

INTRODUCCIÓN Y DIMENSIONADO DE FORJADOS.

A la hora de realizar el replanteo de forjados, es necesario tener en cuenta aspectos como la colocación de aparatos como los conductos de extracción, los bajantes, los huecos de escaleras, zonas de macizado, vuelos...

Partiendo del entendimiento de lo anterior, comenzamos con el dimensionado de la estructura:

-Los pilares, serán de unos 2.9 metros, siendo el canto: $H < H/10 = 290/10 \rightarrow 29$ cm. Por lo que los pilares serían de 29x29 cm.

-Muro de carga-envolvente térmica-medianera. Tendrá un espesor de 44 cm por sus condiciones de portante y envolvente térmica.

- En primer lugar realizaremos el dimensionado del forjado sanitario. Primero calculamos las cargas siguiendo las tablas de los pesos específicos de cada material para las cargas permanentes y las tablas propias para el peso propio y la sobrecarga:

-Peso propio: 3 KN/m^2 .

-Cargas permanentes: Lecho de arena de 3 cm: $14 \text{ KN/m}^3 \times 0.03 \text{ m} \rightarrow 0.42 \text{ KN/m}^2$.

Mortero de agarre de 1 cm: $15 \text{ KN/m}^3 \times 0.01 \text{ m} \rightarrow 0.15 \text{ KN/m}^2$.

Baldosa cerámica (25x25x1) cm $\rightarrow 1.1 \text{ KN/m}^2$.

-Sobrecarga: Uso 2 KN/m^2 y 1 KN/m^2 de tabiquería

Elemento	Peso
Forjados	kN / m^2
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total $< 0.12 \text{ m}$	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total $< 0.28 \text{ m}$	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total $< 0.30 \text{ m}$	4
Forjado bidireccional, grueso total $< 0.35 \text{ m}$	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0.20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3.0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total $< 0.09 \text{ m}$	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total $< 0.14 \text{ m}$	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total $< 0.25 \text{ m}$	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m^2
Lámina pegada o moqueta; grueso total $< 0.03 \text{ m}$	0.5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total $< 0.08 \text{ m}$	1.0
Placas de piedra, o peldaño; grueso total $< 0.15 \text{ m}$	1.5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m^2
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1.0
Faldones de placas, teja o pizarra	2.0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3.0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1.5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2.5
Rellenos	kN / m^3
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación

Materiales y elementos	Peso kN/m^2	Materiales y elementos	Peso kN/m^2
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado		Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80
tarima de 20 mm y rastrel	0,40		

Hormigones y morteros	
Hormigón ligero	9,0 a 20,0
Hormigón normal ⁽¹⁾	24,0
Hormigón pesado	$> 28,0$
Mortero de cemento	19,0 a 23,0
Mortero de veso	12,0 a 28,0
Mortero de cemento y cal	18,0 a 20,0
Mortero de cal	12,0 a 18,0

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trásteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Además se añadirá un KN por ser un residencial y tener tabiquerías.

$$Q_T = (3+1.67+3) \rightarrow 7.67 \text{ KN/m}^2. \text{ (Sin mayorar).}$$

Una vez calculadas las cargas, pasamos al cálculo del canto mínimo.

$$H_{\min} = S_1 \times S_2 \times L / C$$

$$S_1 = \sqrt[4]{(Q/7)} \rightarrow S_1 = \sqrt[4]{(7.67/7)} \rightarrow S_1 = 1.05 \quad Q = 7.67 \text{ KN/m}^2$$

$$S_2 = (L/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = (4.2/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = 0.915 \quad L = 4.2 \text{ m y } C = 23$$

$$H_{\min} = 1.05 \times 0.915 \times (4.2/23) \rightarrow H_{\min} = 0.175 \text{ como mínimo } \approx 0.18 \text{ m}$$

De modo que el canto de la viga plana es $C > L/20 \rightarrow 420/20 = 21 \text{ cm}$,

siendo el grosor de mi forjado de 21+5 en este caso. Como sabemos que la viga va a ser plana, porque no buscamos escalones en el techo mediante las vigas de cuelgue, seguimos la siguiente fórmula.

El canto ya lo tenemos averiguado, que es de 21 cm, y ahora calculamos el ancho $L/10 \rightarrow 420/10 = 42 \text{ cm}$

De manera que nuestras vigas planas serán de 21x42cm, aunque por motivos estructurales y de diseño estarán diseñadas para ser de 22x25 cm. Por lo que el grosor de mi forjado sería de 22+5, un total de 27 cm.

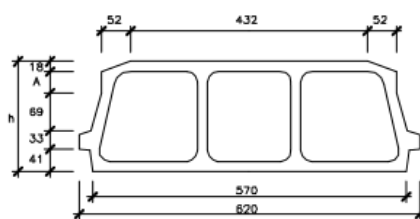
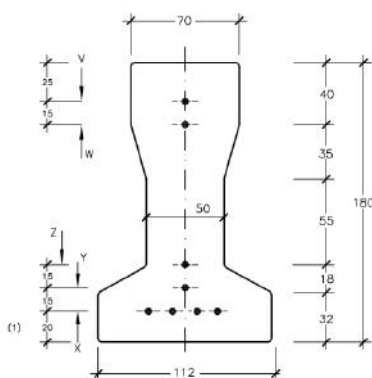
Escogeremos la vigueta pretensada que será la T-18.

El bloque aligerante será una bovedilla de 200mm de grosor, con una altura h=200mm

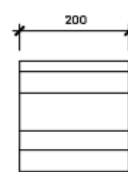
Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas (*)	Con tabiques o muros	36	—	—
	Cubiertas	45	—	—

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el



SECCION TRANSVERSAL



ALZADO LATERAL

COTAS (mm)		PESO (kN/ud)
h	A	
200	39	0.16
220	59	0.17
250	89	0.19
270	109	0.20
300	139	0.22

Ahora pasamos los KN/m² que soporta el forjado a KN/m para el cálculo de momentos y poder conocer el tipo exacto, multiplicando por el ancho de influencia de la vigueta, que es de 0.7 m y para mayorarlas, tendremos que multiplicarlos por el coeficiente de 1.5

$$7.67 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \rightarrow 5.37 \text{ KN/m (q sin mayorar)}$$

$$7.67 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \times 1.5 \rightarrow 8.05 \text{ KN/m (q mayorada)}$$

Para el cálculo de momentos cogemos la luz más desfavorable aunque tengamos dos, y unificaremos el forjado.

$$M^+ = q \times L^2 / 11.6 \rightarrow 8.05 \times 4.2^2 / 11.6 \rightarrow M^+ = 12.24 \text{ KN/m}$$

7. FLEXION POSITIVA								
TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (kN·m/m)	ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO				RIGIDEZ (EI)		Módulo resistente inferior (6) Sección homogeneizada (cm ³ /m)
		M ₀ (kN·m/m) (1)	M ₀ [*] (kN·m/m) (2)	M _{0.2} (kN·m/m) (3)	M _{fis} (kN·m/m) (4)	Sección fisurada (MN·m ² /m) (5)	Sección homogeneizada (6)	
		FORJADO : 22 + 4 / 70						
T-18-2	16.06	10.41	10.38	12.22	15.28	0.439	11.426	1983.1
T-18-3	22.07	14.94	14.68	17.44	19.85	0.621	11.508	2000.5
T-18-4	27.65	18.62	18.26	21.77	23.57	0.779	11.578	2015.3
T-18-5	35.57	20.75	21.02	24.86	25.73	0.921	11.615	2025.2
T-18-6	40.60	23.64	23.90	28.35	28.64	1.052	11.671	2037.5
T-18-7	45.97	27.01	27.16	32.37	32.06	1.201	11.739	2052.1
T-18-8	51.65	30.80	30.74	36.85	35.88	1.369	11.819	2069.2

Siendo mi vigueta según el momento positivo del tipo T-18-2, ya que 12.24 < 16.06 KN/m

$$M^- = M^+ / 4 = 12.24 / 4 \rightarrow 3.06 \text{ KN/m}$$

8. FLEXION NEGATIVA (VALORES POR METRO)										
FORJADO: 22 + 4 / 70										
REFUERZO SUPERIOR POR VIGUETA	ESTADO LÍMITE ÚLTIMO				ESTADOS LÍMITE DE FISURACIÓN				RIGIDEZ FISURADA	
	MOMENTO ULTIMO (kN·m/m)				SECCION TIPO				SECCION TIPO (MN·m ² /m) (5)	SECCION MACIZADA (MN·m ² /m) (5)
	SECCION TIPO		SECCION MACIZADA		M ₀₁ (kN·m/m) (1)	M ₀₂ (kN·m/m) (2)	M ₀₃ (kN·m/m) (3)	M ₀₄ (kN·m/m) (4)		
	B-400S	B-500S	B-400S	B-500S	(1)	(2)	(3)	(4)		
1 Ø8	4.13 *	5.24 *	4.04	5.09	3.60	7.20	10.81	12.47	0.651	0.732
1 Ø10	6.65 *	8.54	6.39	8.09	5.40	10.80	12.94	14.43	0.958	1.109
2 Ø8	8.82	11.48	8.33	10.60	8.81	13.32	15.84	18.59	1.197	1.412
1 Ø12	10.00	13.14	9.37	11.94	7.51	12.63	14.70	16.95	1.299	1.549
1Ø8+1Ø10	11.76	15.72	10.83	13.86	10.09	14.03	17.02	20.27	1.463	1.764
2 Ø10	15.19	21.40	13.48	17.38	12.17	15.87	20.06	24.59	1.725	2.120
1Ø8+1Ø12	15.93	22.32	14.02	18.11	11.77	14.99	18.61	22.54	1.765	2.179
1Ø10+1Ø12	20.33	25.90	16.81	21.93	12.55	16.76	21.54	26.69	2.008	2.523
2 Ø12	24.56	30.15	20.45	27.09	13.55	19.13	25.43	32.13	2.290	2.934
1Ø8+1Ø16	26.82	32.82	23.02	30.92	13.06	17.97	23.53	29.48	2.439	3.170
1Ø10+1Ø16	29.57	36.00	26.38	36.25	13.80	19.73	26.40	33.48	2.647	3.489
1Ø12+1Ø16	32.82	39.62	30.92	43.93	14.77	22.01	30.10	38.59	2.889	3.872
2 Ø16	40.38	47.57	44.95	55.74	17.48	28.35	40.18	52.39	3.460	4.817
2 Ø20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Según las tablas mi vigueta necesitaría un refuerzo de un redondo de diámetro 8mm de B-500S, ya que 3.06 < 5.24 KN/m

- En segundo lugar realizaremos el dimensionado del forjado de primera planta. Primero calculamos las cargas siguiendo las tablas de los pesos específicos de cada material para las cargas permanentes y las tablas propias para el peso propio y la sobrecarga:

-Peso propio: Forjado unidireccional: luces de hasta 5 metros y grueso < 0.28m = 3KN/m².

-Cargas permanentes: Tendido de yeso de 2 cm: 15KN/m³ x 0.02m → 0.3 KN/m².

Lecho de arena de 3 cm: 14KN/m³ x 0.03 m → 0.42 KN/m².

Mortero de agarre de 1 cm: 15 KN/m³ x 0.01 m → 0.15 KN/m².

Baldosa cerámica (25x25x1) cm → 1.1 KN/m².

-Sobrecarga: Uso: 2 KN/m².

Tabiquería: 1 KN/m².

Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas(*)	Con tabiques o muros	36	—	—
	Cubiertas	45	—	—

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el

$$Q_T = (3+1.97+3) \rightarrow 7.97 \text{ KN/m}^2. \text{ (Sin mayorar).}$$

Una vez calculadas las cargas, pasamos al cálculo del canto mínimo.

$$H_{\min} = S_1 \times S_2 \times L / C$$

$$S_1 = \sqrt[4]{(Q/7)} \rightarrow S_1 = \sqrt[4]{(7.97/7)} \rightarrow S_1 = 1.07 \quad Q = 7.97 \text{ KN/m}^2$$

$$S_2 = (L/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = (4.2/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = 0.915 \quad L = 4.2 \text{ m y } C = 21$$

$$H_{\min} = 1.07 \times 0.915 \times (4.2/21) \rightarrow H_{\min} = 0.196 \text{ como mínimo } \approx 0.2 \text{ m}$$

De manera que nuestras vigas planas serán de 21x42cm, aunque por motivos estructurales y de diseño estarán diseñadas para ser de 22x25 cm. Por lo que el grosor de mi forjado sería de 22+5, un total de 27 cm.

Ahora pasamos los KN/m² que soporta el forjado a KN/m para el cálculo de momentos y poder conocer el tipo exacto, multiplicando por el ancho de influencia de la vigueta, que es de 0.7 m y para mayorarlas, tendremos que multiplicarlos por el coeficiente de 1.5

$$7.97 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \rightarrow 5.58 \text{ KN/m (q sin mayorar)}$$

$$7.97 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \times 1.5 \rightarrow 8.37 \text{ KN/m (q mayorada)}$$

Para el cálculo de momentos cogemos la luz más desfavorable aunque tengamos dos, y unificaremos el forjado.

$$M^+ = q \times L^2 / 11.6 \rightarrow 8.37 \times 4.2^2 / 11.6 \rightarrow M^+ = 12.72 \text{ KN/m}$$

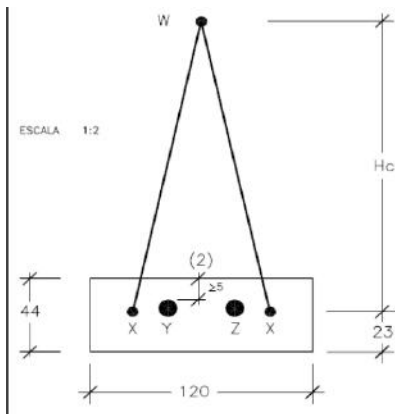
7. FLEXION POSITIVA (POR METRO)							
TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN·m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (MN·m ² /m)	TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (MN·m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (MN·m ² /m)
	ACERO				ACERO		
	B-400S	B-500S			B-400S	B-500S	
V - 1	-----	-----	0.85	2V - 1	-----	16.38*	1.65
V - 2	-----	13.62	1.21	2V - 2	-----	23.10	2.34
V - 3	-----	16.72	1.49	2V - 3	-----	28.33	2.87
V - 4	-----	20.68	1.84	2V - 4	-----	34.96	3.53
V - 5	-----	23.90	2.14	2V - 5	-----	40.35	4.08
V - 6	-----	25.46	2.26	2V - 6	-----	42.94	4.30
V - 7	-----	27.78	2.47	2V - 7	-----	46.81	4.69
V - 8	-----	31.75	2.81	2V - 8	-----	53.39	5.32
V - 9	-----	32.48	2.86	2V - 9	-----	54.60	5.41
V - 10	-----	36.41	3.19	2V - 10	-----	61.08	6.02
V - 11	-----	41.17	3.59	2V - 11	-----	68.90	6.74
V - 12	-----	44.22	3.80	2V - 12	-----	73.86	7.12
V - 13	-----	48.04	4.11	2V - 13	-----	80.07	7.68
V - 14	-----	52.68	4.48	2V - 14	-----	87.58	8.34
V - 15	-----	64.35	5.40	2V - 15	-----	106.27	9.96

Siendo mi vigueta según el momento positivo del tipo V-2, ya que 12.72 < 13.62 KN/m

$$M^- = M^+ / 4 = 12.72 / 4 \rightarrow 3.18 \text{ KN/m}$$

TIPO DE VIGUETA	REFUERZO INFERIOR POR VIGUETA	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS				ESTADOS	
		MOMENTO ÚLTIMO (KN·m/m)		CORTANTE ÚLTIMO -EHE- (KN/m) (5)		M ₀₁ (KN·m/m) (1)	k _f
		B-400S	B-500S	S/Tipo	S/Macizada		
V - 1	---	4.48*	6.35*	29.66	59.14	3.61	
V - 2	1Ø6	7.82	9.75	29.66	64.79	4.44	
V - 3	1Ø8	9.79	12.21	29.66	68.22	4.86	
V - 4	1Ø10	12.29	15.32	29.66	71.96	5.22	
V - 5	2Ø8	14.32	17.83	29.66	68.19	6.43	
V - 6	1Ø12	15.31	19.06	29.66	75.84	5.92	
V - 7	1Ø8+1Ø10	16.80	20.91	29.66	68.07	7.17	
V - 8	2Ø10	19.27	23.97	29.66	71.91	7.94	
V - 9	1Ø8+1Ø12	19.79	24.61	29.66	67.92	8.15	

8. FLEXION NEGATIVA (POR METRO)			
REFUERZO SUPERIOR POR VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN·m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (MN·m ² /m)
	FORJADO 22 + 4 / 70		
	SECCION TIPO	SECCION MACIZADA	
1Ø8	5.89*	6.00	0.68
1Ø10	9.05*	9.31	0.99
2Ø8	11.52	11.95	1.24
1Ø12	12.78	13.32	1.35
1Ø8+1Ø10	14.52	15.22	1.52
2Ø10	17.48	18.52	1.79



Mi vigueta quedaría así:

W=1 redondo de 8 mm de B - 400 S

X= 2 redondos de 6 mm B-500S

Y= 1 redondo de 6 mm B-500S

TIPO DE VIGUETA	X n Ø	Y n Ø	Z n Ø	W n Ø
V - 1	2 Ø 6	-----	-----	1 Ø 6
V - 2	2 Ø 6	1 Ø 6	-----	1 Ø 6
V - 3	2 Ø 6	1 Ø 8	-----	1 Ø 6
V - 4	2 Ø 6	1 Ø 10	-----	1 Ø 6

Como mi forjado es de 22+5 (h+c), e tiene que medir unos 24 cm, siendo d de 21 cm.

La pieza de entrevigado será una bovedilla cerámica cuyas dimensiones serán de h = 20 y un grosor de 20 cm

1. VIGUETA		FORJADO		COTAS cm		FORJADO		COTAS cm	
h+c	d	h+c	d	d	e	h+c	d	d	e
17+4	15	18	25+5	24	27				
20+4	18	21	27+4	25	28				
22+4	20	23	27+5	26	29				
22+5	21	24	30+4	28	31				
25+4	23	26	30+5	29	32				

2. PIEZA DE ENTREVIGADO		COTAS en cm			
h	A	B	C	D	
17	39	8	10	4,5	
20	39	8	13	4,5	
22	39	8	15	4,5	
25	39	8	18	4,5	
27	39	8	20	4,5	
30	39	8	20	4,5	

- En tercer lugar realizaremos el dimensionado del forjado de la segunda planta/cubierta 1. Primero calculamos las cargas siguiendo las tablas de los pesos específicos de cada material para las cargas permanentes y las tablas propias para el peso propio y la sobrecarga:

-Peso propio: Forjado unidireccional: luces de hasta 5 metros y grueso $0.28m=3KN/m^2$.

-Cargas permanentes: Tendido de yeso de 2 cm: $15KN/m^3 \times 0.02m \rightarrow 0.3 KN/m^2$.

Cubierta plana $\rightarrow 1.5 KN/m^2$.

-Sobrecarga: Uso: $2 KN/m^2$.

Nieve: $0.2 KN/m^2$.

$$Q_T = (3+1.8+2.2) \rightarrow 6 KN/m^2. \text{ (Sin mayorar).}$$

Una vez calculadas las cargas, pasamos al cálculo del canto mínimo.

$$H_{min} = S_1 \times S_2 \times L / C$$

$$S_1 = \sqrt[4]{(Q/7)} \rightarrow S_1 = \sqrt[4]{(6/7)} \rightarrow S_1 = 0.926$$

$$Q = 6KN/m^2$$

$$S_2 = (L/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = (4.2/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = 0.915$$

$$L = 4.2 \text{ m y } C = 21$$

$$H_{min} = 0.926 \times 0.915 \times (4.2/21) \rightarrow H_{min} = 0.169 \text{ como mínimo } \approx 0.17 \text{ m}$$

De manera que nuestras vigas planas serán de 21x42cm, aunque por motivos estructurales y de diseño estarán diseñadas para ser de 22x25 cm. Por lo que el grosor de mi forjado sería de 22+5, un total de 27 cm.

Ahora pasamos los KN/m^2 que soporta el forjado a KN/m para el cálculo de momentos y poder conocer el tipo exacto, multiplicando por el ancho de influencia de la vigueta, que es de 0.7 m y para mayorarlas, tendremos que multiplicarlos por el coeficiente de 1.5

$$6 KN/m^2 \times 0.7 \rightarrow 4.2 KN/m \text{ (q sin mayorar)}$$

$$6 KN/m^2 \times 0.7 \times 1.5 \rightarrow 6.3KN/m \text{ (q mayorada)}$$

Para el cálculo de momentos cogemos la luz más desfavorable aunque tengamos dos, y unificaremos el forjado.

Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas (*)	Con tabiques o muros	36	---	---
	Cubiertas	45	---	---

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el

$$M^+ = q \times L^2 / 11.6 \rightarrow 6.3 \times 4.2^2 / 11.6 \rightarrow M^+ = 9.58 \text{ KN/m}$$

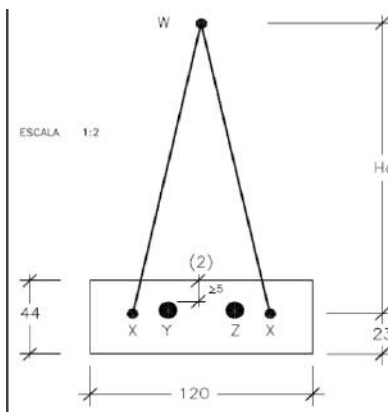
7. FLEXION POSITIVA			(POR METRO)				
TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN-m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (KN-m ² /m)	TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN-m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (KN-m ² /m)
	ACERO				FORJADO 22 + 4 / 82D		
	B-400S	B-500S			B-400S	B-500S	
V - 1	9.64*	9.64*	0.85	2V - 1	16.38*	1.65	
V - 2	13.62	13.62	1.21	2V - 2	23.10	2.34	
V - 3	16.72	16.72	1.49	2V - 3	28.33	2.87	
V - 4	20.68	20.68	1.84	2V - 4	34.96	3.53	
V - 5	23.90	23.90	2.14	2V - 5	40.35	4.08	
V - 6	25.46	25.46	2.26	2V - 6	42.94	4.30	
V - 7	27.78	27.78	2.47	2V - 7	46.81	4.69	
V - 8	31.75	31.75	2.81	2V - 8	53.39	5.32	
V - 9	32.48	32.48	2.86	2V - 9	54.60	5.41	
V - 10	36.41	36.41	3.19	2V - 10	61.08	6.02	
V - 11	41.17	41.17	3.59	2V - 11	68.90	6.74	
V - 12	44.22	44.22	3.80	2V - 12	73.86	7.12	
V - 13	48.04	48.04	4.11	2V - 13	80.07	7.68	
V - 14	52.68	52.68	4.48	2V - 14	87.58	8.34	
V - 15	64.35	64.35	5.40	2V - 15	106.27	9.96	

Siendo mi vigueta según el momento positivo del tipo V-1, ya que $9.58 < 9.64 \text{ KN/m}$

$$M^- = M^+ / 4 = 9.58 / 4 \rightarrow 2.4 \text{ KN/m}$$

TIPO DE VIGUETA	REFUERZO INFERIOR POR VIGUETA	ESTADOS LIMITE ÚLTIMOS				ESTADOS	
		MOMENTO ÚLTIMO (KN-m/m)		CORTANTE ÚLTIMO (KN/m)		M _{D1} (KN-m/m) (1)	K
		B-400S	B-500S	S/Tipo	S/Macizada		
V - 1	---	4.48*	6.35*	29.66	59.14	3.61	
V - 2	1Ø6	7.82	9.75	29.66	64.79	4.44	
V - 3	1Ø8	9.79	12.21	29.66	68.22	4.86	
V - 4	1Ø10	12.29	15.32	29.66	71.96	5.22	
V - 5	2Ø8	14.32	17.83	29.66	68.19	6.43	
V - 6	1Ø12	15.31	19.06	29.66	75.84	5.92	
V - 7	1Ø8+1Ø10	16.80	20.91	29.66	68.07	7.17	
V - 8	2Ø10	19.27	23.97	29.66	71.91	7.94	
V - 9	1Ø8+1Ø12	19.79	24.61	29.66	67.92	8.15	

8. FLEXION NEGATIVA				(POR METRO)	
REFUERZO SUPERIOR POR VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN-m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (KN-m ² /m)	FORJADO 22 + 4 / 70	
	ACERO			SECCION TIPO	SECCION MACIZADA
	B-400S	B-500S			
1Ø8	5.89*	6.00	0.68		
1Ø10	9.05*	9.31	0.99		
2Ø8	11.52	11.95	1.24		
1Ø12	12.78	13.32	1.35		
1Ø8+1Ø10	14.52	15.22	1.52		
2Ø10	17.48	18.52	1.79		



Mi vigueta quedaría así:

W=1 redondo de 8 mm de B - 400 S

X= 2 redondos de 6 mm B-500S

Y= no necesitaría, aunque pondré un redondo de 6mm B-500S por seguridad

TIPO DE VIGUETA	X n Ø	Y n Ø	Z n Ø	W n Ø
V - 1	2 Ø 6	---	---	1 Ø 6
V - 2	2 Ø 6	1 Ø 6	---	1 Ø 6
V - 3	2 Ø 6	1 Ø 8	---	1 Ø 6
V - 4	2 Ø 6	1 Ø 10	---	1 Ø 6

Como mi forjado es de 22+5 (h+c), e tiene que medir unos 24 cm, siendo d de 21 cm.

La pieza de entrevigado será una bovedilla cerámica cuyas dimensiones serán de h = 20 y un grosor de 20 cm

1. VIGUETA		FORJADO					
SECCION TRANSVERSAL	ALZADO DE LA CELOSIA	COTAS cm			COTAS cm		
		h+c	d	e	h+c	d	e
		17+4	15	18	25+5	24	27
		20+4	18	21	27+4	25	28
		22+4	20	23	27+5	26	29
		22+5	21	24	30+4	28	31
		25+4	23	26	30+5	29	32

2. PIEZA DE ENTREVIGADO		COTAS en cm				
SECCION TRANSVERSAL	ALZADO LATERAL	h	A	B	C	D
				17	39	8
		20	39	8	13	4,5
		22	39	8	15	4,5
		25	39	8	18	4,5
		27	39	8	20	4,5
		30	39	8	20	4,5

- En último lugar realizaremos el dimensionado del forjado del castillete. Primero calculamos las cargas siguiendo las tablas de los pesos específicos de cada material para las cargas permanentes y las tablas propias para el peso propio y la sobrecarga:

-Peso propio: Forjado unidireccional: luces de hasta 5 metros y grueso < 0.28m = 3KN/m².

-Cargas permanentes: Faldones de tejas sobre tabiques palomeros: 3 KN/m

Tendido de yeso de 2 cm: 15KN/m³ x 0.02m → 0.3 KN/m².

-Sobrecarga: Uso: 1 KN/m².

Nieve: 0.2 KN/m².

$$Q_T = (3 + 3.3 + 1.2) \rightarrow 7.5 \text{ KN/m}^2 \text{ (Sin mayorar).}$$

Una vez calculadas las cargas, pasamos al cálculo del canto mínimo.

$$H_{\min} = S_1 \times S_2 \times L / C$$

$$S_1 = \sqrt{Q/7} \rightarrow S_1 = \sqrt{7.5/7} \rightarrow S_1 = 1.035 \quad Q = 7.5 \text{ KN/m}^2$$

$$S_2 = (L/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = (4.2/6)^{1/4} \rightarrow S_2 = 0.915 \quad L = 4.2 \text{ m y } C = 21$$

$$H_{\min} = 1.035 \times 0.915 \times (4.2/21) \rightarrow H_{\min} = 0.189 \text{ como mínimo } \approx 0.19 \text{ m}$$

Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas (*)	Con tabiques o muros	36	—	—
	Cubiertas	45	—	—

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el

De manera que nuestras vigas planas serán de 21x42cm, aunque por motivos estructurales y de diseño estarán diseñadas para ser de 22x25 cm. Por lo que el grosor de mi forjado sería de 22+5, un total de 27 cm.

Ahora pasamos los KN/m² que soporta el forjado a KN/m para el cálculo de momentos y poder conocer el tipo exacto, multiplicando por el ancho de influencia de la vigueta, que es de 0.7 m y para mayorarlas, tendremos que multiplicarlos por el coeficiente de 1.5

$$7.5 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \rightarrow 5.25 \text{ KN/m (q sin mayorar)}$$

$$7.5 \text{ KN/m}^2 \times 0.7 \times 1.5 \rightarrow 7.875 \text{ KN/m (q mayorada)}$$

Para el cálculo de momentos cogemos la luz más desfavorable aunque tengamos dos, y unificaremos el forjado.

$$M^+ = q \times L^2 / 11.6 \rightarrow 7.875 \times 4.2^2 / 11.6 \rightarrow M^+ = 11.97 \text{ KN/m}$$

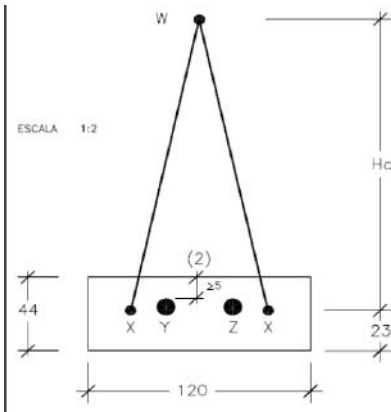
7. FLEXION POSITIVA (POR METRO)							
TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN-m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (KN-m ² /m)	TIPO DE VIGUETA	MOMENTO ULTIMO (KN-m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (KN-m ² /m)
	ACERO				ACERO		
	B-400S	B-500S			B-400S	B-500S	
V - 1	9.04	13.62	0.85	2V - 1	16.38*	1.65	
V - 2	13.62	13.62	1.21	2V - 2	23.10	2.34	
V - 3	16.72	13.62	1.49	2V - 3	28.33	2.87	
V - 4	20.68	13.62	1.84	2V - 4	34.96	3.53	
V - 5	23.90	13.62	2.14	2V - 5	40.35	4.08	
V - 6	25.46	13.62	2.26	2V - 6	42.94	4.30	
V - 7	27.78	13.62	2.47	2V - 7	46.81	4.69	
V - 8	31.75	13.62	2.81	2V - 8	53.39	5.32	
V - 9	32.48	13.62	2.86	2V - 9	54.60	5.41	
V - 10	36.41	13.62	3.19	2V - 10	61.08	6.02	
V - 11	41.17	13.62	3.59	2V - 11	68.90	6.74	
V - 12	44.22	13.62	3.80	2V - 12	73.86	7.12	
V - 13	48.04	13.62	4.11	2V - 13	80.07	7.68	
V - 14	52.68	13.62	4.48	2V - 14	87.58	8.34	
V - 15	64.35	13.62	5.40	2V - 15	106.27	9.96	

Siendo mi vigueta según el momento positivo del tipo V-2, ya que 11.97 < 13.62 KN/m

$$M^- = M^+ / 4 = 11.97 / 4 \rightarrow 3 \text{ KN/m}$$

TIPO DE VIGUETA	REFUERZO INFERIOR POR VIGUETA	ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS				ESTADOS	
		MOMENTO ÚLTIMO (KN·m/m)		CORTANTE ÚLTIMO -EHE- (KN/m)		M ₀₁ (KN·m/m) (1)	(k)
		B-400S	B-500S	S/Tipo	S/Macizada		
V - 1	---	4.48*	6.35*	29.66	59.14	3.61	
V - 2	1 Ø 6	7.82	9.75	29.66	64.79	4.44	
V - 3	1 Ø 8	9.79	12.21	29.66	68.22	4.86	
V - 4	1 Ø 10	12.29	15.32	29.66	71.96	5.22	
V - 5	2 Ø 8	14.32	17.83	29.66	68.19	6.43	
V - 6	1 Ø 12	15.31	19.06	29.66	75.84	5.92	
V - 7	1Ø8+1Ø10	16.80	20.91	29.66	68.07	7.17	
V - 8	2 Ø 10	19.27	23.97	29.66	71.91	7.94	
V - 9	1Ø8+1Ø12	19.79	24.61	29.66	67.92	8.15	

8 FLEXION NEGATIVA (POR METRO)		FORJADO 22 + 4 / 70	
ACERO B-400S	MOMENTO ULTIMO (KN·m/m)		RIGIDEZ EN SECCION FISURADA (MN·m ² /m)
REFUERZO SUPERIOR POR VIGUETA	SECCION TIPO	SECCION MACIZADA	
1 Ø 8	5.89*	6.00	0.68
1 Ø 10	9.05*	9.31	0.99
2 Ø 8	11.52	11.95	1.24
1 Ø 12	12.78	13.32	1.35
1Ø8+1Ø10	14.52	15.22	1.52
2 Ø 10	17.48	18.52	1.79



Mi vigueta quedaría así:

W=1 redondo de 8 mm de B - 400 S

X= 2 redondos de 6 mm B-500S

Y= 1 redondo de 6 mm B-500S

TIPO DE VIGUETA	X n Ø	Y n Ø	Z n Ø	W n Ø
V - 1	2 Ø 6	---	---	1 Ø 6
V - 2	2 Ø 6	1 Ø 6	---	1 Ø 6
V - 3	2 Ø 6	1 Ø 8	---	1 Ø 6
V - 4	2 Ø 6	1 Ø 10	---	1 Ø 6

Como mi forjado es de 22+5 (h+c), e tiene que medir unos 24 cm, siendo d de 21 cm.

La pieza de entrevigado será una bovedilla cerámica cuyas dimensiones serán de h = 20 y un grosor de 20 cm

1. VIGUETA		FORJADO			
h+c	d	e	h+c	d	e
17+4	15	18	25+5	24	27
20+4	18	21	27+4	25	28
22+4	20	23	27+5	26	29
22+5	21	24	30+4	28	31
25+4	23	26	30+5	29	32

2. PIEZA DE ENTREVIGADO		COTAS en cm				
h	A	B	C	D		
17	39	8	10	4,5		
20	39	8	13	4,5		
22	39	8	15	4,5		
25	39	8	18	4,5		
27	39	8	20	4,5		
30	39	8	20	4,5		

Ahora una vez calculados los forjados de cad planta, pasamos a calcular el mallazo de reparto y los negativos que serán comunes a todas las plantas, la cuantía mínima de las vigas(cantidad de hierro en una determinada cara) y los pilares y el recubrimiento nominal, que serán iguales en todas las vigas al unificar el criterio en el tipo de estas, 22x25cm:

El mallazo de reparto, será una malla electrosoldable de acero corrugado de 20x20 de redondos de 6 mm de diámetro.

La longitud de los negativos:

$$L_{n_{ext}} = (L/10) + b_{vigueta} = (4.2/10) + 0.25 \rightarrow L_{n_{ext}} = 0.67, \text{ es decir unos } 0.7 \text{ metros}$$

-Cálculo de la cuantía mínima en pilares, con un tipo de 29x29, como calculamos al principio:

Tabla 42.3.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón ⁽¹⁾.

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400\text{N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500\text{N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas ⁽¹⁾		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾		3,3	2,8
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(1) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.

Pilares → Cuantía : $(4/1000) \times (29 \times 29) = 3.364 \text{ cm}^2$.

Nos vamos a la tabla y seleccionamos el número de redondos y el grosor de estos según la cuantía nos lo exija. Intentaré escoger siempre redondos no superiores a 16 para evitar problemas con el diámetro de los áridos del hormigón, y en esta ocasión un número par de redondos.

DIÁMETRO NOMINAL en mm	MASA NOMINAL en Kg/m	SECCIÓN DE ACERO "A" EN cm ² SEGÚN NÚMERO DE BARRAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,7	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	0,5	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11
20	2,47	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,31	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	80,42
40	9,86	12,57	25,13	37,7	50,27	62,83	75,4	87,96	100,53	113,1	125,66

Escogeré 4 redondos de diámetro 12 mm para armar el pilar ya que $3.364 < 4.52 \text{ cm}^2$.

-Cálculo de la cuantía mínima en vigas, teniendo en cuenta que en la cara superior que es la parte a compresión, se tomará el 30% de la cara a tracción (opuesta) :

Tabla 42.3.5. Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón ⁽¹⁾.

Tipo de elemento estructural		Tipo de acero	
		Aceros con $f_y = 400\text{N/mm}^2$	Aceros con $f_y = 500\text{N/mm}^2$
Pilares		4,0	4,0
Losas ⁽¹⁾		2,0	1,8
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾		3,3	2,8
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

(1) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.

Vigas cara a tracción (inferior) → Cuantía : $(3.3/1000) \times (22 \times 25) = 1.815 \text{ cm}^2$.

Vigas cara a compresión (superior) → Cuantía 30% de $1.815 \text{ cm}^2 \rightarrow 0.54 \text{ cm}^2$.

Nos vamos a la tabla y seleccionamos el número de redondos y el grosor de estos según la cuantía nos lo exija. Intentaré escoger siempre redondos no superiores a 16 para evitar problemas con el diámetro de los áridos del hormigón, y en esta ocasión un número par de redondos.

DIÁMETRO NOMINAL en mm	MASA NOMINAL en Kg/m	SECCIÓN DE ACERO "A" EN cm ² SEGÚN NÚMERO DE BARRAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,7	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	0,5	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,5	6,28	7,07	7,85
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,1	20,11
20	2,47	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,31	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,3	64,34	72,38	80,42
40	9,86	12,57	25,13	37,7	50,27	62,83	75,4	87,96	100,53	113,1	125,66

Escogeré 2 redondos de diámetro 6 mm para armar la viga por la parte superior ya que $0.54 < 0.57 \text{ cm}^2$ y 2 redondos de diámetro 12 mm para armar la viga por la parte inferior ya que $1.815 < 2.26 \text{ cm}^2$.

-Por último hallamos el recubrimiento nominal:

Δr Margen de recubrimiento en función del nivel de control de ejecución:

- 0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución
- 5 mm en el caso de E. in situ con nivel intenso de control de ejecución
- 10 mm en el resto de los casos

Recubrimientos mínimos (mm) para clases generales de exposición I y II				
Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm ²]	Vida útil de proyecto (tg). (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
II a	CEM I	$f_{ck} \geq 40$	10	20
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
	Otros tipos de cementos o empleo de adiciones al hormigón	$f_{ck} \geq 40$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
II b	CEM I	$f_{ck} \geq 40$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$f_{ck} \geq 40$	20	30

En piezas hormigonadas contra el terreno el recubrimiento mínimo es de 7 cm

Siendo $R_{\min} = 25$ y $A_r = 10 \text{ mm}$

$$R_{\text{nom}} = R_{\min} + A_r \rightarrow R_{\text{nom}} = 25 + 10 \rightarrow 35 \text{ mm}$$

Por último en esta parte también la práctica de dimensionado de escalera.