condiciones ambientales similares.



Centro de visitantes, Egipto. WADI EL GEMAL

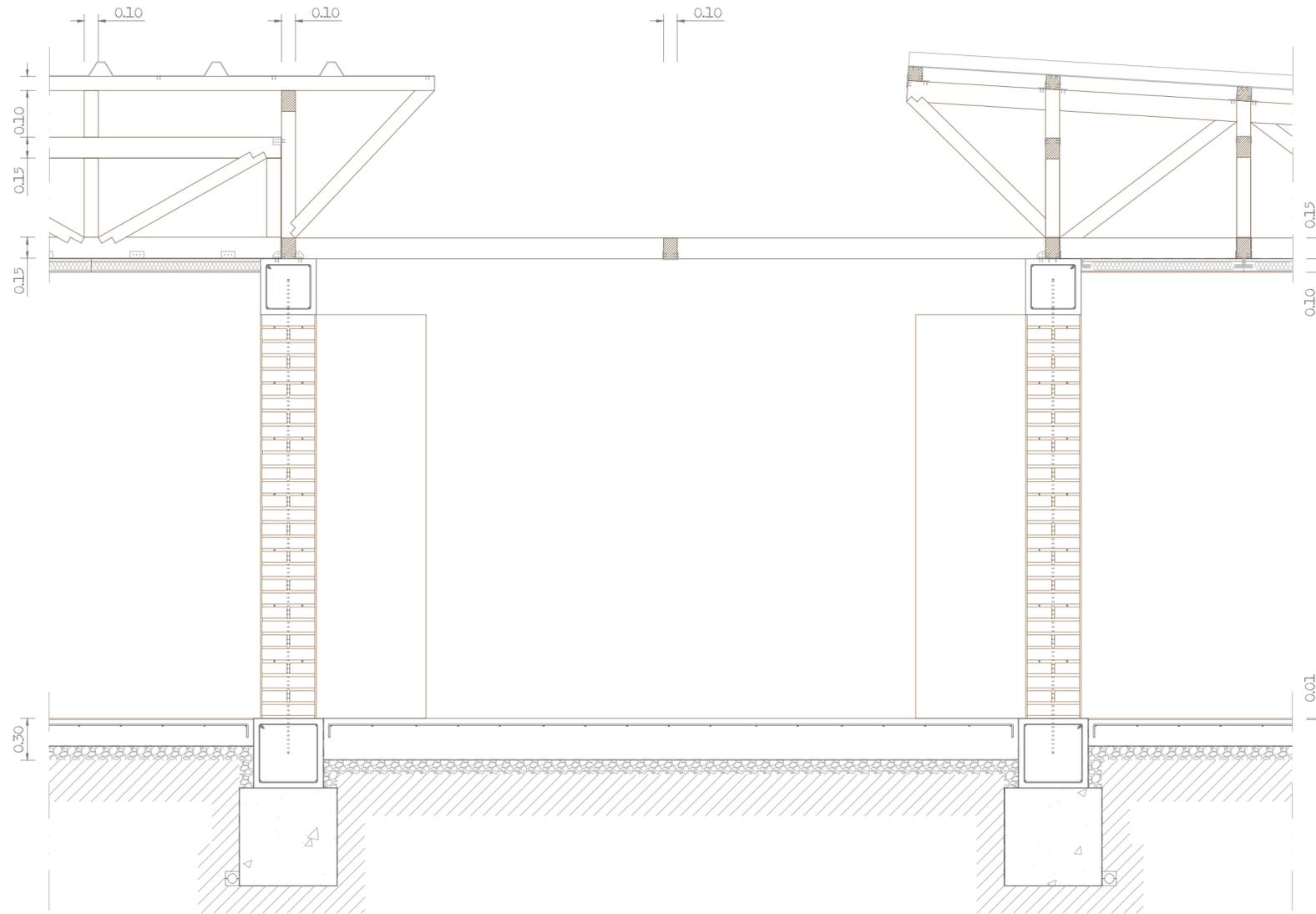


Escuela Secundaria, Burkina Faso. D. F. KÉRE

La madera es la mejor opción cuando se busca eficiencia estructural y sostenibilidad. Además, desde las primeras generaciones, en las Lagunas del Rosario ha sido el material constitutivo de la cubierta.

Con este sistema se pretende aprovechar los conocimientos que los habitantes tienen sobre el material, y empujar a la población a un desarrollo totalmente coherente con su cultura.

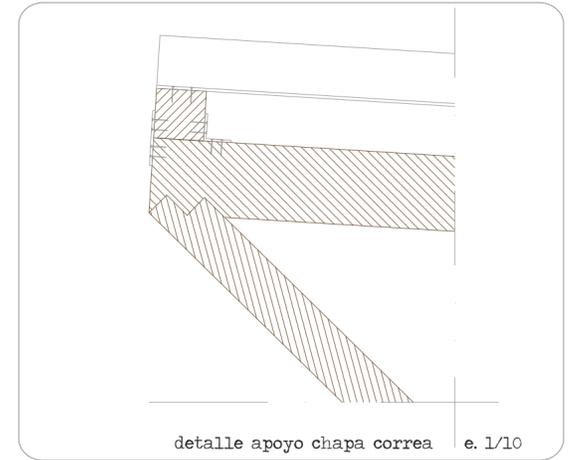
En estas áreas aisladas, muchas veces son los propios habitantes los que devalúan sus recursos considerando que los materiales industriales pueden ser más eficientes. Nada más alejado de la realidad.



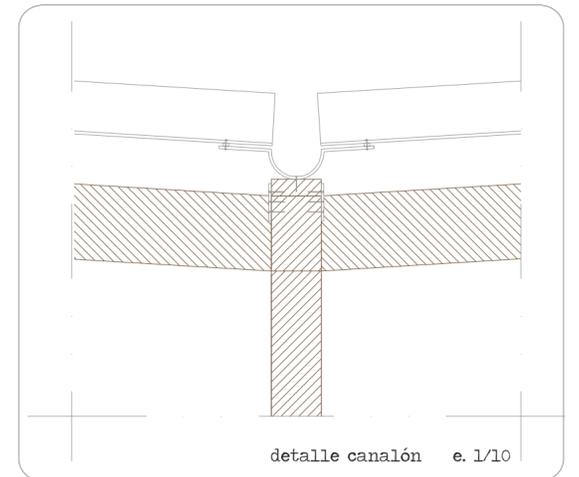
estructura unificada por pergolado e. 1/30

En la provincia de Mendoza, la vitivinicultura es uno de sus principales recursos, y aunque actualmente buscando mayor eficiencia, se ha sustituido el sistema de cultivo de parra por el de espaldar, la pérgola horizontal que tamiza la luz siempre ha sido un elemento característico en esta zona.

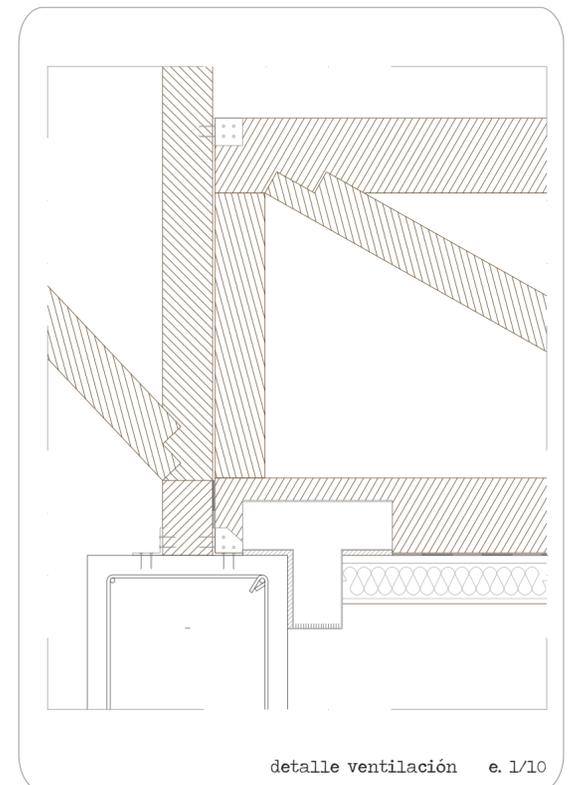
Cada edificio del conjunto tiene una cubierta independiente, pero todos están conectados exteriormente por una pérgola que aporta sombra y unidad a la intervención.



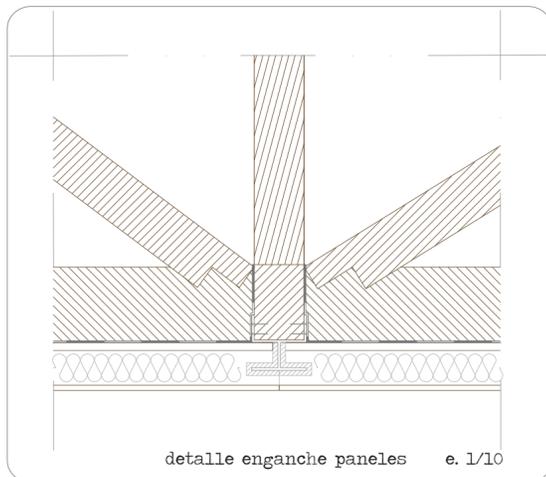
detalle apoyo chapa correa e. 1/10



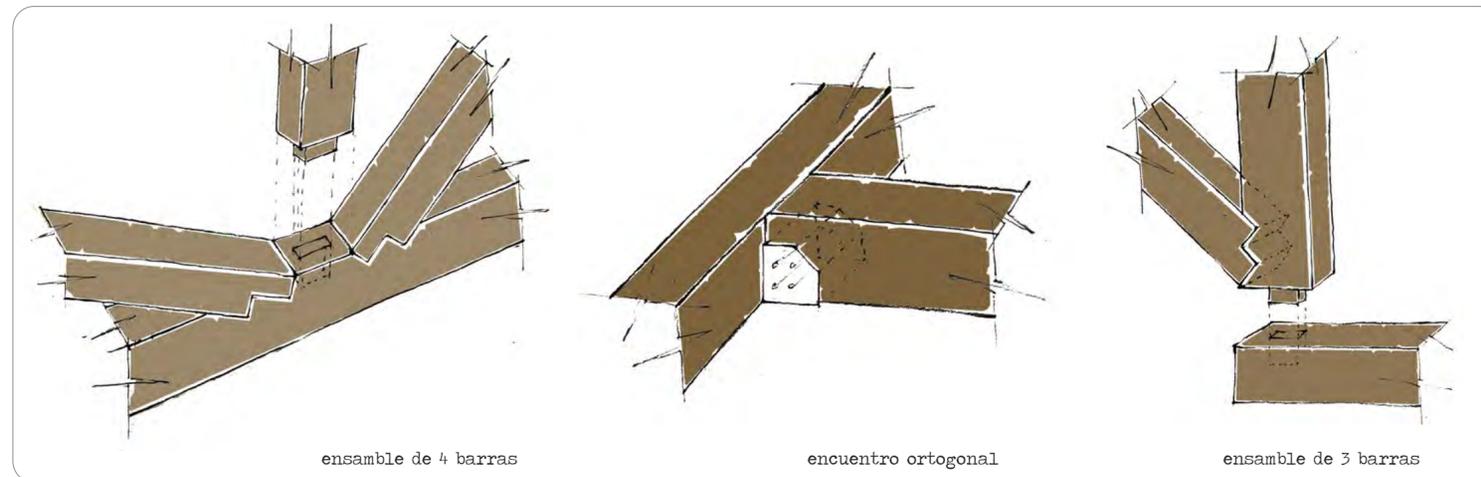
detalle canalón e. 1/10



detalle ventilación e. 1/10



detalle enganche paneles e. 1/10



ensamble de 4 barras

encuentro ortogonal

ensamble de 3 barras

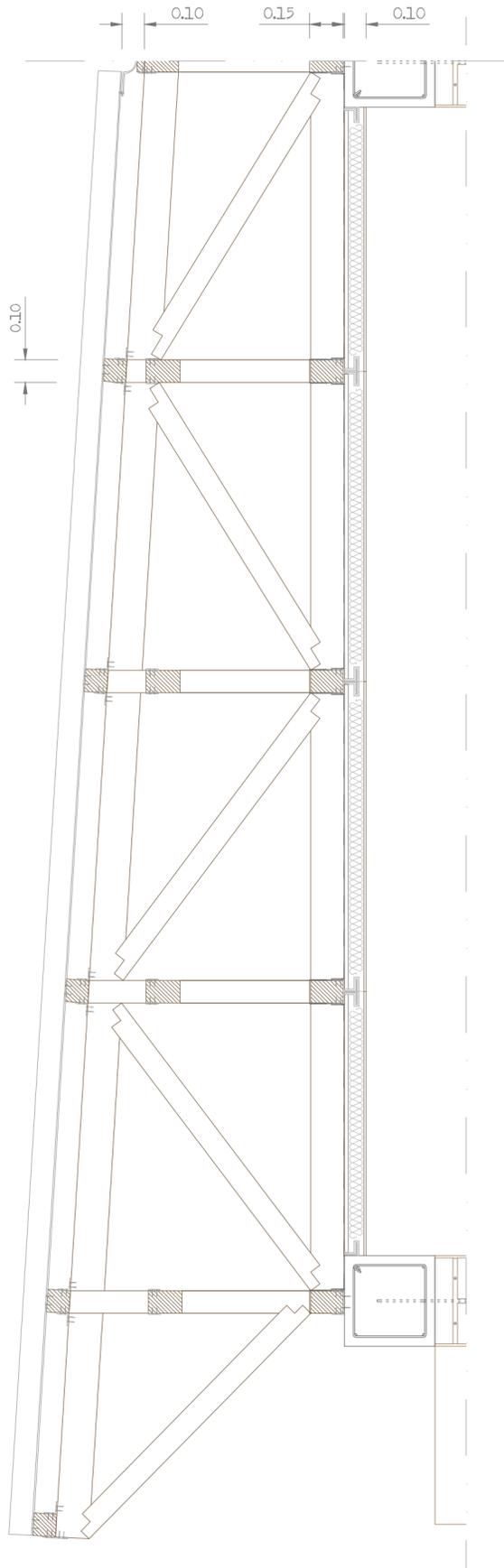
## intervención en área de asentamiento huarpe, mendoza, argentina



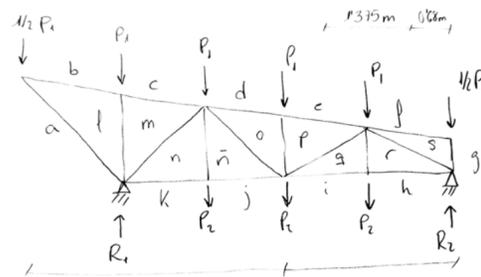
tutor pfc. manuel martin hernández  
cotutor uc. daniel peralta

construcción. jose miguel rodriguez  
instalaciones. pablo hernández ortega  
estructura. benito garcia maciá

eva samalea ortega  
junio 2012



comportamiento estructural de la cercha propuesta método "cremona"



Cargas permanentes: ( $g_{cp} = 1.35$ )  
 → cubrición: chapa trapecoidal →  $P = 5.147 \text{ Kg/m}^2$   
 → paneles: termochip →  $P = 2.116 \text{ Kg/m}^2$   
 sobrecarga de uso: ( $g_{uv} = 1.15$ )  
 →  $G1$ -inclinación  $< 20^\circ$  →  $C_u = 100 \text{ Kg/m}^2$

$$q_1^* = (5.147 \cdot 1.35) + 100 \cdot 1.15 = 157.38 \text{ Kg}$$

$$157.38 \cdot 1.375 = 216.39 \text{ Kg/ml}$$

$$P_1 = q_1^* \cdot l = 216.39 \cdot 5.5 = 1190.18 \text{ Kg}$$

$$q_2^* = 2.116 \cdot 1.35 = 2.857 \text{ Kg} \rightarrow 2.857 \cdot 1.375 = 4.007 \text{ Kg/d}$$

$$P_2 = q_2^* \cdot l = 4.007 \cdot 5.5 = 220.49 \text{ Kg}$$

$$\sum F_v = 0$$

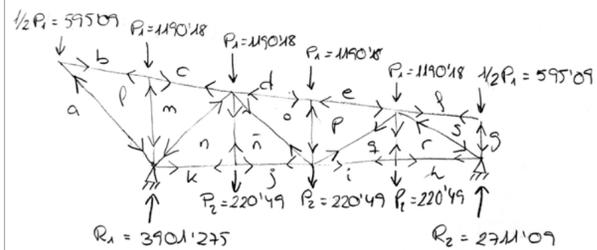
$$R_1 + R_2 = 5P_1 + 3P_2$$

$$R_1 = 3P_1 + 3/2 P_2$$

$$R_2 = 2P_1 + 3/2 P_2$$

$$R_1 = (3 \cdot 1190.18) + (3/2 \cdot 220.49) = 3901.275 \text{ Kg}$$

$$R_2 = (2 \cdot 1190.18) + (3/2 \cdot 220.49) = 2711.09 \text{ Kg}$$



← ← COMPRESIÓN  
 → → TRACCIÓN

- barras:
- a l - (compresión) = 405.15 Kg
  - l m - (compresión) = 1190.18 Kg
  - m n - (compresión) = 3444.61 Kg
  - n k - (tracción) = 2102.18 Kg
  - b l - (tracción) = 847.13 Kg
  - c m - (tracción) = 647.13 Kg
  - d o - (compresión) = 3429.16 Kg
  - o ñ - (tracción) = 1638.05 Kg
  - ñ n - (tracción) = 220.49 Kg
  - ñ j - (tracción) = 2402.18 Kg
  - é p - (compresión) = 3429.16 Kg
  - p o - (compresión) = 1190.18 Kg
  - p q - (tracción) = 937.06 Kg
  - q i - (tracción) = 2686.24 Kg
  - i s - (tracción) = 872.25 Kg
  - s r - (compresión) = 4148.14 Kg
  - r g - (tracción) = 220.49 Kg
  - r h - (tracción) = 2686.24 Kg
  - s s - (compresión) = 1009.33 Kg
- max tracción = 4148.14 Kg

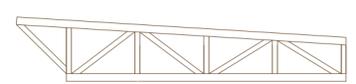
Tabla E.2 Madera aserrada. Especies frondosas. Valores de las propiedades asociadas a cada Clase resistente

Propiedades	D18	D24	D30	Clase Resistente D35	D40	D50	D60	D70
Resistencia (característica), en N/mm <sup>2</sup>								
- Flexión $f_{m,k}$	18	24	30	35	40	50	60	70
- Tracción paralela $f_{t,0,k}$	11	14	18	21	24	30	36	42
- Tracción perpendicular $f_{t,90,k}$	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
- Compresión paralela $f_{c,0,k}$	18	21	23	25	26	29	32	34
- Compresión perpendicular $f_{c,90,k}$	7.5	7.8	8.0	8.1	8.3	9.3	10.5	13.5
- Cortante $f_{v,k}$	3.4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	5.0
Rigidez, kN/mm <sup>2</sup>								
- Módulo de elasticidad paralelo medio $E_{0,medio}$	10	11	12	12	13	14	17	20
- Módulo de elasticidad paralelo 5 <sup>o</sup> percentil $E_{0,5}$	8.4	9.2	10.1	10.1	10.9	11.8	14.3	16.8
- Módulo de elasticidad perpendicular medio $E_{90,medio}$	0.67	0.73	0.80	0.80	0.86	0.93	1.13	1.33
- Módulo transversal medio $G_{medio}$	0.63	0.69	0.75	0.75	0.81	0.88	1.06	1.25
Densidad, kg/m <sup>3</sup>								
- Densidad característica $\rho_k$	500	520	530	540	550	620	700	900
- Densidad media $\rho_{medio}$	610	630	640	650	660	750	840	1080

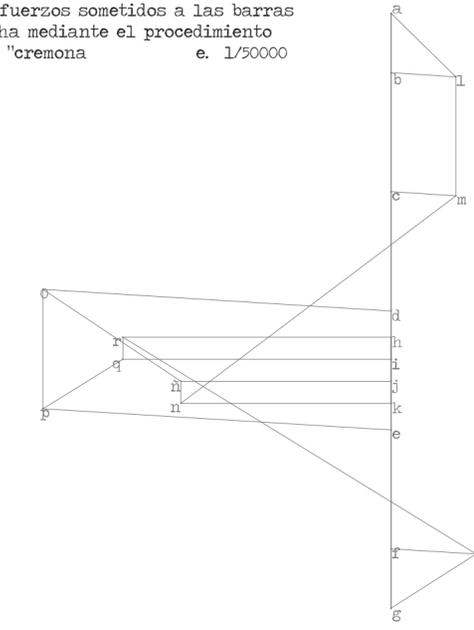
Tabla 6.1 Valores del factor de pandeo  $\chi_c$  ( $\chi_{cy}$  o  $\chi_{cz}$ ), para las diferentes clases resistentes de madera maciza y laminada encolada, en función de la esbeltez mecánica y de la clase resistente

Clase Resistente	Esbeltez mecánica de la pieza																			
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
C14	0.98	0.93	0.86	0.74	0.60	0.48	0.39	0.31	0.26	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	
C16	0.99	0.94	0.87	0.77	0.64	0.51	0.41	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	
C18	0.99	0.94	0.88	0.78	0.65	0.53	0.43	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
C20	0.99	0.94	0.88	0.78	0.66	0.54	0.43	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
C22	0.99	0.94	0.88	0.78	0.66	0.53	0.43	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
C24	0.99	0.95	0.89	0.80	0.68	0.55	0.45	0.37	0.31	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	
C27	0.99	0.95	0.89	0.80	0.69	0.57	0.46	0.38	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	
C30	0.99	0.95	0.88	0.79	0.67	0.55	0.44	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
C35	0.99	0.95	0.88	0.79	0.67	0.55	0.45	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
C40	0.99	0.95	0.89	0.80	0.69	0.56	0.46	0.38	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	
C45	0.99	0.95	0.89	0.81	0.69	0.57	0.47	0.38	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	
C50	0.99	0.95	0.89	0.81	0.69	0.57	0.47	0.38	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.09	0.09	
D30	0.99	0.95	0.88	0.79	0.67	0.55	0.44	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
D35	0.99	0.95	0.88	0.79	0.67	0.55	0.45	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	
D40	0.99	0.95	0.89	0.80	0.69	0.56	0.46	0.38	0.31	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	
D50	1.00	0.98	0.91	0.83	0.73	0.61	0.50	0.42	0.35	0.29	0.25	0.21	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	
D60	1.00	0.98	0.92	0.85	0.76	0.65	0.54	0.45	0.38	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	
D70	1.00	0.97	0.93	0.87	0.79	0.69	0.58	0.49	0.41	0.35	0.30	0.26	0.22	0.20	0.17	0.16	0.14	0.13	0.11	
GL24h	1.00	0.98	0.95	0.89	0.80	0.66	0.54	0.44	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	
GL28h	1.00	0.98	0.95	0.89	0.79	0.65	0.53	0.43	0.35	0.29	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	
GL32h	1.00	0.98	0.94	0.89	0.79	0.65	0.52	0.43	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	
GL36h	1.00	0.98	0.94	0.89	0.79	0.65	0.53	0.43	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	
GL24c	1.00	0.98	0.96	0.91	0.84	0.72	0.60	0.49	0.41	0.34	0.29	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	
GL28c	1.00	0.98	0.95	0.91	0.82	0.70	0.57	0.47	0.39	0.32	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	
GL32c	1.00	0.98	0.95	0.90	0.82	0.69	0.57	0.46	0.38	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.10	
GL36c	1.00	0.98	0.95	0.90	0.81	0.68	0.56	0.45	0.37	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	

esquema barras cercha tipo e. 1/100



cálculo esfuerzos sometidos a las barras de la cercha mediante el procedimiento gráfico de "cremona" e. 1/50000



DIMENSIONADO

max esfuerzo a tracción ( $\sigma_t = R_t$ ) = 2686.24 Kg  
 max esfuerzo a compresión ( $\sigma_c$ ) = 4148.14 Kg

sección propuesta barra de cálculo:

Comprobación TENSION ROTURA

$A \cdot f_{cd} > N_{d \text{ compresión}}$

resistencia madera paralela a fibras en cercha = 0.7 f<sub>d</sub>  
 f<sub>d</sub> (madera D18) = 126 Kg/cm<sup>2</sup> = 126 Kg/cm<sup>2</sup>  
 100 · 126 = 12600 Kg > 4148.14 Kg ✓

Comprobación TENSION ROTURA POR PANDEO

$A \cdot f_{cd} \cdot \chi > N_{d \text{ compresión}}$

$\chi$  → coeficiente de pandeo (tabla 6.1: en función de la clase resistente de madera y esbeltez mec.)

$\lambda_k$ : esbeltez mecánica  $\lambda_k = \frac{L_k}{i}$

$L_k$ : longitud de pandeo  $L_k = L \cdot \beta$

$\beta$ : coef. de pandeo → en barra interior = 0.8

$i$ : radio de giro respecto X-Y  $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

$I$ : inercia  $I = I_{xx} + I_{yy}$

$I_{xx} = \frac{b \cdot h^3}{12}$  |  $I_{yy} = \frac{h \cdot b^3}{12}$

dado que  $b = h \rightarrow I_{xx} = I_{yy} \rightarrow I = 2 I_{xx}$

$I_{xx} = \frac{10 \cdot 10^3}{12} = 833.33$

$I = 2 \cdot 833.33 = 1666.66$

$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1666.66}{100}} = 4.08$

$\lambda_k = \frac{L_k}{i} = \frac{100}{4.08} = 24.5$

$\chi = 0.99$  (según tabla 6.1)

$A \cdot f_{cd} \cdot \chi > N_{d \text{ compresión}}$

$100 \cdot 126 \cdot 0.99 = 12474 \text{ Kg} > 4148.14 \text{ Kg} \checkmark$