



ANEJO 11: CIMENTACIÓN



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO

1.2 NORMATIVA

2. CÁLCULOS

2.1 PILAS

2.1.1 ELU

2.1.1.1 DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

2.1.1.2 DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

2.1.2 ELS

2.2 ZAPATAS

2.2.1 ELU

2.2.1.1 DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

2.2.1.2 DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

2.2.2 ELS

3. CONCLUSIÓN



1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El presente anejo abarcará los cálculos sobre las cimentaciones de hormigón armado para ambas pasarelas, para ello mostraremos los pasos a seguir y las fórmulas en las que nos hemos basado para ello.

1.2 NORMATIVA

Nos basaremos en la instrucción de hormigón estructural "EHE-08"

2. CÁLCULOS

2.1 PILA

Dimensiones:

b	0,5 m
h	0,5 m

Materiales utilizados:

fck	25Mpa
fyk	500Mpa

Y nos encontraremos en un ambiente Ila, correspondiente a una humedad alta.

Los esfuerzos en la pila en situación persistente:

	<u>ELU</u>
Med	556,47kNm
Ned	278,235 kN

	ELS
Med	375,65kNm
Ned	187,82kN



Anejo 11: Cimentación

2.1.1 ELU

2.1.1.1 DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN SIMPLE

Según el artículo 37.2.4 tenemos que al ser un elemento ejecutado in situ con control normal un margen de recubrimiento de 10 mm.

Según la tabla 37.2.4.1.b tenemos un recubrimiento mínimo para la clase IIa de 25 mm

$$r_{nom} = r_{min} + A_r = 35 \text{ mm}$$

$$r_{mec} = 0,043 \text{ m}$$

$$d = 0,25 - 0,043 = 0,205 \text{ m} \quad d' = r_{mec} = 0,043 \text{ m}$$

$$f_{cd} = 25/1,5 = 16,66 \text{ Mpa} \quad f_{yd} = 500/1,5 = 435 \text{ Mpa}$$

ϵ_s	0,00217391
x_{lim}	0,28190421

A partir de los siguientes datos obtenemos una **zona C**:

$M1(x_{lim})$	646,948211
$M2(x_{lim})$	131,107422
$N_c(-\infty)$	0
$M_c(-\infty)$	0
$M1c(-\infty)$	0
$M2c(-\infty)$	0

Y tenemos la siguiente armadura superior e inferior:

A_s	0,00378362
$A_{s'}$	0
x	0,22110854



Anejo 11: Cimentación

A continuación para obtener las armaduras mínimas nos basaremos en el artículo 42 de la EHE.

Mecánicos	As	0,00038333
Geométricos	As	0,0007
	As'	0,00021

Como conclusión nos quedamos con la cantidad de armadura más desfavorable:

ARMADURA A DISPONER				
As	0,00378362	m2	37,8361572	cm2
As'	0,00021	m2	2,1	cm2

Colocaremos 8 barras de 25 mm (8 ϕ 25) para la armadura a tracción As y colocaremos barras de 8 mm (5 ϕ 8) para la armadura a compresión As'.

2.1.1.2 DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

Colocaremos la armadura mínima transversal a cortante según el artículo 44.2.3.4.1 de la EHE:

Armadura mínima transversal		
A α	7,31004E-05	m2/m

Separación máxima		
st	155,25	
st1<=	155,25	mm
st2<=	124,2	mm
st3<=	62,1	mm
st,trans<=	207	mm
st=	0,15525	
ϕ t	0,002687914	m
nºramas	2	

Obtendremos una armadura mínima a cortante de ϕ t10/0,16 (m)



Anejo 11: Cimentación

2.1.2 ELS

En primer lugar procedemos a calcular el momento de fisuración:

MOMENTO DE FISURACIÓN:

Mcr	58,7804232	mKN	NO FISURA
* para momentos de cálculo positivos			

SEPARACIÓN MEDIA ENTRE FISURAS

sm (mm)	151,976326
c (m)	0,027
s (m)	0,138
k1	0,125

Obtenemos que la zapata no fisura en estado límite de servicio, por lo tanto, cumple.

Calculamos el alargamiento medio de las armaduras:

ALARGAMIENTO MEDIO DE LAS ARMADURAS

* CONSIDERANDO FLEXION SIMPLE (N=0)		
$Se(x)-Ae(x)*(v1-x)=0$	\longrightarrow	$Se(x)-Ae(x)*x=0$
$Ae(x)=bx+n(A's+As)$	\longrightarrow	x=0,13824975 m
a	0,25	
b	0,052405889	
c	-0,012023349	

x1	0,138249746(m)		
x2	-0,347873301(m)		
lgeh(x)=	0,003099424	(m ⁴)	
σs=	-35,23109623	(Mpa)	
$\epsilon_{sm} = (\sigma_s/E_s)(1-K_2(M_{cr}/M_{calculo})^2$		\geq	0,4(σs/Es)

$$3,66158E-05 \geq 7,0462E-05$$

k2	*coger el mayor =		7,0462E-05
CARGA	1		
INST			
RESTO	0,5		



Anejo 11: Cimentación

Y a continuación calculamos la abertura característica de la fisura:

ABERTURA CARACTERÍSTICA DE FISURA					
β		$W_k=\beta \cdot s_m \cdot \epsilon_{sm}$		0,018204595	(mm)
ACC INDIRECT	1,3		$w_k < w_{max}$	CUMPLE	
RESTO	1,7	$w_{max} =$	0,3		
Wmax					
CLASE EXP	HA				
lia	0,3				

Y por último comprobamos que nos de valores aceptables la tensión máxima del hormigón:

TENSIÓN MÁXIMA EN EL HORMIGÓN		
$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck,j}$		CUMPLE
$\sigma_c = (M_{pp}/I_{g,eh}) \cdot x =$	13,24767828	(Mpa)
*Mpp compinación poco probable		
$0,6 \cdot f_{ck}$	15	

2.1.3 LONGITUD DE ANCLAJE

LONGITUDES DE ANCLAJE				
$L_{b,net} = \delta \cdot \beta \cdot m \cdot A_s / A_{s,real}$	578,093201	mm	0,5780932	m

Obtenida a partir de los siguientes datos:

Datos	
fck	25
fyk	500
As	0,00378362
As,real	0,003927
Posición	I
Tipo de anclaje	prolongación recta
Estado tensional	tracción
δ	1
β	1
m	1,5
ϕ	20



Anejo 11: Cimentación

2.2 ZAPATA

Dimensiones:

b	5 m
H	0,8 m

Materiales utilizados:

fck	25Mpa
fyk	500Mpa

Obtenemos los mismos datos utilizados para el dimensionamiento de la pila:

$$r_{nom} = r_{min} + A_r = 35 \text{ mm} \quad r_{mec} = 0,043 \text{ m}$$

$$d = 0,25 - 0,043 = 0,205 \text{ m} \quad d' = r_{mec} = 0,043 \text{ m}$$

$$f_{cd} = 25/1,5 = 16,66 \text{ Mpa} \quad f_{yd} = 500/1,5 = 435 \text{ Mpa}$$

	ELS
Med	375,65kNm
Ned	187,82kN

	ELU
Med	556,47kNm
Ned	278,235 kN

Obtenemos una distribución triangular para ELU

$$\sigma_1 = \frac{N^*}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot M^*}{b^2 \cdot a}$$

$$\sigma_2 = \frac{N^*}{a \cdot b} - \frac{6 \cdot M^*}{b^2 \cdot a}$$

Para ELU: $\sigma_1 = 189,2$ y $\sigma_2 = -77$

Para evitar el despegue de la zapata, colocaremos escorrela sobre ella, para así también disminuir el impacto visual que puede ocasionar la zapata.

Para ELS: $\sigma_1 = 127,72$ y $\sigma_2 = -52,6$



Anejo 11: Cimentación

Para simplificar cogeremos los siguientes valores:

	<u>ELU</u>
Med	556,47kNm
Ned	0 kN
Ved	278,235 kN

2.2.1 ELU

2.2.1.1 DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN

Para la determinación de la zona primero obtenemos los siguientes valores:

ϵ_s	0,00217391
x_{lim}	0,46696169

Obtenemos una zona de dimensionamiento C:

Hormigón	
$c > 0$	
$M1(x_{lim})$	17751,2473
$M2(x_{lim})$	4476,12893
$Nc(-\infty)$	0
$Mc(-\infty)$	0
$M1c(-\infty)$	0
$M2c(-\infty)$	0

Y obtenemos la siguiente armadura superior e inferior:

	ZONA C
A_s	0,00170081
A_s'	0
x	0,01107555



Anejo 11: Cimentación

A continuación para obtener las armaduras mínimas nos basaremos en el artículo 42 de la EHE.

Armadura mínima		
Mecánicos	0,00613333	As
Geométricos	0,0112	As
	0,00336	As'

Como conclusión dispondremos la siguiente armadura:

ARMADURA A DISPONER				
As	0,0112	m2	112	cm2
As'	0,00336	m2	33,6	cm2

Colocaremos 9 barras de 40 mm (9 ϕ 40) para la armadura a tracción y 7 barras de 25 mm (7 ϕ 25) para la armadura a compresión de la zapata.

2.2.1.2 DIMENSIONAMIENTO A CORTANTE

Según el siguiente artículo 44.2.3.2.1.2, obtenemos los siguientes valores:

Comprobaciones	
Vd<Vu1	CUMPLE
Vd<Vu2	

ξ	1,51400466
ρ_1	0,00297476
f _{cv}	25
β	1
β_1	1
β_2	1
σ'_{cd}	0
z	0,6813
f _{yad}	400
sen α	1
f _{ctm}	0,87720532

Influencia del axil (K)	
k	1
	1
	1
	1,25
	2,5



Anejo 11: Cimentación

Vcu	1118,554362	
Vsu=Vd-Vcu	-840,3193622	No contribuye armadura transversal
Aα	-0,003083514	m2/m
Vsu	398,426657	

Observamos como la armadura no contribuye, con lo que procederemos a colocar la armadura mínima exigida por la EHE-08.

A continuación obtenemos la siguiente armadura mínima transversal:

Armadura mínima transversal		
Aα	0,001462009	m2/m

Separación máxima		
st	567,75	
st1<=	567,75	mm
st2<=	450	mm
st3<=	227,1	mm
st,trans<=	500	mm
st=	0,5	
φt	0,021572454	m
nºramas	2	

Obtenemos una armadura a cortante de φt10/0,10 (m)



Anejo 11: Cimentación

2.2.2 ELS

En primer lugar procedemos a calcular el momento de fisuración:

MOMENTO DE FISURACIÓN:

Mcr	1367,98076	mKN	NO FISURA
-----	------------	-----	------------------

SEPARACIÓN MEDIA ENTRE FISURAS

sm (mm)	644,059593
c (m)	0,0305
s (m)	0,819
k1	0,125

Obtenemos que la zapata no fisura en estado límite de servicio, por lo tanto, cumple.

Calculamos el alargamiento medio de las armaduras:

ALARGAMIENTO MEDIO DE LAS ARMADURAS

* CONSIDERANDO FLEXION SIMPLE (N=0)		
Se(x)-Ae(x)*(v1-x)=0	→	Se(x)-Ae(x)*x=0
Ae(x)=bx+n(A's+As)	→	x=0,07597461 m
Se(x)=-0,5bx² · n(A's d' + As d)		

a	2,5	
b	0,108170686	
c	-0,022648579	
x1	0,075974611	(m)
x2	-0,119242885	(m)
Igeh(x)=	0,012511636	(m ⁴)
σs=	-18,64686598	(Mpa)

$\epsilon_{sm} = (\sigma_s / E_s)(1 - K_2(M_{cr} / M_{calculo})^2)$	\geq	0,4(σs/Es)
-0,039907879	\geq	3,7294E-05
k2	*coger el mayor =	
		3,7294E-05

CARGA	1
INST	
RESTO	0,5

Y a continuación calculamos la abertura característica de la fisura:



Anejo 11: Cimentación

ABERTURA CARACTERÍSTICA DE FISURA

β				$W_k=\beta \cdot s_m \cdot \epsilon_{sm}$		0,040832956		(mm)	
ACC INDIRECT	1,3	wk<wmax			CUMPLE				
RESTO	1,7	wmax =	0,3						
Wmax									
CLASE EXP	HA								
lia	0,3								

Y por último la tensión máxima en el hormigón:

TENSIÓN MÁXIMA EN EL HORMIGÓN	
$\sigma_c \leq 0,6 \cdot f_{ck,j}$	CUMPLE
$\sigma_c = (M_{pp}/I_{g,eh}) \cdot x =$	1,803477971 (Mpa)
*Mpp compinación poco probable	
$0,6 \cdot f_{ck}$	15



3. CONCLUSIÓN

Obtenemos una cimentación de HA-25 y acero B500S con las siguientes dimensiones:

Las zapatas: 5 x 5 x 0,8 metros.

- Armadura a flexión: $A_s' = 9\phi 40$, $A_s = 8\phi 25$
- Armadura a cortante: $\phi t 10 / 0,10 \text{ m}$

La pila: 0,5 x 0,5 x 1 metros

- Armadura a flexión: $8\phi 25$, $5\phi 8$
- Armadura a cortante: $\phi t 10 / 0,16 \text{ m}$