ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI

FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

PAU MILLET LOPEZ / num:32622-4

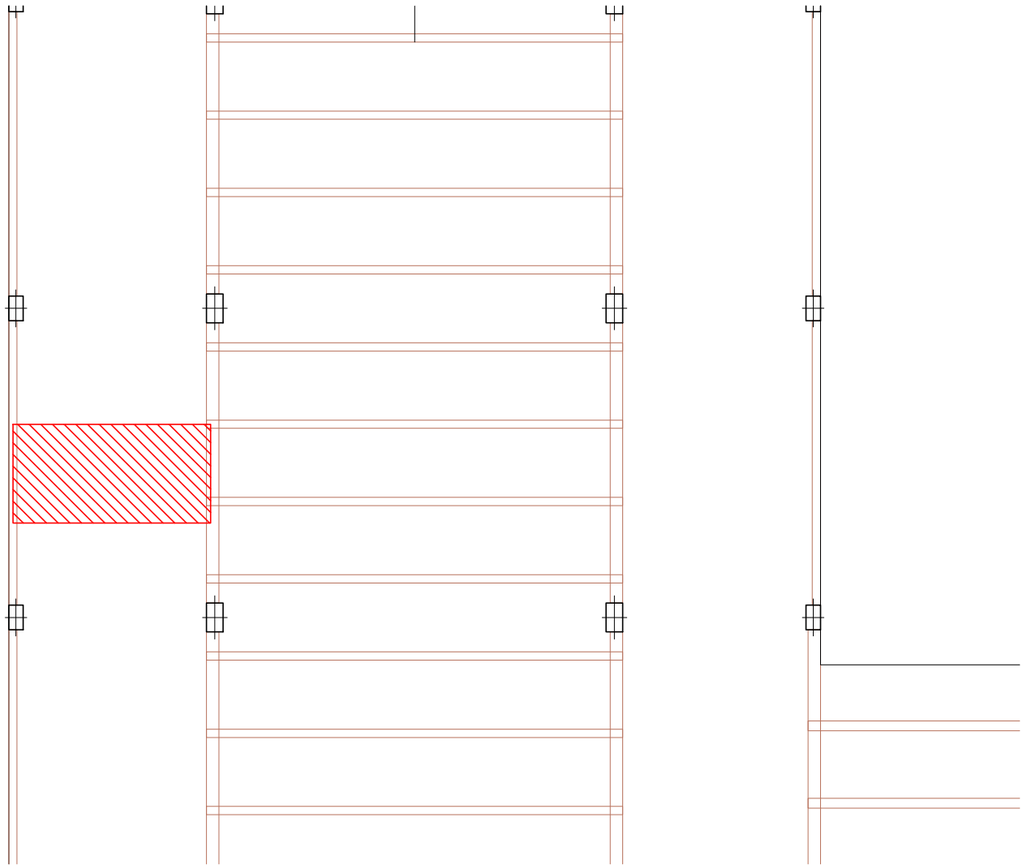
Digitally signed by PAU MILLET LOPEZ / num:32622-4
Date: 2024.07.11 12:57:41 +02'00'

XAVIER RAMONEDA PLANAS / num:32560-0

Digitally signed by XAVIER RAMONEDA PLANAS / num:32560-0
Date: 2024.07.11 13:34:03 +02'00'

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

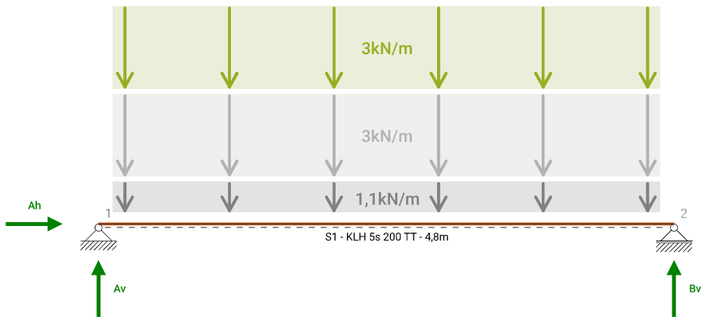
BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

Proyecto: Forjado | oficina 480



Norma de diseño
DB-SE-M:2009

RESULTADOS

ELU		
M	36%	S1
N	0%	S1
M+N	36%	S1
V	19%	S1
Estabilidad	36%	S1

M (incendio)	33%	S1
N (incendio)	0%	S1
M+N (incendio)	33%	S1
V (incendio)	11%	S1
Estabilidad (incendio)	33%	S1

ELS		
Apariencia	94%	S1
Evitar daños	**94%**	**S1**

MÁXIMA REACCIÓN DE APOYO

	g_k		n_k		s_k		w_k		F_d
	min	max	min	max	min	max	min	max	
A_H (1) [kN]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A_V (1) [kN]	9,84	9,84	7,2	-	-	-	-	-	24,08 [3]
B_V (2) [kN]	9,84	9,84	7,2	-	-	-	-	-	24,08 [3]

VIBRACIÓN			
f_1 [Hz]	8,36		
a_{rms} [m/s²]	0,038	VCL I	S1
w_{stat} [mm/kN]	0,14	VCL I	S1

TENSIONES Y DEFORMACIONES

Elemento		N_d		V_d		M_d		w_{inst}		w_{fin}		$w_{net,fin}$	
ID	Superficie	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
		[kN]		[kN]		[kNm]		[mm]		[mm]		[mm]	
CS 1 **S1 1-2** REI 90	KLH 5s 200 DQ	-	-	-24,08 [5]	24,08 [3]	-	28,9 [3]	-	94% 9,02	-	80% 12,83	-	94% 12,83
	Madera	-	-	-13,44 [5]	13,44 [5]	-	16,13 [5]						

1) permanente (k_{mod}=0,6) 2) larga (k_{mod}=0,7) 3) media (k_{mod}=0,8) 4) corto (k_{mod}=0,9) 5) corto/ muy corto (k_{mod}=1,0) 6) muy corto (k_{mod}=1,1)

PARÁMETROS DE LOS MATERIALES

Material	$f_{m,k}$ [N/mm²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm²]	$f_{v,k}$ [N/mm²]	$f_{v,R,k}$ [N/mm²]	$E_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{90,mean}$ [N/mm²]
KLH (C24)	24	16,5	0,12	24	2,7	2,7	1,2	12.000	690	50

NODO

ID	X [m]	Z [m]	Apoyo	Orientación	Bisagra	Cargado
1	0	0	perno	0°	no	no
2	4,8	0	rodillo	0°	no	no

SECCIONES TRANSVERSALES

ID	Tipo de panel	Material	Efecto de carga	capa de recubrimiento	B/H [m]	Incendio
A	KLH 5s 200 DQ	KLH (C24)	como placa	longitudinal (X)	1	sí

SECCIONES TRANSVERSALES - INCENDIOS

ID	Exposición a los incendios		Duración del incendio [min]	Superficie 1	Superficie 2
A	1	CE/RO	90	Superficie de madera	-

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS

ID		EJ [kNm²]	GA [kN]	GJ_T [kNm²]	J_{net} [m⁴]	W_{net} [m³]	A_{net} [m²]
A	y	6336	16.000	943,92	5,28E-4	5,28E-3	0,12
	z	120.000	67.500		1E-2	2E-2	

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS - INCENDIO

ID		EJ_{fi} [kNm²]	GA_{fi} [kN]	$GJ_{T,fi}$ [kNm²]	$J_{net,fi}$ [m⁴]	$W_{net,fi}$ [m³]	$A_{net,fi}$ [m²]
A	y	1697,81	9568,48	743,08	1,23E-4	1,75E-3	0,07
	z	85.330	43.687,5		6,18E-3	1,24E-2	

ELEMENTOS

ID	Nodo inicial	Nodo final	Sección transversal	Longitud [m]	L_{ref} [m]	CS
S1	1	2	A	4,8	4,8	CS 1

ELEMENTOS - ESTABILIDAD

ID		L_k [m]	L_{ef} [m]	k_c	k_{crit}	$k_{c,fi}$	$k_{crit,fi}$
S1	y	4,8	4,8	0,58	1	0,26	1
	z	4,8		1		0,99	

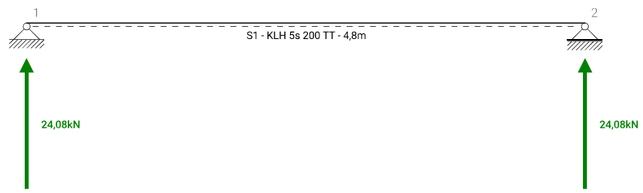
CATEGORÍA DE CARGA

	Categoría de carga	Tipo	Dirección	Duración	k_{mod}	$gamma_{inf}$	$gamma_{sup}$	psi_0	psi_1	psi_2
$g_{1,k}$	Peso proprio	G1	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$g_{2,k}$	Peso proprio	G2	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$n_{B,k}$	Sobrecargas categoria B: zonas administrativas	NB	global	media	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3

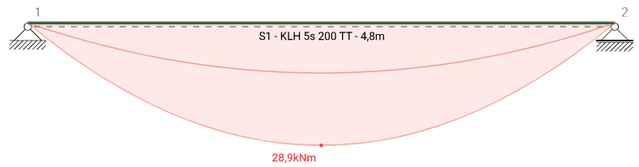
CARGA DISTRIBUIDA

Elemento	G1	G2	NB	
ID	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	
S1	1,1	3	3	

ELU - tensiones internas - reacción de apoyo

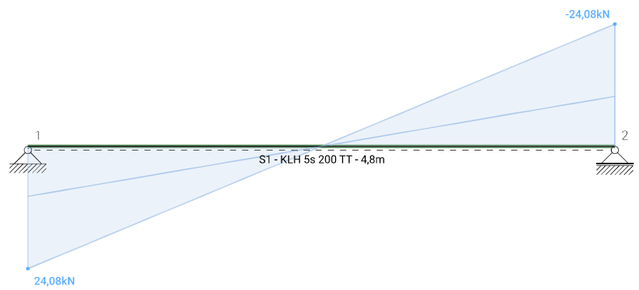


ELU - tensiones internas - flexión (M)



ELU - tensiones internas - tensión axial (N)

ELU - tensiones internas - tensión cortante (V)



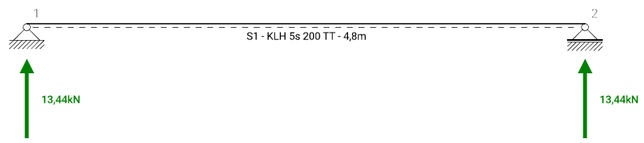
ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

Elemento	M - principal						
ID	x_i	M_d [kNm]	N_d asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	1	0	0	min	0,6	(6.1)	0%
	0,5	28,9	0	max	0,8	(6.11)	36%

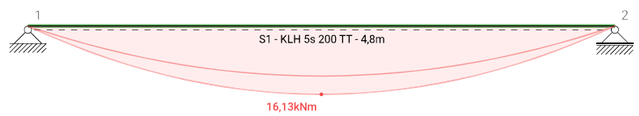
Elemento	N - principal						
ID	x_i	N_d [kN]	M_d asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	0	0	0	min	0,6	(6.1)	0%
	0	0	0	max	0,6	(6.1)	0%

Elemento	V - principal						
ID	x_i	V_d [kN]	M_d asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	1	-24,08	0	min	0,8	(6.13)	19%
	0	24,08	0	max	0,8	(6.13)	19%

ELU - tensiones internas incendio - reacción de apoyo

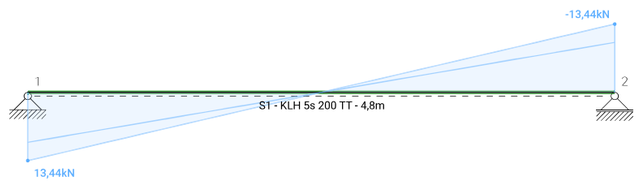


ELU - tensiones internas incendio - flexión (M)



ELU - tensiones internas incendio - tensión axial (N)

ELU - tensiones internas incendio - tensión cortante (V)



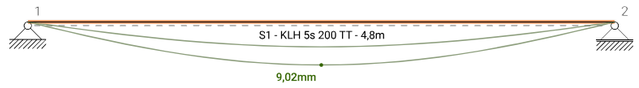
ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

Elemento	M - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$M_{d,fi}$ [kNm]	$N_{d,fi}$ asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	1	0	0	min	1,0	(6.1)	0%
		0,5	16,13	0	max	1,0	(6.11)	33%

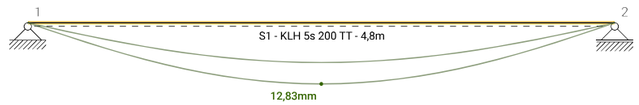
Elemento	N - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$N_{d,fi}$ [kN]	$M_{d,fi}$ asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	0	0	0	min	1,0	(6.1)	0%
		0	0	0	max	1,0	(6.1)	0%

Elemento	V - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$V_{d,fi}$ [kN]	$M_{d,fi}$ asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	1	-13,44	0	min	1,0	(6.13)	11%
		0	13,44	0	max	1,0	(6.13)	11%

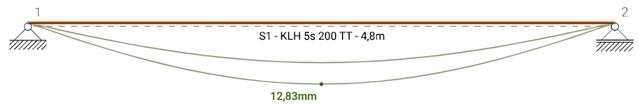
ELS - deformaciones - w_{inst}



ELS - deformaciones - w_{fin}



ELS - deformaciones - $w_{net,fin}$



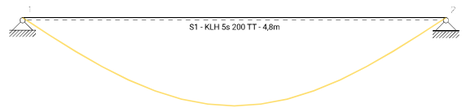
ELS - DEFORMACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento ID	$w_{inst} = w_{char.(G+Q)}$							
	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/500	9,6	0	-	0,5	9,02	94%

Elemento ID	$w_{fin} = w_{inst} + w_{creep}$							
	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/300	16	0	-	0,5	12,83	80%

Elemento ID	w_{netFin}							
	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/350	13,71	0	-	0,5	12,83	94%

ELS - vibraciones - f_1



f_1: 8,36 Hz

ELS - VIBRACIONES

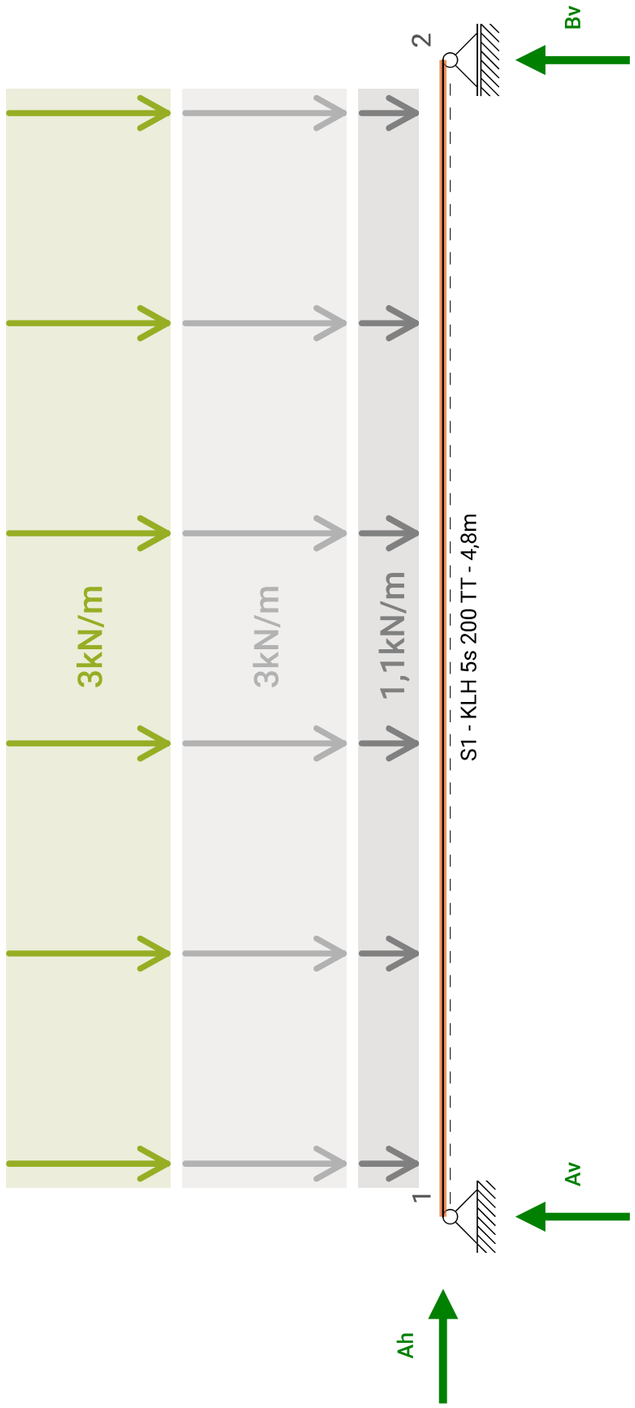
1. frecuencia natural total del sistema	Masa modal total del sistema	Amortiguación total del sistema
[Hz]	[kg]	[%]
8,36	3214,23	4,0

ELS - VIBRACIONES - DETALLES

Elemento ID	VCL	Amortiguación	Distribución transversal		Construcción del suelo		
			b_{floor}	b_F	Tipo	Solado	Altura
		[%]	[m]	[m]			[m]
S1	VCL I	4,0	5,76	3,21	solado con relleno	Sí	0,05

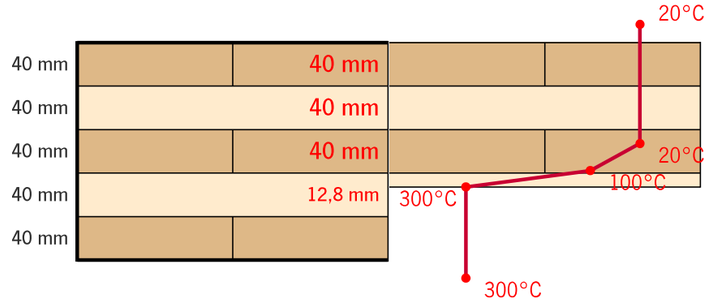
ELS - VIBRACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento ID	VCL	a_{rms}	w_{stat}	f_{lim}	f_{min}	a_{lim}	w_{lim}	Utilización
		[m/s²]	[mm/kN]	[Hz]	[Hz]	[m/s²]	[mm/kN]	
S1	VCL I	0,038	0,14	8	4,5	0,05	0,25	55%



KLH 5s 200 TT

TECHO



DURACIÓN DE EXPOSICIÓN AL FUEGO

90 Minutos

SUPERFICIE

Superficie de madera

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE CANTOS (TAB. A)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$N_{t,0,Rk}$	1.300	759	107,07	60,71	kN
2	$N_{t,0,m,Rk}$	2.005	1.104	117,77	84,97	kN
3	$N_{c,0,Rk}$	1.823	1.104	107,07	60,71	kN
4	$N_{c,loc,Rk}$	2.671	1.576	221,63	72,85	kN
5	$N_{c,90,Rk}$	1.188	713	118,8	71,28	kN
6	$N_{c,2.73,Rk}$	845	132	60,31	6,67	kN
7	$N_{c,2.95,Rk}$	810	123	57,62	6,22	kN
8	$N_{c,3.50,Rk}$	734	105	51,82	5,31	kN
9	$N_{c,5.00,Rk}$	0	76	0		kN
10	$N_{xy,KF,Rk}$	233		21,03		kN
11	$V_{TR,Rk}$	285	194	28,26	17,24	kN

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE PLACAS (TAB. B)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$M_{c,Rk}$	4.840	459	319	25	kNcm
2	$M_{t,Rk}$	5.175	571	365	27	kNcm
3	$dM_{EL,Rk}$	-13,09	-0,83	-0,05	0	kNcm/kN
4	V_{Rk}	118,41	115,28	9,98	10,85	kN
5	$V_{RD,Rk}$	151,03	33,36	12,47	3,14	kN
6	%(EJ)	28	19	25	6	%

Las denominaciones de las variables equivalen a las de los valores característicos para el caso normal y se explican en dicho apartado.
Los valores con un ancho de referencia de b = 1 m equivalen a la tasa de combustión normal global.
Los valores con un ancho de referencia de b = 10 cm equivalen a la tasa de combustión elevada local.

INSTALLATION GUIDELINES SYSTEM KLH

Please note the installation guidlines for the fixing of the selected cladding under:
hacer clic aquí

VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	D_i	$D_{i,fi,glo}$	$D_{i,fi,loc}$		ORI_i
1	40	40	40	mm	0
2	40	40	40	mm	90
3	40	40	40	mm	0
4	40	12,8	4,6	mm	90
5	40	0	0	mm	0
6	200	132,8	124,6	mm	

CRITERIOS E E I PARA EL TABLERO KLH

☑ Criterio E (barrera física)

☑ Criterio I (aislamiento térmico)

Temperatura (lado no expuesto al fuego): 20 °C

GRADIENTE DE TEMPERATURA EN TODO EL ELEMENTO (GLOBAL)

	LADO 1	LADO 2	
d_{300}	67,2	0	mm
d_{100}	15	0	mm
d_{20}	25	0	mm
beta	0,75	0	mm/min

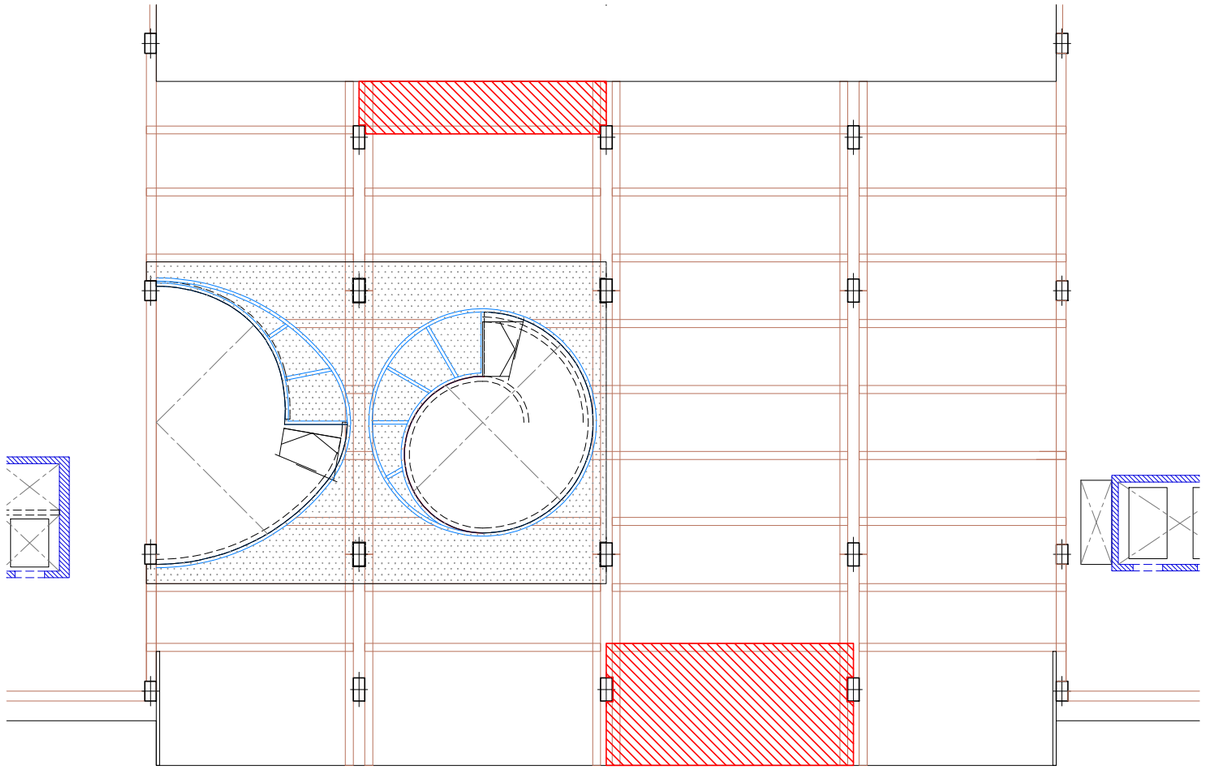
VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$J_{net,t}$	13.065	2.331	1.131	76	cm^4
2	$J_{net,c}$	12.303	1.966	1.052	71	cm^4
3	A_{net}	742	438	68	41	cm^2
4	A_{eff}	1.200	928	120	85	cm^2
5	i_{net}	41	21	39	13	mm
6	$e_{s,Ra1}$	75	66	71	64	mm
7	$e_{s,Ra2}$	58	27	54	21	mm

KLH®

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

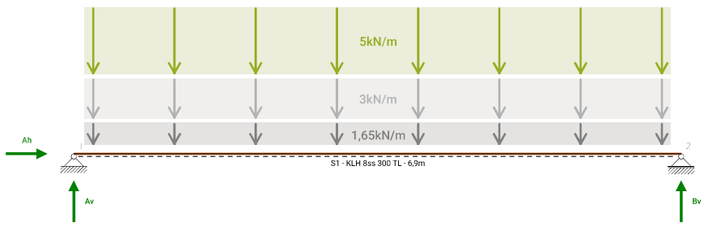
BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

Proyecto: TERRAZA 690



Norma de diseño
DB-SE-M:2009

RESULTADOS

ELU		
M	39%	S1
N	0%	S1
M+N	39%	S1
V	26%	S1
Estabilidad	39%	S1

M (incendio)	29%	S1
N (incendio)	0%	S1
M+N (incendio)	29%	S1
V (incendio)	13%	S1
Estabilidad (incendio)	29%	S1

ELS		
Apariencia	91%	S1
Evitar daños	**94%**	**S1**

MÁXIMA REACCIÓN DE APOYO

	g_k		n_k		s_k		w_k		F_d
	min	max	min	max	min	max	min	max	
A_H (1) [kN]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A_V (1) [kN]	16,04	16,04	17,25	-	-	-	-	-	47,53 [3]
B_V (2) [kN]	16,04	16,04	17,25	-	-	-	-	-	47,53 [3]

VIBRACIÓN			
f_1 [Hz]	7,36		
a_{rms} [m/s²]	62% 0,031	VCL I	S1
w_{stat} [mm/kN]	60% 0,09	VCL I	S1

TENSIONES Y DEFORMACIONES

Elemento		N_d		V_d		M_d		w_{inst}		w_{fin}		$w_{net,fin}$	
ID	Superficie	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
		[kN]		[kN]		[kNm]		[mm]		[mm]		[mm]	
CS 1 **S1 1-2** REI 90	KLH 8ss 300 DL	-	-	-47,53 [3]	47,53 [3]	-	81,99 [3]	-	94% 12,97	-	69% 17,93	-	91% 17,93
	Madera	-	-	-24,67 [5]	24,67 [5]	-	42,55 [5]						

1) permanente (k_{mod}=0,6) 2) larga (k_{mod}=0,7) 3) media (k_{mod}=0,8) 4) corto (k_{mod}=0,9) 5) corto/ muy corto (k_{mod}=1,0) 6) muy corto (k_{mod}=1,1)

PARÁMETROS DE LOS MATERIALES

Material	$f_{m,k}$ [N/mm²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm²]	$f_{v,k}$ [N/mm²]	$f_{v,R,k}$ [N/mm²]	$E_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{90,mean}$ [N/mm²]
KLH (C24)	24	16,5	0,12	24	2,7	2,7	1,2	12.000	690	50

NODO

ID	X [m]	Z [m]	Apoyo	Orientación	Bisagra	Cargado
1	0	0	perno	0°	no	no
2	6,9	0	rodillo	0°	no	no

SECCIONES TRANSVERSALES

ID	Tipo de panel	Material	Efecto de carga	capa de recubrimiento	B/H [m]	Incendio
A	KLH 8ss 300 DL	KLH (C24)	como placa	longitudinal (X)	1	sí

SECCIONES TRANSVERSALES - INCENDIOS

ID	Exposición a los incendios		Duración del incendio [min]	Superficie 1	Superficie 2
A	1	CE/RO	90	Superficie de madera	-

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS

ID		EJ [kNm²]	GA [kN]	GJ_T [kNm²]	J_{net} [m⁴]	W_{net} [m³]	A_{net} [m²]
A	y	24.768	38.700	2961,77	2,06E-3	1,38E-2	0,24
	z	240.000	77.600		2E-2	4E-2	

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS - INCENDIO

ID		EJ_{fi} [kNm²]	GA_{fi} [kN]	$GJ_{T,fi}$ [kNm²]	$J_{net,fi}$ [m⁴]	$W_{net,fi}$ [m³]	$A_{net,fi}$ [m²]
A	y	7856,75	26.144,67	3354,87	5,69E-4	5,39E-3	0,16
	z	188.370	72.642,22		1,37E-2	2,73E-2	

ELEMENTOS

ID	Nodo inicial	Nodo final	Sección transversal	Longitud [m]	L_{ref} [m]	CS
S1	1	2	A	6,9	6,9	CS 1

ELEMENTOS - ESTABILIDAD

ID		L_k [m]	L_{ef} [m]	k_c	k_{crit}	$k_{c,fi}$	$k_{crit,fi}$
S1	y	6,9	6,9	0,57	1	0,27	1
	z	6,9		0,98		0,98	

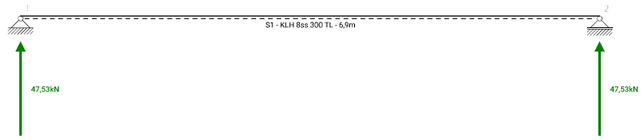
CATEGORÍA DE CARGA

	Categoría de carga	Tipo	Dirección	Duración	k_{mod}	$gamma_{inf}$	$gamma_{sup}$	psi_0	psi_1	psi_2
$g_{1,k}$	Peso proprio	G1	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$g_{2,k}$	Peso proprio	G2	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$n_{B,k}$	Sobrecargas categoria B: zonas administrativas	NB	global	media	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3

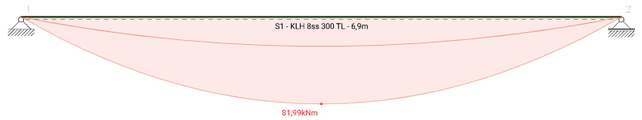
CARGA DISTRIBUIDA

Elemento	G1	G2	NB	
ID	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	
S1	1,65	3	5	

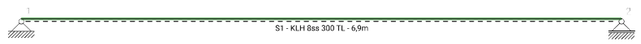
ELU - tensiones internas - reacción de apoyo



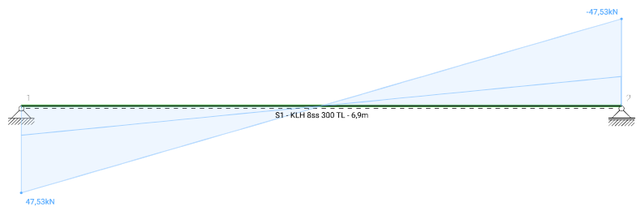
ELU - tensiones internas - flexión (M)



ELU - tensiones internas - tensión axial (N)



ELU - tensiones internas - tensión cortante (V)



ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

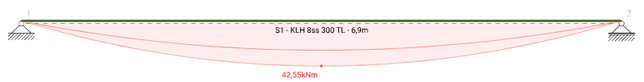
Elemento	M - principal						
ID	x_i	M_d [kNm]	N_d asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	0	0	0	min	0,6	(6.1)	0%
	0,5	81,99	0	max	0,8	(6.11)	39%

Elemento	N - principal						
ID	x_i	N_d [kN]	M_d asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	0	0	0	min	0,6	(6.1)	0%
	0	0	0	max	0,6	(6.1)	0%

Elemento	V - principal						
ID	x_i	V_d [kN]	M_d asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	1	-47,53	0	min	0,8	(6.13)	26%
	0	47,53	0	max	0,8	(6.13)	26%

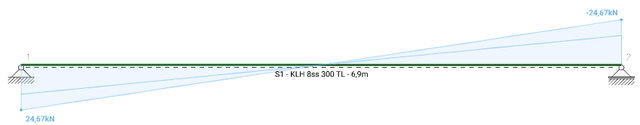
ELU - tensiones internas incendio - reacción de apoyo

ELU - tensiones internas incendio - flexión (M)



ELU - tensiones internas incendio - tensión axial (N)

ELU - tensiones internas incendio - tensión cortante (V)



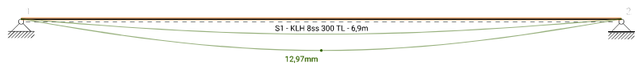
ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

Elemento	M - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$M_{d,fi}$ [kNm]	$N_{d,fi}$ asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	0	0	0	min	1,0	(6.1)	0%
		0,5	42,55	0	max	1,0	(6.11)	29%

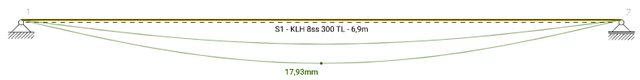
Elemento	N - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$N_{d,fi}$ [kN]	$M_{d,fi}$ asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	0	0	0	min	1,0	(6.1)	0%
		0	0	0	max	1,0	(6.1)	0%

Elemento	V - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$V_{d,fi}$ [kN]	$M_{d,fi}$ asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	1	-24,67	0	min	1,0	(6.13)	13%
		0	24,67	0	max	1,0	(6.13)	13%

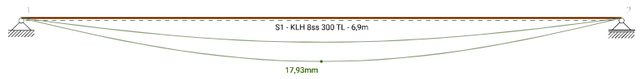
ELS - deformaciones - w_{inst}



ELS - deformaciones - w_{fin}



ELS - deformaciones - $w_{net,fin}$



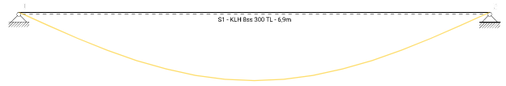
ELS - DEFORMACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento	$w_{inst} = w_{char.(G+Q)}$							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/500	13,8	1	-	0,5	12,97	94%

Elemento	$w_{fin} = w_{inst} + w_{creep}$							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/300	23	1	-	0,5	17,93	78%

Elemento	w_{netFin}							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/350	19,71	1	-	0,5	17,93	91%

ELS - vibraciones - f_1



f_1: 7,36 Hz

ELS - VIBRACIONES

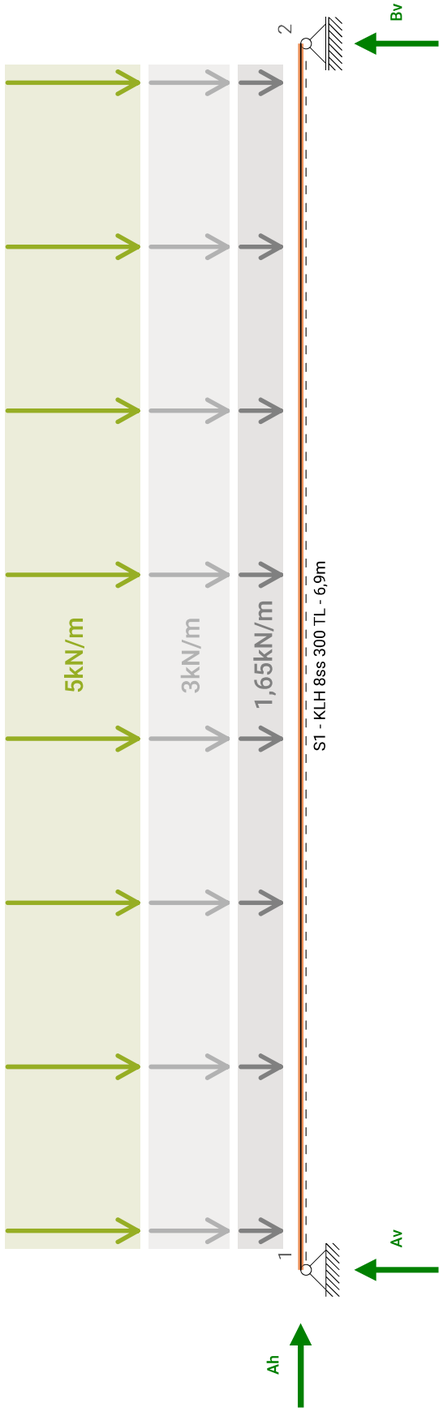
1. frecuencia natural total del sistema	Masa modal total del sistema	Amortiguación total del sistema
[Hz]	[kg]	[%]
7,36	5986,76	4,0

ELS - VIBRACIONES - DETALLES

Elemento	VCL	Amortiguación	Distribución transversal		Construcción del suelo		
ID			b_{floor}	b_F	Tipo	Solado	Altura
		[%]	[m]	[m]			[m]
S1	VCL I	4,0	8,28	3,66	solado con relleno	Sí	0,07

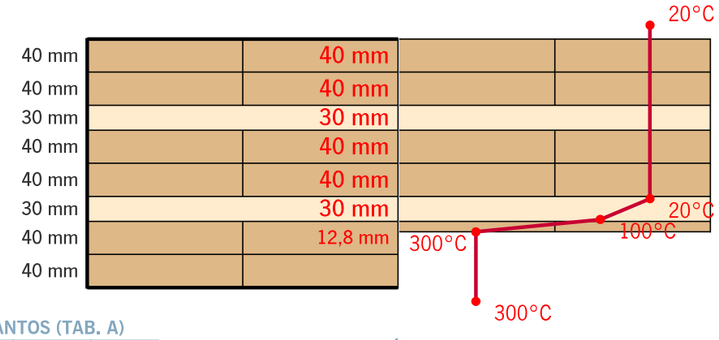
ELS - VIBRACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento	VCL	a_{rms}	w_{stat}	f_{lim}	f_{min}	a_{lim}	w_{lim}	Utilización
ID		[m/s²]	[mm/kN]	[Hz]	[Hz]	[m/s²]	[mm/kN]	
S1	VCL I	0,031	0,09	8	4,5	0,05	0,25	62%



KLH 8ss 300 TL

TECHO



DURACIÓN DE EXPOSICIÓN AL FUEGO

90 Minutos

SUPERFICIE

Superficie de madera

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE CANTOS (TAB. A)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$N_{t,0,Rk}$	3.036	970	227,97	79,91	kN
2	$N_{t,0,m,Rk}$	4.858	1.360	250,76	105,42	kN
3	$N_{c,0,Rk}$	4.416	1.360	227,97	79,91	kN
4	$N_{c,loc,Rk}$	4.456	1.971	386,1	125,21	kN
5	$N_{c,90,Rk}$	1.782	832	178,2	83,16	kN
6	$N_{c,2.73,Rk}$	2.311	772	143,84	50,05	kN
7	$N_{c,2.95,Rk}$	2.225	746	137,75	48,2	kN
8	$N_{c,3.50,Rk}$	2.037	688	124,56	44,11	kN
9	$N_{c,5.00,Rk}$	1.655	0	98,77	0	kN
10	$N_{xy,KF,Rk}$	337		31,38		kN
11	$V_{TR,Rk}$	232	308	21,66	29,63	kN

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE PLACAS (TAB. B)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$M_{c,Rk}$	14.887	5.485	805	354	kNcm
2	$M_{t,Rk}$	14.887	5.932	842	422	kNcm
3	$dM_{EL,Rk}$	-21,49	-8,26	-0,09	-0,05	kNcm/kN
4	V_{Rk}	190,14	154,67	15,61	15,23	kN
5	$V_{RD,Rk}$	176,45	0	16,36	0	kN
6	%(EJ)	36	109	32	96	%

Las denominaciones de las variables equivalen a las de los valores característicos para el caso normal y se explican en dicho apartado.
Los valores con un ancho de referencia de b = 1 m equivalen a la tasa de combustión normal global.
Los valores con un ancho de referencia de b = 10 cm equivalen a la tasa de combustión elevada local.

INSTALLATION GUIDELINES SYSTEM KLH

Please note the installation guidlines for the fixing of the selected cladding under:
hacer clic aquí

VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	D_i	$D_{i,fi,glo}$	$D_{i,fi,loc}$		ORI_i
1	40	40	40	mm	0
2	40	40	40	mm	0
3	30	30	30	mm	90
4	40	40	40	mm	0
5	40	40	40	mm	0
6	30	30	30	mm	90
7	40	12,8	4,6	mm	0
8	40	0	0	mm	0
9	300	232,8	224,6	mm	

CRITERIOS E E I PARA EL TABLERO KLH

☑ Criterio E (barrera física)

☑ Criterio I (aislamiento térmico)

Temperatura (lado no expuesto al fuego): 20 °C

GRADIENTE DE TEMPERATURA EN TODO EL ELEMENTO (GLOBAL)

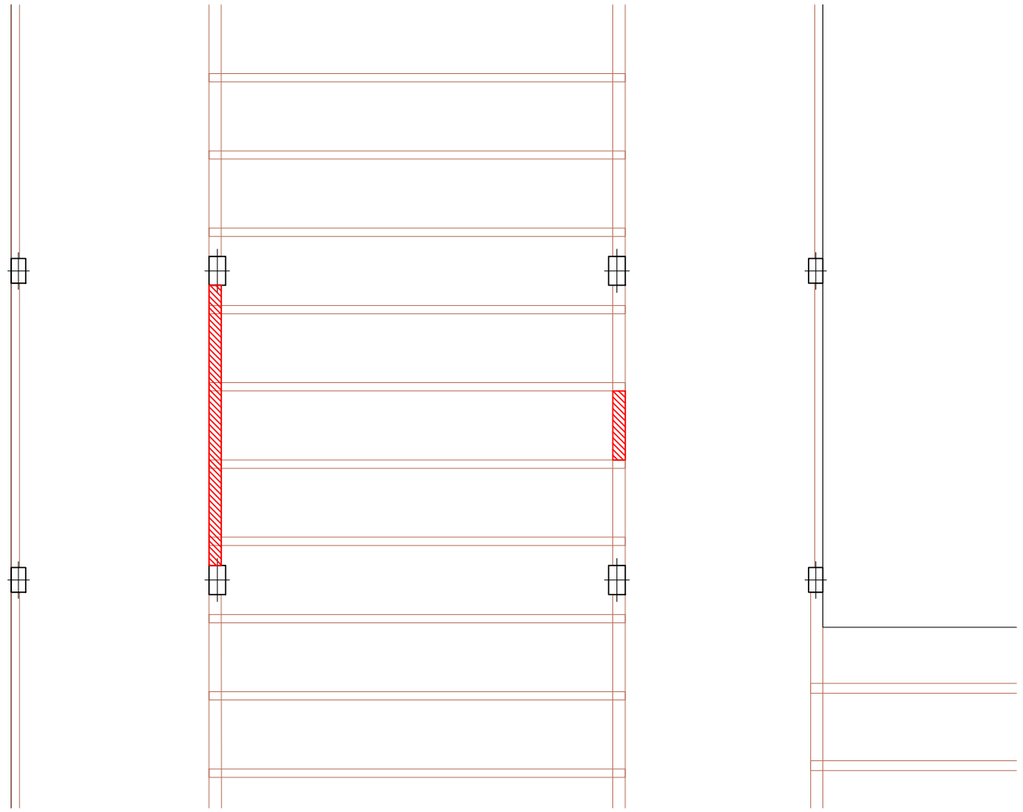
	LADO 1	LADO 2	
d_{300}	67,2	0	mm
d_{100}	15	0	mm
d_{20}	25	0	mm
beta	0,75	0	mm/min

VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$J_{net,t}$	56.933	17.581	5.693	1.553	cm^4
2	$J_{net,c}$	56.933	16.447	5.681	1.412	cm^4
3	A_{net}	1.638	547	159	50	cm^2
4	A_{eff}	2.328	1.400	225	140	cm^2
5	i_{net}	59	55	60	53	mm
6	$e_{s,Ra1}$	134	73	129	78	mm
7	$e_{s,Ra2}$	99	67	95	62	mm

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

ÍNDICE

1. GEOMETRÍA 2
1.1. Barras 2
1.1.1. Materiales utilizados 2
1.1.2. Descripción 2
1.1.3. Características mecánicas 2

2. RESULTADOS 3
2.1. Barras 3
2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo) 3
2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido) 16

1. GEOMETRÍA

1.1. Barras

1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E (kp/cm²)	ν	G (kp/cm²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL24h	118246.7	-	7339.4	0.000005	0.460

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

1.1.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	N328/N339	N317/N350	30x90 (VIGAS_UPF)	1.875	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

1.1.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N317/N350

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	1	30x90, (VIGAS_UPF)	2700.00	2250.00	2250.00	1822500.00	202500.00	639090.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

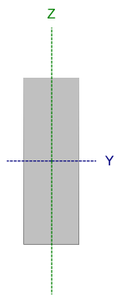
2. RESULTADOS

2.1. Barras

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N328/N339

Perfil: 30x90
Material: Madera (GL24h)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N328	N339	1.875	2700.00	1822500.00	202500.00	639090.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.875	1.875	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R90

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$\sigma_{t,0,d}$** : *0.06* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra **$N_{t,0,d}$** : *0.150* t

A: Área de la sección transversal **A** : *2700.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$f_{t,0,d}$** : *94.19* kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) **k_{mod}** : *0.70*

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra **$f_{t,0,k}$** : *168.20* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.786*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.125 m del nudo N328, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: **$\sigma_{m,y,d}^+$** : *107.73* kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^-$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo **$M_{y,d}^+$** : *43.631* t·m
$M_{y,d}^-$: *0.000* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal **$W_{el,y}$** : *40500.00* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: **$f_{m,y,d}^+$** : *137.00* kp/cm²
$f_{m,y,d}^-$: *117.43* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad **k_{mod}^+** : *0.70*
k_{mod}^- : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase⁺** : *Larga duración*
Clase⁻ : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión **$f_{m,k}$** : *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : **0.019** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N339, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^{+}$: 0.00 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d}^{-}$: 2.84 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.000 t·m
$M_{z,d}^{-}$: 0.384 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$: 13500.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}^{+}$: 125.86 kp/cm²
$f_{m,z,d}^{-}$: 146.84 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod}^{+} : 0.60
k_{mod}^{-} : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Permanente
Clase^{-} : Larga duración

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1};1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 300.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.014** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: 0.22 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.260 t

A: Área de la sección transversal

A : 2700.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.152** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N328, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$: 2.35 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 2.832 t

A: Área de la sección transversal

A : 2700.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.793** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.562** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.313 m del nudo N328, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 107.55 kp/cm² ; $\sigma_{m,z,d}$: 1.76 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 43.558 t·m ; $M_{z,d}$: 0.238 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 40500.00 cm³ ; $W_{el,z}$: 13500.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² ; $f_{m,z,d}$: 146.84 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 ; $k_{h,z}$: 1.07

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.794** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.562** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.313 m del nudo N328, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: 0.06 kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: 0.150 t

A: Área de la sección transversal A : 2700.00 cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 107.55 kp/cm² ; $\sigma_{m,z,d}$: 1.76 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 43.558 t·m ; $M_{z,d}$: -0.238 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 40500.00 cm³ ; $W_{el,z}$: 13500.00 cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: 94.19 kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² ; $f_{m,z,d}$: 146.84 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 ; $k_{h,z}$: 1.07

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 300.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: *0.08* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *0.093* t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : *1216.00* cm²

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.633*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.125 m del nudo N328, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}^{+}$: *178.04* kp/cm²

$\sigma_{m,y,d,fi}^{-}$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}^{+}$: *27.422* t·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.000* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: *15402.67* cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase**$^{+}$: *Larga duración*

Clase^{-} : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.025** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N339, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^{+}$: 0.00 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d,fi}^{-}$: 7.60 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.000 t·m

$M_{z,d}^{-}$: 0.247 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$: 3242.67 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Permanente

Clase^{-} : Larga duración

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600/h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h_{fi} : 160.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.010** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi}$: 0.31 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.166 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 1216.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.102** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N328, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi}$: 3.24 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 1.758 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 1216.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : **0.642** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : **0.457** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.313 m del nudo N328, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}$: 177.73 kp/cm² $\sigma_{m,z,d,fi}$: 4.72 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 27.375 t·m $M_{z,d}$: 0.153 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: 15402.67 cm³ $W_{el,z,fi}$: 3242.67 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm² $f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,y,fi}$: 1.00 $k_{h,z,fi}$: 1.10

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : **0.643** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : **0.458** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.313 m del nudo N328, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: 0.08 kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: 0.093 t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : 1216.00 cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}$: 177.73 kp/cm² $\sigma_{m,z,d,fi}$: 4.72 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 27.375 t·m $M_{z,d}$: -0.153 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: 15402.67 cm³ $W_{el,z,fi}$: 3242.67 cm³

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d,fi}$: 193.43 kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm² $f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,y,fi}$: 1.00 $k_{h,z,fi}$: 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción — h_{fi} : 160.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal — k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N328/N339	η = 0.1	N.P.[1]	x: 1.125 m η = 78.6	x: 1.875 m η = 1.9	η = 1.4	x: 0 m η = 15.2	N.P.[2]	x: 1.313 m η = 79.3	x: 1.313 m η = 79.4	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 79.4**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

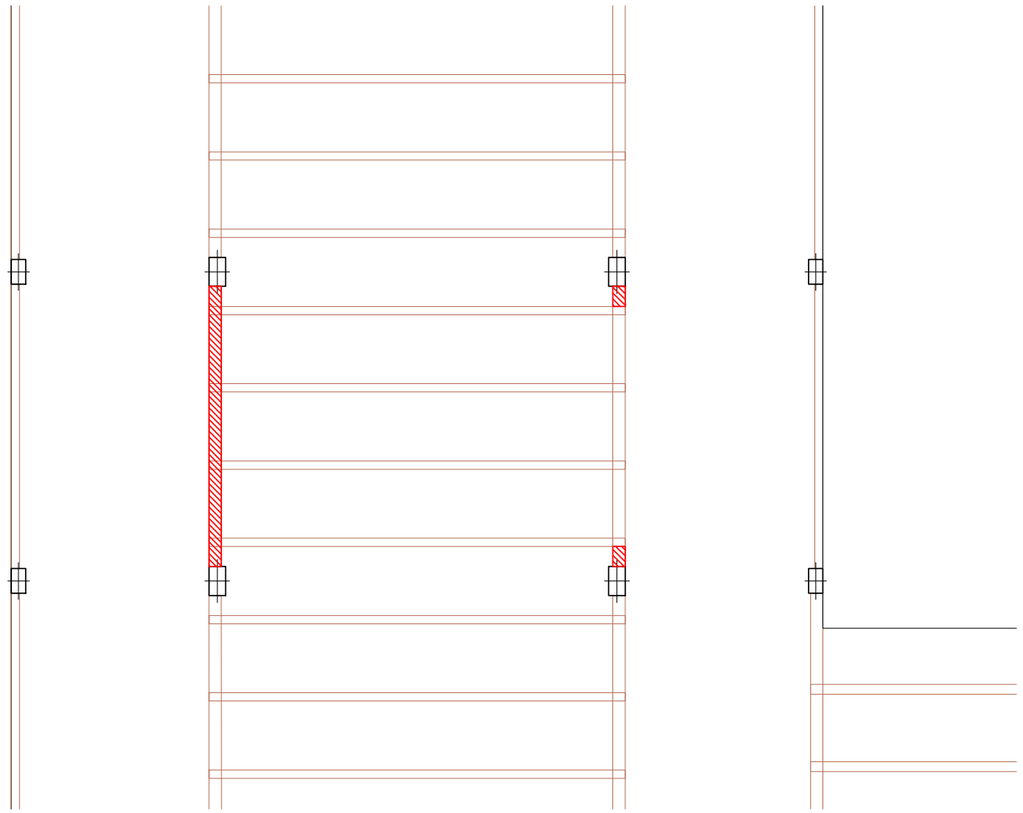
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N328/N339	η < 0.1	N.P.[1]	x: 1.125 m η = 63.3	x: 1.875 m η = 2.5	η = 1.0	x: 0 m η = 10.2	N.P.[2]	x: 1.313 m η = 64.2	x: 1.313 m η = 64.3	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 64.3**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

ÍNDICE

1. GEOMETRÍA 2
1.1. Barras 2
1.1.1. Materiales utilizados 2
1.1.2. Descripción 2
1.1.3. Características mecánicas 2

2. RESULTADOS 3
2.1. Barras 3
2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo) 3
2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido) 16

1. GEOMETRÍA

1.1. Barras

1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E	ν	G	α_t	γ
Tipo	Designación	(kp/cm²)		(kp/cm²)	(m/m°C)	(t/m³)
Madera	GL24h	118246.7	-	7339.4	0.000005	0.460

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

1.1.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra	Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$	$Lb_{Inf.}$
Tipo	Designación	(Ni/Nf)	(Ni/Nf)		(m)			(m)	(m)
Madera	GL24h	N350/N374	N350/N374	30x130 (VIGAS_UPF)	0.538	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

1.1.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N350/N374

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A	Avy	Avz	Iyy	Izz	It
Tipo	Designación			(cm²)	(cm²)	(cm²)	(cm4)	(cm4)	(cm4)
Madera	GL24h	1	30x130, (VIGAS_UPF)	3900.00	3250.00	3250.00	5492500.00	292500.00	996840.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

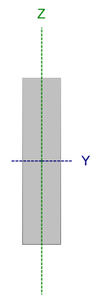
2. RESULTADOS

2.1. Barras

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N350/N374

Perfil: 30x130
Material: Madera (GL24h)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N350	N374	0.538	3900.00	5492500.00	292500.00	996840.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.538	0.538	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R90

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: *0.03* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *0.116* t

A: Área de la sección transversal **A** : *3900.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: *94.19* kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : *0.70*

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.25*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.119*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}^+$: *16.36* kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^-$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}^+$: *13.827* t·m
$M_{y,d}^-$: *0.000* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *84500.00* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}^+$: *137.00* kp/cm²
$f_{m,y,d}^-$: *117.43* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod}^+ : *0.70*
k_{mod}^- : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase**$^+$: *Larga duración*
Clase$^-$: *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.25*

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : **0.009** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+1.35·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^{+}$: 1.32 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d}^{-}$: 0.00 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.257 t·m
$M_{z,d}^{-}$: 0.000 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$: 19500.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}^{+}$: 146.84 kp/cm²
$f_{m,z,d}^{-}$: 125.86 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod}^{+} : 0.70
k_{mod}^{-} : 0.60

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Larga duración
Clase^{-} : Permanente

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1};1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 300.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.018** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+1.35·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: 0.27 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.477 t

A: Área de la sección transversal

A : 3900.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.985** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N374, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$: 15.19 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 26.455 t

A: Área de la sección transversal

A : 3900.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.126** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.093** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+1.35·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 16.36 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 1.32 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 13.827 t·m $M_{z,d}$: 0.257 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 84500.00 cm³ $W_{el,z}$: 19500.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 146.84 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.07

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.126** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.093** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+1.35·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: 0.03 kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: 0.116 t

A: Área de la sección transversal A : 3900.00 cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 16.36 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 1.32 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 13.827 t·m $M_{z,d}$: 0.257 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 84500.00 cm³ $W_{el,z}$: 19500.00 cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: 94.19 kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 146.84 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.07

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 300.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

η < **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: *0.04* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *0.074* t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : *1856.00* cm²

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.085** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}^{+}$: *24.03* kp/cm²

$\sigma_{m,y,d,fi}^{-}$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}^{+}$: *8.623* t·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.000* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: *35882.67* cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase**$^{+}$: *Larga duración*

Clase^{-} : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.011** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^{+}$: 3.28 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d,fi}^{-}$: 0.00 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.162 t·m

$M_{z,d}^{-}$: 0.000 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$: 4949.33 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Larga duración

Clase^{-} : Permanente

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h_{fi} : 160.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.012** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi}$: 0.36 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.302 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 1856.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.629** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N374, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi}$: 19.90 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 16.501 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 1856.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.093*** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.070*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$: *24.03* kp/cm²
$\sigma_{m,z,d,fi}$: *3.28* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *8.623* t·m
$M_{z,d}$: *0.162* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$: *35882.67* cm³
$W_{el,z,fi}$: *4949.33* cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm²
$f_{m,z,d,fi}$: *309.48* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: *1.00*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi}$: *1.00*
$k_{h,z,fi}$: *1.10*

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : *1.15*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal — k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.093*** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.071*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N350, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: — $\sigma_{t,0,d,fi}$: *0.04* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{t,0,d}$: *0.074* t

A_{fi}: Área de la sección transversal — A_{fi} : *1856.00* cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$: *24.03* kp/cm²
$\sigma_{m,z,d,fi}$: *3.28* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *8.623* t·m
$M_{z,d}$: *0.162* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$: *35882.67* cm³
$W_{el,z,fi}$: *4949.33* cm³

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: — $f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: — $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra — $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : *1.15*

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm²
$f_{m,z,d,fi}$: *309.48* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: *1.00*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi}$: *1.00*
$k_{h,z,fi}$: *1.10*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción — h_{fi} : *160.00* mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N350/N374	η < 0.1	N.P.[1]	x: 0 m η = 11.9	x: 0 m η = 0.9	η = 1.8	x: 0.538 m η = 98.5	N.P.[2]	x: 0 m η = 12.6	x: 0 m η = 12.6	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 98.5**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

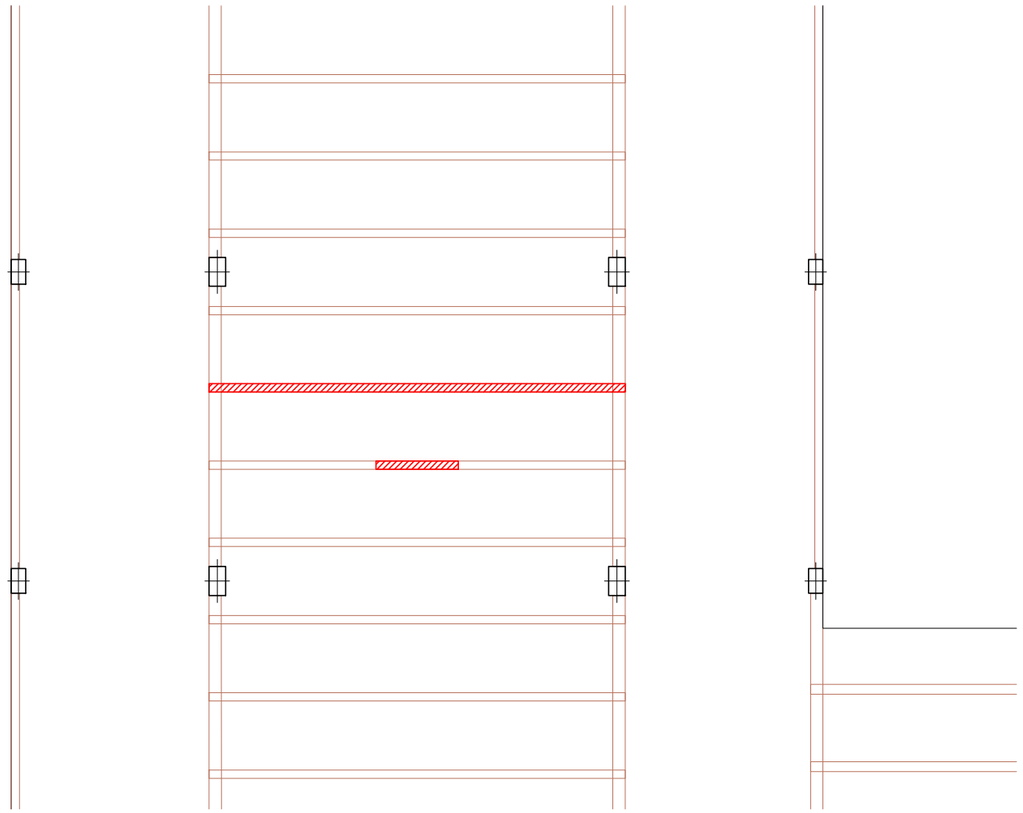
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N350/N374	η < 0.1	N.P.[1]	x: 0 m η = 8.5	x: 0 m η = 1.1	η = 1.2	x: 0.538 m η = 62.9	N.P.[2]	x: 0 m η = 9.3	x: 0 m η = 9.3	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 62.9**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

ÍNDICE

1. GEOMETRÍA 2
1.1. Barras 2
1.1.1. Materiales utilizados 2
1.1.2. Descripción 2
1.1.3. Características mecánicas 2

2. RESULTADOS 3
2.1. Barras 3
2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo) 3
2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido) 17

1. GEOMETRÍA

1.1. Barras

1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E	ν	G	α_t	γ
Tipo	Designación	(kp/cm²)		(kp/cm²)	(m/m°C)	(t/m³)
Madera	GL24h	118246.7	-	7339.4	0.000005	0.460

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

1.1.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra	Pieza	Perfil(Serie)	Longitud	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$	$Lb_{Inf.}$
Tipo	Designación	(Ni/Nf)	(Ni/Nf)		(m)			(m)	(m)
Madera	GL24h	N300/N301	N295/N305	20x80 (VIGAS_UPF)	1.000	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

1.1.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N295/N305

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A	Avy	Avz	Iyy	Izz	It
Tipo	Designación			(cm²)	(cm²)	(cm²)	(cm4)	(cm4)	(cm4)
Madera	GL24h	1	20x80, (VIGAS_UPF)	1600.00	1333.33	1333.33	853333.33	53333.33	179840.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

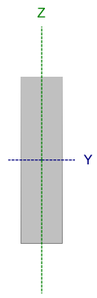
2. RESULTADOS

2.1. Barras

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N300/N301

Perfil: 20x80
Material: Madera (GL24h)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N300	N301	1.000	1600.00	853333.33	53333.33	179840.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.000	1.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R90

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.108*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$\sigma_{t,0,d}$** : *10.13* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra **$N_{t,0,d}$** : *16.212* t

A: Área de la sección transversal **A** : *1600.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$f_{t,0,d}$** : *94.19* kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) **k_{mod}** : *0.70*

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra **$f_{t,0,k}$** : *168.20* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.508*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: **$\sigma_{m,y,d}^+$** : *69.55* kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^-$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo **$M_{y,d}^+$** : *14.838* t·m
$M_{y,d}^-$: *0.000* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal **$W_{el,y}$** : *21333.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: **$f_{m,y,d}^+$** : *137.00* kp/cm²
$f_{m,y,d}^-$: *117.43* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad **k_{mod}^+** : *0.70*
k_{mod}^- : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase⁺** : *Larga duración*
Clase⁻ : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión **$f_{m,k}$** : *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: 0.02 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{y,d}$: 0.013 t

A: Área de la sección transversal A : 1600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.156** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N301, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: 2.40 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{z,d}$: 1.718 t

A: Área de la sección transversal A : 1600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

η < **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por: $\tau_{tor,d}$: 0.01 kp/cm²

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo $M_{x,d}$: 0.001 t·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión W_{tor} : 9280.00 cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección k_{forma} : 1.60

$$k_{forma} = \min\left\{2.0\ ;\ 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}}\right\}$$

Donde:

b_{max}: Ancho mayor de la sección transversal b_{max} : 800.00 mm

b_{min}: Ancho menor de la sección transversal b_{min} : 200.00 mm

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.508** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.356** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 69.55 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 0.09 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 14.838 t·m $M_{z,d}$: 0.005 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 21333.33 cm³ $W_{el,z}$: 5333.33 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 150.70 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.10

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.616** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.464** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: 10.13 kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: 16.212 t

A: Área de la sección transversal A : 1600.00 cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 69.55 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 0.09 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 14.838 t·m $M_{z,d}$: 0.005 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 21333.33 cm³ $W_{el,z}$: 5333.33 cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: 94.19 kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 150.70 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 200.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.156*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N301, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: *0.02* kp/cm²
$\tau_{z,d}$: *2.40* kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: *0.013* t
$V_{z,d}$: *1.718* t

A: Área de la sección transversal

A : *1600.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : *0.67*

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$: *0.00* kp/cm²
$\tau_{tor,z,d}$: *0.01* kp/cm²

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo

$M_{x,d}$: *0.001* t·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$: *37120.00* cm³
$W_{tor,z}$: *9280.00* cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección

k_{forma} : *1.60*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: *15.41* kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : *0.70*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: *27.52* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.25*

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

η : ***0.122*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: *23.51* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{t,0,d}$: *10.298* t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : *438.00* cm²

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por:

$f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra

$f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : *1.15*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.629** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}^{+}$: 176.93 kp/cm²

$\sigma_{m,y,d,fi}^{-}$: 0.00 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: 9.429 t·m

$M_{y,d}^{-}$: 0.000 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: 5329.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Larga duración

Clase^{-} : Permanente

Clase de servicio **Clase** : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d,fi}$: 0.04 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{y,d}$: 0.008 t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : 438.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.172** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N301, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d,fi}$: 5.45 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{z,d}$: 1.067 t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : 438.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{tor,d,fi}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por: $\tau_{tor,d,fi}$: 0.08 kp/cm²

$$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo $M_{x,d}$: 0.001 t·m

$W_{tor,fi}$: Modulo resistente a torsión $W_{tor,fi}$: 876.00 cm³

$k_{forma,fi}$: Factor cuyo valor depende del tipo de sección $k_{forma,fi}$: 2.00

$$k_{forma,fi} = \min\left\{2.0\ ;\ 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max,fi}}{b_{min,fi}}\right\}$$

Donde:

$b_{max,fi}$: Ancho mayor de la sección transversal $b_{max,fi}$: 730.00 mm

$b_{min,fi}$: Ancho menor de la sección transversal $b_{min,fi}$: 60.00 mm

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.630** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.442** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}$: 176.93 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d,fi}$: 0.70 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 9.429 t·m

$M_{z,d}$: 0.003 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: 5329.00 cm³

$W_{el,z,fi}$: 438.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm²

$f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,y,fi}$: 1.00

$k_{h,z,fi}$: 1.10

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.752** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.564** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N300, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: 23.51 kp/cm²

$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{t,0,d}$: 10.298 t

A_{fi}: Área de la sección transversal — A_{fi} : 438.00 cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: — $\sigma_{m,y,d,fi}$: 176.93 kp/cm² — $\sigma_{m,z,d,fi}$: 0.70 kp/cm²

$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo — $M_{y,d}$: 9.429 t·m — $M_{z,d}$: 0.003 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal — $W_{el,y,fi}$: 5329.00 cm³ — $W_{el,z,fi}$: 438.00 cm³

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: — $f_{t,0,d,fi}$: 193.43 kp/cm²

$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: — $k_{h,fi}$: 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_{h,fi} = 1.0$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra — $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: — $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm² — $f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: — $k_{h,y,fi}$: 1.00 — $k_{h,z,fi}$: 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_{h,fi} = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción — h_{fi} : 60.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal — k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,y,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} + \frac{\tau_{tor,z,d,fi}}{k_{forma,fi} \cdot f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.174** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N301, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por: — $\tau_{y,d,fi}$: 0.04 kp/cm² — $\tau_{z,d,fi}$: 5.45 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: 0.008 t — $V_{z,d}$: 1.067 t

A_{fi}: Área de la sección transversal — A_{fi} : 438.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : 0.67

$\tau_{tor,d,fi}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por: — $\tau_{tor,y,d,fi}$: 0.01 kp/cm² — $\tau_{tor,z,d,fi}$: 0.08 kp/cm²

$\tau_{tor,d,fi} = |M_{x,d}| / W_{tor,fi}$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo — $M_{x,d}$: 0.001 t·m

$W_{tor,fi}$: Modulo resistente a torsión — $W_{tor,y,fi}$: 10658.00 cm³ — $W_{tor,z,fi}$: 876.00 cm³

$k_{forma,fi}$: Factor cuyo valor depende del tipo de sección — $k_{forma,fi}$: 2.00

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: — $f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N300/N301	η = 10.8	N.P.(1)	x: 0 m η = 50.8	N.P.(2)	η = 0.1	x: 1 m η = 15.6	η < 0.1	x: 0 m η = 50.8	x: 0 m η = 61.6	N.P.(3)	x: 1 m η = 15.6	**CUMPLE** **η = 61.6**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

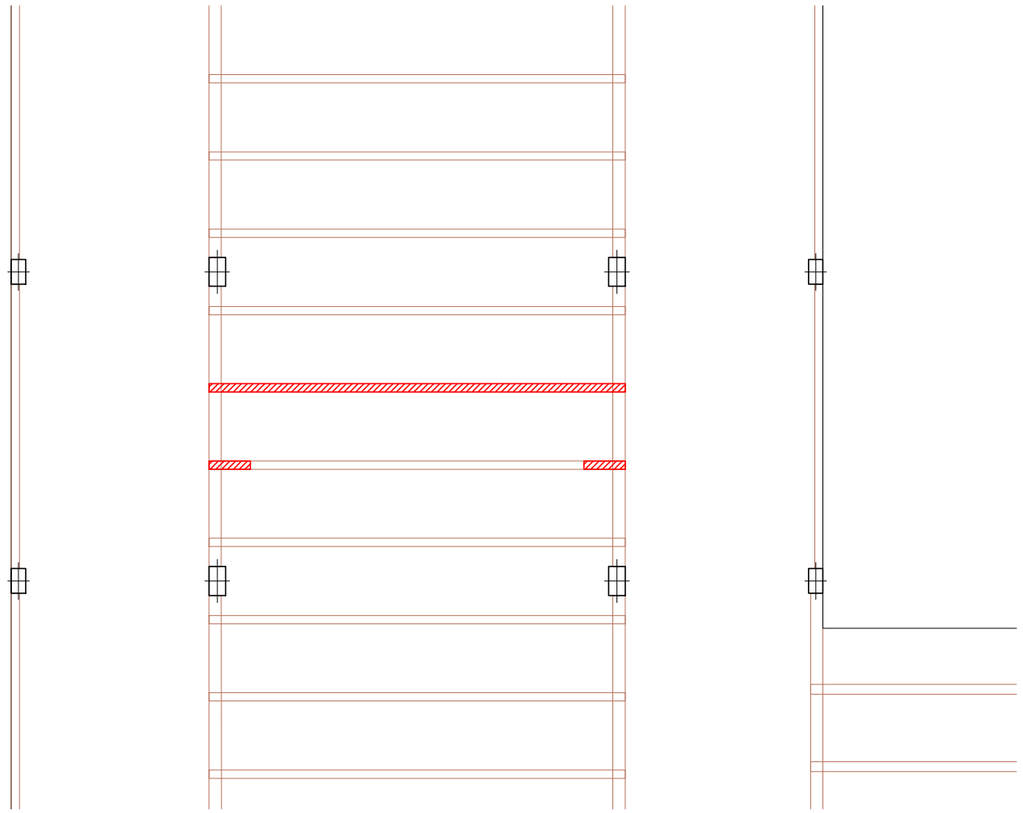
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N300/N301	η = 12.2	N.P.(1)	x: 0 m η = 62.9	N.P.(2)	η = 0.1	x: 1 m η = 17.2	η = 0.1	x: 0 m η = 63.0	x: 0 m η = 75.2	N.P.(3)	x: 1 m η = 17.4	**CUMPLE** **η = 75.2**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

ÍNDICE

1. GEOMETRÍA 2
1.1. Barras 2
1.1.1. Materiales utilizados 2
1.1.2. Descripción 2
1.1.3. Características mecánicas 2

2. RESULTADOS 3
2.1. Barras 3
2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo) 3
2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido) 16

1. GEOMETRÍA

1.1. Barras

1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E (kp/cm²)	ν	G (kp/cm²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL24h	118246.7	-	7339.4	0.000005	0.460

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

1.1.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	N295/N296	N295/N305	20x80 (VIGAS_UPF)	0.850	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

1.1.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N295/N305

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	1	20x80, (VIGAS_UPF)	1600.00	1333.33	1333.33	853333.33	53333.33	179840.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

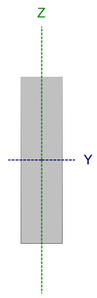
2. RESULTADOS

2.1. Barras

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N295/N296

Perfil: 20x80
Material: Madera (GL24h)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N295	N296	0.850	1600.00	853333.33	53333.33	179840.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.850	0.850	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R90

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$\sigma_{t,0,d}$** : *0.20* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra **$N_{t,0,d}$** : *0.315* t

A: Área de la sección transversal **A** : *1600.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: **$f_{t,0,d}$** : *94.19* kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) **k_{mod}** : *0.70*

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra **$f_{t,0,k}$** : *168.20* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.239*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: **$\sigma_{m,y,d}^+$** : *32.76* kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^-$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo **$M_{y,d}^+$** : *6.990* t·m
$M_{y,d}^-$: *0.000* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal **$W_{el,y}$** : *21333.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: **$f_{m,y,d}^+$** : *137.00* kp/cm²
$f_{m,y,d}^-$: *117.43* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad **k_{mod}^+** : *0.70*
k_{mod}^- : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase⁺** : *Larga duración*
Clase⁻ : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión **$f_{m,k}$** : *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: **k_h** : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.25*

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : **0.029** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^{+}$: 0.00 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d}^{-}$: 4.38 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.000 t·m
$M_{z,d}^{-}$: 0.233 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z}$: 5333.33 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}^{+}$: 129.17 kp/cm²
$f_{m,z,d}^{-}$: 150.70 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod}^{+} : 0.60
k_{mod}^{-} : 0.70

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Permanente
Clase^{-} : Larga duración

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1};1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h : 200.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.025** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: 0.38 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.275 t

A: Área de la sección transversal

A : 1600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.812** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N295, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d}$: 12.52 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 8.947 t

A: Área de la sección transversal

A : 1600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1)

k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.25

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.259** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.196** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 32.76 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 4.30 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 6.990 t·m $M_{z,d}$: 0.229 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 21333.33 cm³ $W_{el,z}$: 5333.33 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 150.70 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.10

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.261** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$ η : **0.198** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·CLT+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: 0.20 kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: 0.313 t

A: Área de la sección transversal A : 1600.00 cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 32.76 kp/cm² $\sigma_{m,z,d}$: 4.30 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 6.990 t·m $M_{z,d}$: -0.229 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 21333.33 cm³ $W_{el,z}$: 5333.33 cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: 94.19 kp/cm²

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: 168.20 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm² $f_{m,z,d}$: 150.70 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00 $k_{h,z}$: 1.10

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 200.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} \leq 1$$

η : *0.002* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: *0.46* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *0.201* t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : *438.00* cm²

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

η : *0.295* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}^{+}$: *83.01* kp/cm²

$\sigma_{m,y,d,fi}^{-}$: *0.00* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}^{+}$: *4.424* t·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.000* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: *5329.00* cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase**$^{+}$: *Larga duración*

Clase^{-} : *Permanente*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.108** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^{+}$: 0.00 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d,fi}^{-}$: 33.33 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.000 t·m

$M_{z,d}^{-}$: 0.146 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$: 438.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$: 309.48 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Permanente

Clase^{-} : Larga duración

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: 1.10

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h_{fi} : 60.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.028** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi}$: 0.88 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.172 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 438.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.911** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N295, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi}$: 28.84 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 5.642 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 438.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : *0.370* ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : *0.314* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}$: *83.01* kp/cm² ; $\sigma_{m,z,d,fi}$: *33.33* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *4.424* t·m ; $M_{z,d}$: *0.146* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: *5329.00* cm³ ; $W_{el,z,fi}$: *438.00* cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm² ; $f_{m,z,d,fi}$: *309.48* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,y,fi}$: *1.00* ; $k_{h,z,fi}$: *1.10*

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : *0.373* ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d,fi}}{f_{t,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$ η : *0.317* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N296, para la combinación de acciones PP+CLT+PAVIMENTO+MURO+0.7·USO.

Donde:

$\sigma_{t,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d,fi}$: *0.46* kp/cm²

$$\sigma_{t,0,d,fi} = N_{t,0,d} / A_{fi}$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *0.201* t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : *438.00* cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d,fi}$: *83.01* kp/cm² ; $\sigma_{m,z,d,fi}$: *33.33* kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *4.424* t·m ; $M_{z,d}$: *-0.146* t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y,fi}$: *5329.00* cm³ ; $W_{el,z,fi}$: *438.00* cm³

$f_{t,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d,fi}$: *193.43* kp/cm²

$$f_{t,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,fi}$: *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *168.20* kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d,fi}$: *281.35* kp/cm² ; $f_{m,z,d,fi}$: *309.48* kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad $k_{mod,fi}$: *1.00*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: $k_{h,y,fi}$: *1.00* ; $k_{h,z,fi}$: *1.10*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h_{fi} : *60.00* mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material $\gamma_{M,fi}$: *1.00*

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio k_{fi} : *1.15*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N295/N296	η = 0.2	N.P.[1]	x: 0.85 m η = 23.9	x: 0.85 m η = 2.9	η = 2.5	x: 0 m η = 81.2	N.P.[2]	x: 0.85 m η = 25.9	x: 0.85 m η = 26.1	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 81.2**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

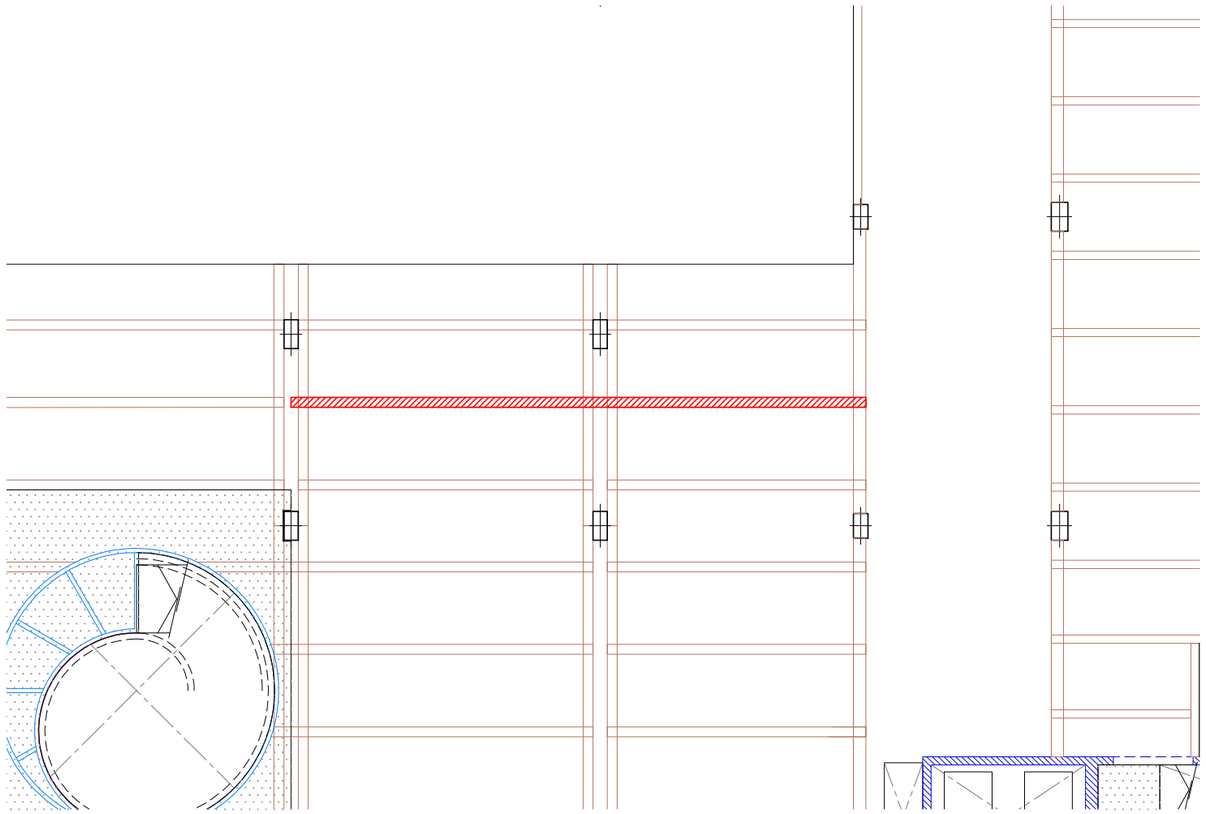
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N295/N296	η = 0.2	N.P.[1]	x: 0.85 m η = 29.5	x: 0.85 m η = 10.8	η = 2.8	x: 0 m η = 91.1	N.P.[2]	x: 0.85 m η = 37.0	x: 0.85 m η = 37.3	N.P.[3]	N.P.[4]	**CUMPLE η = 91.1**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

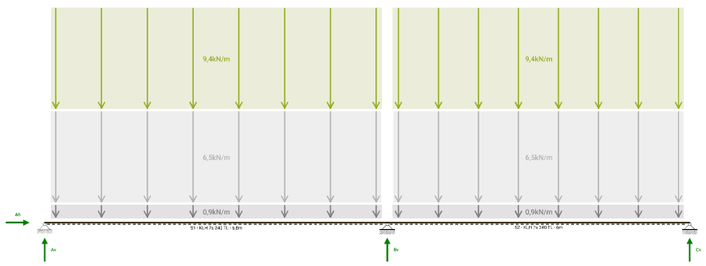
BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

Proyecto: CORREA-HALL_2VANOS



Norma de diseño
DB-SE-M:2009

RESULTADOS

ELU		
M	84%	S2
N	0%	S2
M+N	84%	S2
V	52%	S1
Estabilidad	**84%**	**S2**

M (incendio)	69%	S2
N (incendio)	0%	S2
M+N (incendio)	69%	S2
V (incendio)	33%	S1
Estabilidad (incendio)	69%	S2

ELS		
Apariencia	46%	S1
Evitar daños	41%	S1

MÁXIMA REACCIÓN DE APOYO

	g_k		n_k		s_k		w_k		F_d
	min	max	min	max	min	max	min	max	
A_H (1) [kN]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A_V (1) [kN]	19,79	19,79	27,92	-2,78	-	-	-	-	68,59 3)
B_V (2) [kN]	58,79	58,79	74,7	-	-	-	-	-	191,42 3)
C_V (3) [kN]	16,11	16,11	25,05	-4,58	-	-	-	-	59,33 3)

VIBRACIÓN			
f_1 [Hz]	7,74		
a_{rms} [m/s²]	65% 0,048	VCL I	S2
w_{stat} [mm/kN]	20% 0,16	VCL I	S1

TENSIONES Y DEFORMACIONES

Elemento		N_d		V_d		M_d		w_{inst}		w_{fin}		$w_{net,fin}$	
ID	Superficie	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
		[kN]		[kN]		[kNm]		[mm]		[mm]		[mm]	
CS 1 **S1 1-2** REI 90	KLH 7s 240 DL	-	-	-99,36 5)	68,59 5)	-118,79 5)	97,54 5)	-0,04	61% 9,31	-	62% 12,45	-	62% 12,45
	Madera Madera	-	-	-49,91 5)	33,75 5)	-59,66 5)	47,04 5)						
CS 1 **S2 2-3** REI 90	KLH 7s 240 DL	-	-	-59,33 5)	92,06 5)	-118,79 5)	72,94 5)	-0,58	56% 5,63	-0,48	60% 7,38	-0,48	60% 7,38
	Madera Madera	-	-	-28,64 5)	46,24 5)	-59,66 5)	33,9 5)						

1) permanente (k_{mod}=0,6) 2) larga (k_{mod}=0,7) 3) media (k_{mod}=0,8) 4) corto (k_{mod}=0,9) 5) corto/ muy corto (k_{mod}=1,0) 6) muy corto (k_{mod}=1,1)

PARÁMETROS DE LOS MATERIALES

Material	$f_{m,k}$ [N/mm²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm²]	$f_{t,90,k}$ [N/mm²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm²]	$f_{c,90,k}$ [N/mm²]	$f_{v,k}$ [N/mm²]	$f_{v,R,k}$ [N/mm²]	$E_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{0,mean}$ [N/mm²]	$G_{90,mean}$ [N/mm²]
KLH (C24)	24	16,5	0,12	24	2,7	2,7	1,2	12.000	690	50

NODO

ID	X [m]	Z [m]	Apoyo	Orientación	Bisagra	Cargado
1	0	0	perno	0°	no	no
2	6,8	0	rodillo	0°	no	no
3	12,8	0	rodillo	0°	no	no

SECCIONES TRANSVERSALES

ID	Tipo de panel	Material	Efecto de carga	capa de recubrimiento	B/H	Incendio
					[m]	
A	KLH 7s 240 DL	KLH (C24)	como viga	transversal (Y)	0,68	sí

SECCIONES TRANSVERSALES - INCENDIOS

ID	Exposición a los incendios		Duración del incendio	Superficie 1	Superficie 2
			[min]		
A	2	W2	90	Superficie de madera	Superficie de madera

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS

ID		EJ [kNm²]	GA [kN]	GJ_T [kNm²]	J_{net} [m⁴]	W_{net} [m³]	A_{net} [m²]
A	y	3329,28	11.016	1126,4	2,77E-4	3,08E-3	0,08
	z	37.731,84	55.080		3,14E-3	9,25E-3	

SECCIONES TRANSVERSALES - VALORES CARACTERÍSTICOS - INCENDIO

ID		EJ_{fi} [kNm²]	GA_{fi} [kN]	$GJ_{T,fi}$ [kNm²]	$J_{net,fi}$ [m⁴]	$W_{net,fi}$ [m³]	$A_{net,fi}$ [m²]
A	y	288,09	10.426,33	676,82	2,09E-5	3,05E-4	0,03
	z	17.573,6	27.132		1,27E-3	3,75E-3	

ELEMENTOS

ID	Nodo inicial	Nodo final	Sección transversal	Longitud [m]	L_{ref} [m]	CS
S1	1	2	A	6,8	6,8	CS 1
S2	2	3	A	6	6	CS 1

ELEMENTOS - ESTABILIDAD

ID		L_k [m]	L_{ef} [m]	k_c	k_{crit}	$k_{c,fi}$	$k_{crit,fi}$
S1	y	6,8	6,8	0,27	1	0,05	1
	z	6,8		0,96		0,96	
S2	y	6	6	0,33	1	0,07	1
	z	6		0,97		0,97	

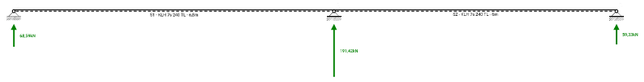
CATEGORÍA DE CARGA

	Categoría de carga	Tipo	Dirección	Duración	k_{mod}	$gamma_{inf}$	$gamma_{sup}$	psi_0	psi_1	psi_2
$g_{1,k}$	Peso proprio	G1	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$g_{2,k}$	Peso proprio	G2	global	permanente	0,6	1	1,35	-	-	-
$n_{A,k}$	Sobrecargas categoria A: zonas residenciales	NA	global	media	0,8	0	1,5	0,7	0,5	0,3

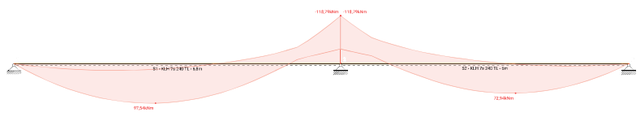
CARGA DISTRIBUIDA

Elemento	G1	G2	NA
ID	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
S1	0,9	6,5	9,4
S2	0,9	6,5	9,4

ELU - tensiones internas - reacción de apoyo

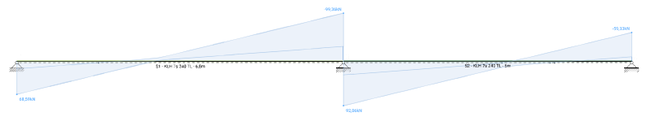


ELU - tensiones internas - flexión (M)



ELU - tensiones internas - tensión axial (N)

ELU - tensiones internas - tensión cortante (V)



ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

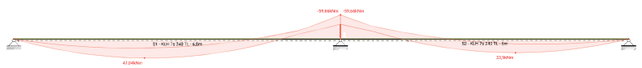
Elemento	M - principal						
ID	x_i	M_d [kNm]	N_d asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	1	-118,79	0	min	0,8	(6.11)	84%
	0,43	97,54	0	max	0,8	(6.11)	69%
S2	0	-118,79	0	min	0,8	(6.11)	84%
	0,61	72,94	0	max	0,8	(6.11)	51%

Elemento	N - principal						
ID	x_i	N_d	M_d asociado	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
		[kN]	[kNm]				
S1	0	0	0	min	0,6	(6.1)	0%
	0	0	0	max	0,6	(6.1)	0%
S2	0	0	-49,25	min	0,6	(6.11)	46%
	0	0	-49,25	max	0,6	(6.11)	46%

Elemento	V - principal						
ID	x_i	V_d [kN]	M_d asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	1	-99,36	-118,79	min	0,8	(6.13)	52%
	0	68,59	0	max	0,8	(6.13)	36%
S2	1	-59,33	0	min	0,8	(6.13)	31%
	0	92,06	-118,79	max	0,8	(6.13)	48%

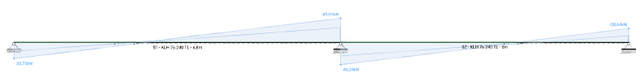
ELU - tensiones internas incendio - reacción de apoyo

ELU - tensiones internas incendio - flexión (M)



ELU - tensiones internas incendio - tensión axial (N)

ELU - tensiones internas incendio - tensión cortante (V)



ELU - TENSIONES INTERNAS INCENDIO - VERIFICACIÓN

Elemento	M - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$M_{d,fi}$ [kNm]	$N_{d,fi}$ asociado [kN]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	1	-59,66	0	min	1,0	(6.11)	69%
		0,4	47,04	0	max	1,0	(6.11)	54%
S2	90	0	-59,66	0	min	1,0	(6.11)	69%
		0,61	33,9	0	max	1,0	(6.11)	39%

Elemento	N - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio	x_i	$N_{d,fi}$	$M_{d,fi}$ asociado	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
	[min]		[kN]	[kNm]				
S1	90	0	0	0	min	1,0	(6.1)	0%
		0	0	0	max	1,0	(6.1)	0%
S2	90	0	0	-36,48	min	1,0	(6.11)	42%
		0	0	-36,48	max	1,0	(6.11)	42%

Elemento	V - principal (incendio)							
ID	Duración del incendio [min]	x_i	$V_{d,fi}$ [kN]	$M_{d,fi}$ asociado [kNm]	min / max	k_{mod}	Ecuación EC5	Explotacion
S1	90	1	-49,91	-59,66	min	1,0	(6.13)	33%
		0	33,75	0	max	1,0	(6.13)	22%
S2	90	1	-28,64	0	min	1,0	(6.13)	19%
		0	46,24	-59,66	max	1,0	(6.13)	30%

ELS - deformaciones - w_{inst}

ELS - deformaciones - w_{fin}

ELS - deformaciones - $w_{net,fin}$

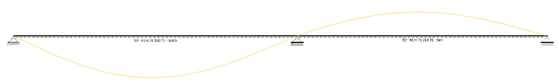
ELS - DEFORMACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento	$w_{inst} = w_{char.(G+Q)}$							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/300	22,67	0,97	-0,04	0,47	9,31	41%
S2	0,6	L/300	20	0,18	-0,58	0,54	5,63	28%

Elemento	$w_{fin} = w_{inst} + w_{creep}$							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/200	34	1	-	0,47	12,45	37%
S2	0,6	L/200	30	0,14	-0,48	0,54	7,38	25%

Elemento	w_{netFin}							
ID	k_{def}	Limit	w_{grenz} [mm]	x_i	min [mm]	x_i	max [mm]	Util.
S1	0,6	L/250	27,2	1	-	0,47	12,45	46%
S2	0,6	L/250	24	0,14	-0,48	0,54	7,38	31%

ELS - vibraciones - f_1



f_1: 7,74 Hz

ELS - VIBRACIONES

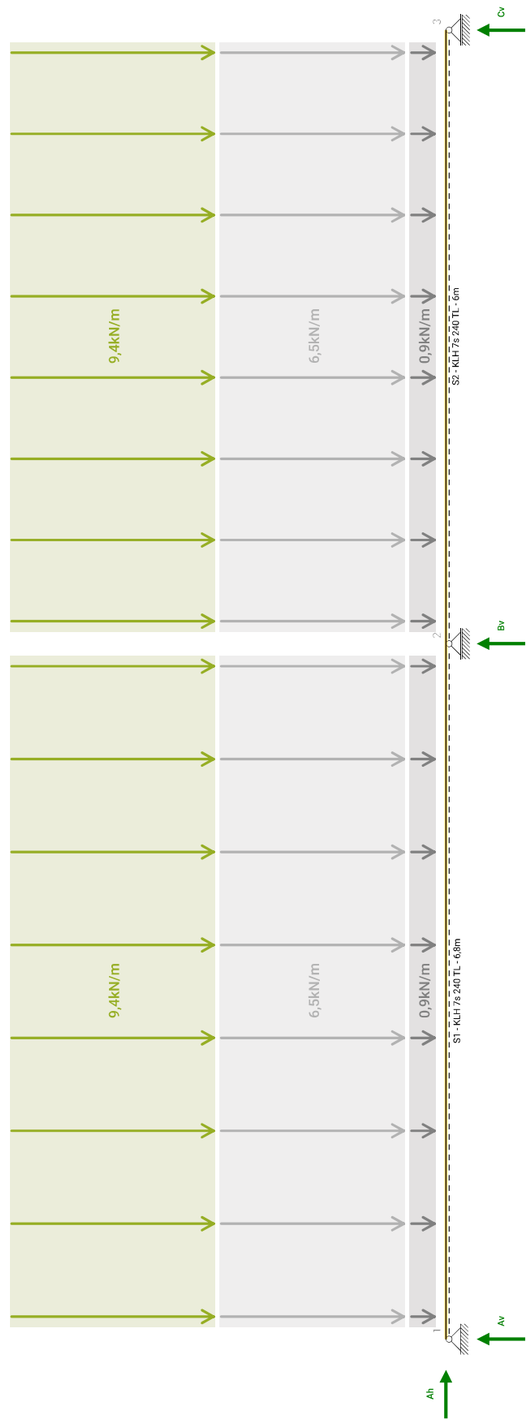
1. frecuencia natural total del sistema	Masa modal total del sistema	Amortiguación total del sistema
[Hz]	[kg]	[%]
7,74	3293,41	4,0

ELS - VIBRACIONES - DETALLES

Elemento ID	VCL	Amortiguación	Distribución transversal		Construcción del suelo		
			b_{floor}	b_F	Tipo	Solado	Altura
		[%]	[m]	[m]			[m]
S1	VCL I	4,0	0,0	1,00	solado con relleno	Sí	0,10
S2	VCL I	4,0	0,0	1,00	solado con relleno	Sí	0,10

ELS - VIBRACIONES - VERIFICACIÓN

Elemento ID	VCL	a_{rms} [m/s²]	w_{stat} [mm/kN]	f_{lim} [Hz]	f_{min} [Hz]	a_{lim} [m/s²]	w_{lim} [mm/kN]	Utilización
S1	VCL I	0,048	0,16	8	4,5	0,05	0,25	96%
S2	VCL I	0,048	0,12	8	4,5	0,05	0,25	96%



KLH 7s 240 TL

PARED (AMBOS LADOS)

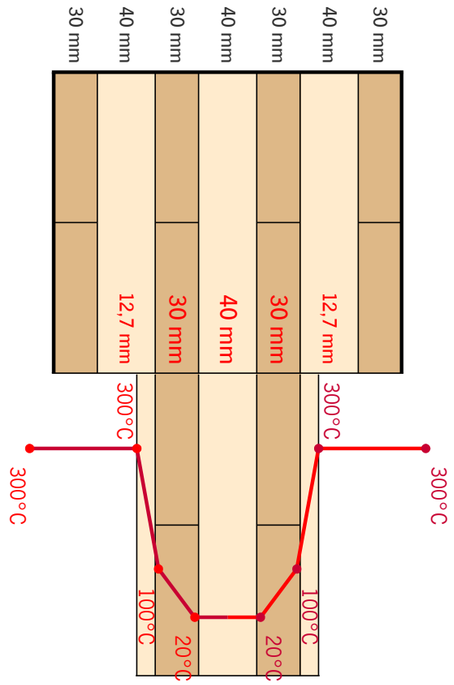
DURACIÓN DE EXPOSICIÓN AL FUEGO

90 Minutos

SUPERFICIE

Superficie de madera

Superficie de madera



CONDICIONES ESTRUCTURALES DE CANTOS (TAB. A)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$N_{t,0,Rk}$	849	776	62,15	58,22	kN
2	$N_{t,0,m,Rk}$	1.359	1.129	68,36	84,5	kN
3	$N_{c,0,Rk}$	1.235	1.129	62,15	58,22	kN
4	$N_{c,loc,Rk}$	1.880	1.750	139,67	144,78	kN
5	$N_{c,90,Rk}$	1.426	1.069	142,56	106,9	kN
6	$N_{c,2.73,Rk}$	548	297	36,98	8,63	kN
7	$N_{c,2.95,Rk}$	524	280	35,29	8,05	kN
8	$N_{c,3.50,Rk}$	473	246	31,67	6,7	kN
9	$N_{c,5.00,Rk}$	266	0	18,74	0	kN
10	$N_{xy,KF,Rk}$	266		21,47		kN
11	$V_{TR,Rk}$	305	225	28,36	22,5	kN

CONDICIONES ESTRUCTURALES DE PLACAS (TAB. B)

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$M_{c,Rk}$	3.022	1.238	191	33	kNcm
2	$M_{t,Rk}$	2.918	1.235	187	33	kNcm
3	$dM_{EL,Rk}$	-7,82	-0,92	-0,03	0	kNcm/kN
4	V_{Rk}	99,91	165,5	8,24	11,32	kN
5	$V_{RD,Rk}$	128,39	22,76	9,1	0	kN
6	%(EJ)	10	9	7	2	%

VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	D_i	$D_{i,fi,glo}$	$D_{i,fi,loc}$		ORI_i
1	30	0	0	mm	0
2	40	12,7	4,6	mm	90
3	30	30	30	mm	0
4	40	40	40	mm	90
5	30	30	30	mm	0
6	40	12,7	4,6	mm	90
7	30	0	0	mm	0
8	240	125,4	109,2	mm	

CRITERIOS E E I PARA EL TABLERO KLH

La exposición al fuego por ambos lados carece de relevancia para los criterios de barrera física (E) y aislamiento térmico (I).

GRADIENTE DE TEMPERATURA EN TODO EL ELEMENTO (GLOBAL)

	LADO 1	LADO 2	
d_{300}	57,3	57,3	mm
d_{100}	15	15	mm
d_{20}	25	25	mm
beta	0,64	0,64	mm/min

VALORES DE SECCIÓN TRANSVERSAL

	1	5	6	7	8	9
		b = 1m		b = 10 cm		
		X	Y	X	Y	
1	$J_{net,t}$	6.420	3.067	480	81	cm^4
2	$J_{net,c}$	6.419	3.070	480	81	cm^4
3	A_{net}	522	486	43	41	cm^2
4	A_{eff}	1.000	1.254	100	109	cm^2
5	i_{net}	35	25	33	14	mm
6	$e_{s,Ra1}$	61	62	52	54	mm
7	$e_{s,Ra2}$	65	64	57	55	mm

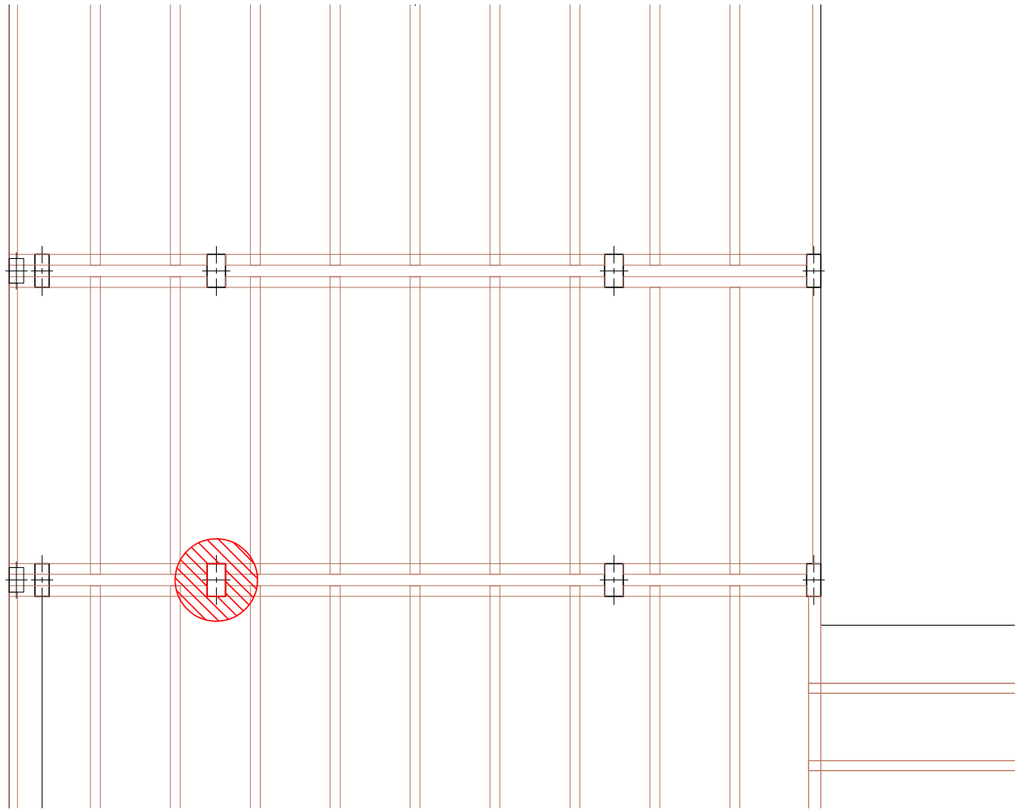
INSTALLATION GUIDELINES SYSTEM KLH

Please note the installation guidlines for the fixing of the selected cladding under:

hacer clic aquí

ANNEX 3
ANEJO 3

VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI
VERIFICACION E.L.U. / E.L.S / INCENDI



FORJAT LABORATORI CLT e=20cm
FORJADO LABORATORIO CLT e=20cm

FORJAT HALL CLT e=30cm
FORJADO HALL CLT e=30cm

BIGA LONGITUDINAL LABORATORI 30x(90-130)
VIGA LONGITUDINAL LABORATORIO 30x(90-130)

NERVI LABORATORI 20x(80) 'T'
NERVIO LABORATORIO 20x(80) 'T'

NERVI HALL 24x(40) 'T'
NERVIO VESTIBULO 20x(80) 'T'

PILAR 13C PLANTA BAIXA
PILAR 13C PLANTA BAJA

ÍNDICE

1. GEOMETRÍA 2
1.1. Barras 2
1.1.1. Materiales utilizados 2
1.1.2. Descripción 2
1.1.3. Características mecánicas 2

2. RESULTADOS 3
2.1. Barras 3
2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo) 3
2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido) 18

1. GEOMETRÍA

1.1. Barras

1.1.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E (kp/cm²)	ν	G (kp/cm²)	α_t (m/m°C)	γ (t/m³)
Tipo	Designación					
Madera	GL24h	118246.7	-	7339.4	0.000005	0.460

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

1.1.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	N2023/N799	N2023/N799	45x80 (PILARS_UPF)	6.000	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

1.1.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N2023/N799

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Madera	GL24h	1	45x80, (PILARS_UPF)	3600.00	3000.00	3000.00	1920000.00	607500.00	1562490.00

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

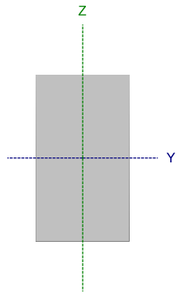
2. RESULTADOS

2.1. Barras

2.1.1. Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N2023/N799

Perfil: 45x80
Material: Madera (GL24h)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N2023	N799	6.000	3600.00	1920000.00	607500.00	1562490.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	6.000	6.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Situación de incendio

Resistencia requerida: R90

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : **0.666** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : **0.676** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : **0.726** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *91.29* kp/cm²

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *328.658* t

A: Área de la sección transversal **A** : *3600.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *137.00* kp/cm²

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : *0.70*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *244.65* kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.25*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: $\chi_{c,y}$: *0.99* $\chi_{c,z}$: *0.92*

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2\right)$$

k_y : *0.59*
k_z : *0.80*

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas β_c : *0.10*

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.42* $\lambda_{rel,z}$: *0.74*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra $E_{0,k}$: *95820.59* kp/cm²

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *244.65* kp/cm²

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *25.98* λ_z : *46.19*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra $L_{k,y}$: *6000.00* mm $L_{k,z}$: *6000.00* mm

i: Radio de giro i_y : *230.94* mm i_z : *129.90* mm

Resistencia a flexión en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : *0.088* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·LLOBREGAT.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *15.46* kp/cm²
$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *11.92* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *7.422* t·m
$M_{y,d}^{-}$: *5.723* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *48000.00* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *176.15* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*
Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.25*

Resistencia a flexión en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : *0.177* ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d}^{+}$: *0.00* kp/cm²
$\sigma_{m,z,d}^{-}$: *24.95* kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: *0.000* t·m
$M_{z,d}^{-}$: *6.737* t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *27000.00* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d}^{+}$: *120.86* kp/cm²
$f_{m,z,d}^{-}$: *141.00* kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod}^{+} : *0.60*
k_{mod}^{-} : *0.70*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : *Permanente*
Clase^{-} : *Larga duración*

Clase de servicio **Clase** : *1*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *244.65* kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.03*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción **h** : *450.00* mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.25*

Resistencia a cortante en el eje y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.045** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: 0.70 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{y,d}$: 1.123 t

A: Área de la sección transversal A : 3600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: 15.41 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

Resistencia a cortante en el eje z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : **0.039** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
1.35·PP+0.8·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·LLOBREGAT.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: 0.77 kp/cm²

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo $V_{z,d}$: 1.237 t

A: Área de la sección transversal A : 3600.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : 0.67

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: 19.82 kp/cm²

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.90

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : **0.128** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : **0.180** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 0.63 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d}$: 24.95 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 0.302 t·m
$M_{z,d}$: 6.737 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 48000.00 cm³
$W_{el,z}$: 27000.00 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm²
$f_{m,z,d}$: 141.00 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00
$k_{h,z}$: 1.03

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
1.35·PP+1.35·FORJADO+1.35·PAVIMENTO+0.8·MURO+1.5·USO.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

η : **0.572** ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

η : **0.624** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

η : **0.804** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \le 1$$

η : **0.906** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: 91.29 kp/cm²

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: 328.658 t

A: Área de la sección transversal A : 3600.00 cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: 0.63 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d}$: 24.95 kp/cm²

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: 0.302 t·m

$M_{z,d}$: 6.737 t·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: 48000.00 cm³

$W_{el,z}$: 27000.00 cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: 137.00 kp/cm²

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: 244.65 kp/cm²

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: 137.00 kp/cm²

$f_{m,z,d}$: 141.00 kp/cm²

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Larga duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 1) k_{mod} : 0.70

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.03

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_h = \min\left\{(600/h)^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción h : 450.00 mm

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.25

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

χ_c: Factor de inestabilidad $\chi_{c,y}$: 0.99

$\chi_{c,z}$: 0.92

Resistencia a cortante y torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}} \le 1$$

η : **0.309** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \le 1$$

η : **0.318** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} \le 1$$

η : **0.440** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·USO.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d,fi}$: 86.98 kp/cm²

$$\sigma_{c0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d,fi}$: 177.969 t

A_{fi}: Área de la sección transversal A_{fi} : 2046.00 cm²

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d,fi}$: 281.35 kp/cm²

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 244.65 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2 y CTE DB SI: E.2)

$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad, dado por:

$\chi_{c,y,fi}$: 0.97

$\chi_{c,z,fi}$: 0.70

$$\chi_{c,fi} = \frac{1}{k_{fi} + \sqrt{k_{fi}^2 - \lambda_{rel,fi}^2}}$$

Donde:

$$k_{fi} = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,fi} - 0.3\right) + \lambda_{rel,fi}^2\right)$$

$k_{y,fi}$: 0.64

$k_{z,fi}$: 1.12

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas — β_c : 0.10

$\lambda_{rel,fi}$: Esbeltez relativa, dada por:

$\lambda_{rel,y,fi}$: 0.51

$\lambda_{rel,z,fi}$: 1.08

$$\lambda_{rel,fi} = \frac{\lambda_{fi}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra — $E_{0,k}$: 95820.59 kp/cm²

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 244.65 kp/cm²

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

λ_{fi}: Esbeltez mecánica, dada por:

$\lambda_{y,fi}$: 31.49

$\lambda_{z,fi}$: 67.05

$$\lambda_{fi} = \frac{L_k}{i_{fi}}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra — $L_{k,y}$: 6000.00 mm

$L_{k,z}$: 6000.00 mm

i_{fi}: Radio de giro — $i_{y,fi}$: 190.53 mm

$i_{z,fi}$: 89.49 mm

Resistencia a flexión en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.041** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·LLOBREGAT.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}^+$: 11.41 kp/cm²

$\sigma_{m,y,d,fi}^-$: 7.50 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo — $M_{y,d}^+$: 2.568 t·m

$M_{y,d}^-$: 1.687 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal — $W_{el,y,fi}$: 22506.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: — $f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga — **Clase** : Corta duración

Clase de servicio — **Clase** : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: — $k_{h,fi}$: 1.00

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

Resistencia a flexión en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.122** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·USO.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,z,d,fi}^{+}$: 0.00 kp/cm²

$\sigma_{m,z,d,fi}^{-}$: 36.55 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{z,d}^{+}$: 0.000 t·m

$M_{z,d}^{-}$: 3.864 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,z,fi}$: 10571.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,z,d,fi}$: 300.55 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase^{+} : Permanente

Clase^{-} : Larga duración

Clase de servicio

Clase : 1

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,fi}$: 1.07

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600 / h_{fi})^{0.1}; 1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción

h_{fi} : 310.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje y - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.022** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·USO.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d,fi}$: 0.70 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: 0.644 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 2046.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a cortante en el eje z - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d,fi}}{f_{v,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.015** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·LLOBREGAT.

Donde:

$\tau_{d,fi}$: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{z,d,fi}$: 0.47 kp/cm²

$$\tau_{d,fi} = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A_{fi} \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{z,d}$: 0.428 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 2046.00 cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas

k_{cr} : 0.67

$f_{v,d,fi}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por:

$f_{v,d,fi}$: 31.65 kp/cm²

$$f_{v,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_{v,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante

$f_{v,k}$: 27.52 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.9 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.7 y CTE DB SI: E.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.115** ✓

$$\eta = k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.135** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones
PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.3·USO+0.5·LLOBREGAT.

Donde:

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$: 11.33 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d,fi}$: 31.95 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: 2.551 t·m
$M_{z,d}$: 3.378 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$: 22506.00 cm³
$W_{el,z,fi}$: 10571.00 cm³

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm²
$f_{m,z,d,fi}$: 300.55 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y,fi}$: 1.00
$k_{h,z,fi}$: 1.07

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.2 y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.2.3 y CTE DB SI: E.2)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2023, para la combinación de acciones PP+FORJADO+PAVIMENTO+MURO+0.5·USO.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.184** ✓

$$\eta = \left(\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{f_{c,0,d,fi}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.220** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.406** ✓

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{\chi_{c,z,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,z,d,fi}}{f_{m,z,d,fi}} \leq 1$$

η : **0.564** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$\sigma_{c,0,d,fi}$: 86.98 kp/cm²

$$\sigma_{c0,d,fi} = |N_{c,0,d,fi}| / A_{fi}$$

Donde:

$N_{c,0,d,fi}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra

$N_{c,0,d,fi}$: 177.969 t

A_{fi}: Área de la sección transversal

A_{fi} : 2046.00 cm²

$\sigma_{m,d,fi}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d,fi}$: 0.95 kp/cm²
$\sigma_{m,z,d,fi}$: 36.55 kp/cm²

$$\sigma_{m,d,fi} = |M_d| / W_{el,fi}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: 0.214 t·m
$M_{z,d}$: 3.864 t·m

$W_{el,fi}$: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y,fi}$: 22506.00 cm³
$W_{el,z,fi}$: 10571.00 cm³

$f_{c,0,d,fi}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por:

$f_{c,0,d,fi}$: 281.35 kp/cm²

$$f_{c,0,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

$k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra

$f_{c,0,k}$: 244.65 kp/cm²

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material

$\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio

k_{fi} : 1.15

$f_{m,d,fi}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d,fi}$: 281.35 kp/cm²
$f_{m,z,d,fi}$: 300.55 kp/cm²

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot k_{h,fi} \cdot f_{m,k} / \gamma_{M,fi}$$

Donde:

$k_{mod,fi}$: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad — $k_{mod,fi}$: 1.00

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión — $f_{m,k}$: 244.65 kp/cm²

$k_{h,fi}$: Factor de altura, dado por: — $k_{h,y,fi}$: 1.00 — $k_{h,z,fi}$: 1.07

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada superiores o iguales 600 mm:

$$k_{h,fi} = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera laminada encolada inferiores a 600 mm:

$$k_{h,fi} = \min\left\{(600/h_{fi})^{0.1};1.1\right\}$$

Donde:

h_{fi}: Canto en flexión o mayor dimensión de la sección en tracción — h_{fi} : 310.00 mm

$\gamma_{M,fi}$: Coeficiente parcial para las propiedades del material — $\gamma_{M,fi}$: 1.00

k_{fi}: Coeficiente de corrección para las propiedades de la madera en situación de incendio — k_{fi} : 1.15

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal — k_m : 0.70

$\chi_{c,fi}$: Factor de inestabilidad — $\chi_{c,y,fi}$: 0.97 — $\chi_{c,z,fi}$: 0.70

Resistencia a cortante y torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE y CTE DB SI: E.2)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

2.1.2. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - TEMPERATURA AMBIENTE											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N2023/N799	N.P.[1]	x: 0 m η = 72.6	x: 0 m η = 8.8	x: 0 m η = 17.7	η = 4.5	η = 3.9	N.P.[2]	x: 0 m η = 18.0	N.P.[3]	x: 0 m η = 90.6	N.P.[4]	**CUMPLE η = 90.6**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-M) - SITUACIÓN DE INCENDIO											Estado
	$N_{t,0,d}$	$N_{c,0,d}$	$M_{y,d}$	$M_{z,d}$	$V_{y,d}$	$V_{z,d}$	$M_{x,d}$	$M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$	$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$	
N2023/N799	N.P.[1]	x: 0 m η = 44.0	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 12.2	η = 2.2	η = 1.5	N.P.[2]	x: 0 m η = 13.5	N.P.[3]	x: 0 m η = 56.4	N.P.[4]	**CUMPLE η = 56.4**

Notación:
$N_{t,0,d}$: Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra
$N_{c,0,d}$: Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra
$M_{y,d}$: Resistencia a flexión en el eje y
$M_{z,d}$: Resistencia a flexión en el eje z
$V_{y,d}$: Resistencia a cortante en el eje y
$V_{z,d}$: Resistencia a cortante en el eje z
$M_{x,d}$: Resistencia a torsión
$M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión esviada
$N_{t,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y tracción axial combinadas
$N_{c,0,d}M_{y,d}M_{z,d}$: Resistencia a flexión y compresión axial combinadas
$M_{x,d}V_{y,d}V_{z,d}$: Resistencia a cortante y torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
[1] La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
[2] La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
[3] La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.
[4] La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

PAU MILLET LOPEZ / num:32622-4 Digitally signed by PAU MILLET LOPEZ / num:32622-4 Date: 2024.07.11 12:58:10 +02'00'

XAVIER RAMONEDA PLANAS / num:32560-0 Digitally signed by XAVIER RAMONEDA PLANAS / num:32560-0 Date: 2024.07.11 13:34:30 +02'00'