

## ANEJO Nº 3 CÁLCULO CIMENTACIONES

Contenido

**ANEJO Nº 3 CÁLCULO CIMENTACIONES ..... 1**

**1 OBJETO ..... 3**

**2 DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIONES ..... 3**

**3 BASES DE CÁLCULO ..... 4**

3.1 NORMATIVA ..... 4

3.2 MATERIALES ..... 4

3.2.1 HORMIGÓN ARMADO ..... 4

3.2.2 ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS B500S ..... 4

3.3 ACCIONES ..... 4

3.3.1 COMBINACIÓN DE ACCIONES..... 4

**4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO ENCEPADOS ..... 5**

4.1 ENCEPADOS..... 5

4.1.1 ENCEPADO LATERAL..... 5

4.1.1.1 COMBINACIÓN CASI PERMANENTE..... 5

4.1.1.2 COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA ..... 7

4.1.2 ENCEPADO CENTRAL ..... 9

4.1.2.1 COMBINACIÓN CASI PERMANENTE..... 9

4.1.2.2 COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA ..... 11

**5 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO PILOTES..... 13**

5.1 CÁLCULO..... 13

5.1.1 TOPE ESTRUCTURAL ..... 13

5.1.2 CARGA DE HUNDIMIENTO ..... 13

5.1.2.1 RESISTENCIA POR PUNTA ..... 13

5.1.2.2 RESISTENCIA POR FUSTE..... 14

5.1.3 COMPROBACIÓN SEGURIDAD ESTRUCTURAL ..... 14

5.2 RESULTADOS PILOTE CENTRAL..... 15

5.2 RESULTADOS PILOTE LATERAL..... 16

5.4 DIMENSIONAMIENTO..... 17

## 1 OBJETO

El presente anejo responde a la necesidad de definir las cimentaciones de la pasarela, teniendo en cuenta las solicitaciones que le afecten.

Se incluirán todos los cálculos y comprobaciones necesarias para su diseño, garantizando la estabilidad y resistencia desde un punto de vista geotécnico.

Todas las comprobaciones se han realizado de acuerdo a la normativa vigente.

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA CIMENTACIONES

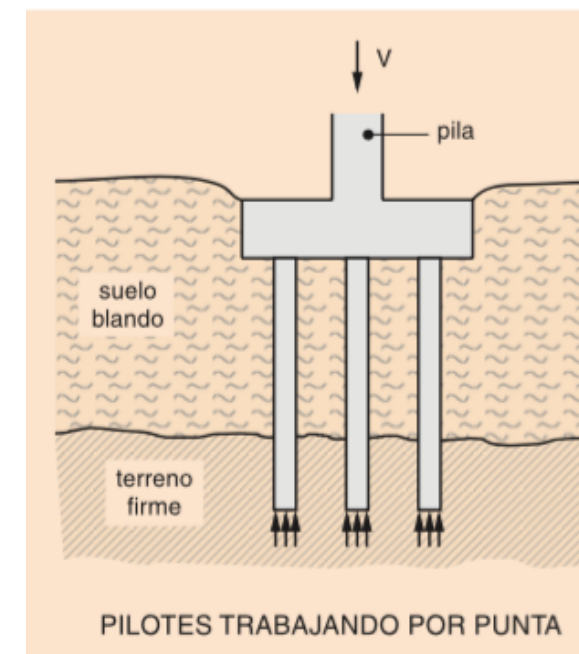
Se ha optado por la elección de cimentaciones profundas por pilotes, debido en primer lugar, a la proximidad de muros de hormigón que delimitan el barranco ya que si se ejecutarán cimentaciones superficiales tendrían una profundidad menor que la base de los muros y esto podría provocar un empuje horizontal.

En segundo lugar y según indica el estudio geotécnico, se deberían disponer pilares de gran altura desde las zapatas hasta la base de la pasarela, debido a que la cota de cimentación indicada es de -2,5 m y luego habría que añadirle a esta 1 metro de relleno.

Por último se podrían producir problemas de socavación debido a la rotura de muros de hormigón que protegen actualmente del agua.

Los pilotes serán de hormigón armado perforados in situ, con un diámetro de 650mm y una longitud necesaria para resistir los esfuerzos que estén sometidos.

Se considera una clase de exposición ambiental tipo IIa+Qa para aquellos elementos que puedan entrar en contacto con el nivel freático, como es el caso de cimentaciones profundas.



3 BASES DE CÁLCULO

3.1 NORMATIVA

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera IAP-2011
- Guía de cimentaciones en obras de carretera (GCOC-2009)
- Instrucción de hormigón estructural EHE-08

3.2 MATERIALES

3.2.1 HORMIGÓN ARMADO

Empleado para el encepado y los pilotes “in situ”.

- |  |  |
|--|--|
| ▪ Módulo de elasticidad secante a 28 días  | $E_{cm}=27.264 \text{ MPa}$                          |
| ▪ Módulo de elasticidad tangente a 28 días | $E_m=32.035 \text{ MPa}$                             |
| ▪ Coeficiente de Poisson                   | $\nu=0.2$  |
| ▪ Coeficiente de dilatación térmica        | $\alpha=1\cdot10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ |
| ▪ Peso específico                          | $25 \text{ kN/m}^3$                                  |
| ▪ Resistencia característica               | $25 \text{ MPa}$                                     |
| ▪ Hormigón usado en los pilotes            | HA-25/F/25/IIa+Qa                                    |
| ▪ Hormigón usado en las rampas y encepados | HA-25/B/25/IIb                                       |

3.2.2 ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS B500S

Empleado para el armado del encepado y pilotes

- |   |  |
|---|--|
| ▪ Límite elástico                                     | $f_y\geq500 \text{ MPa}$                           |
| ▪ Carga unitaria de rotura                            | $f_s\geq575 \text{ MPa}$                           |
| ▪ Alargamiento de rotura                              | $\epsilon_{u,5}\geq16\%$                           |
| ▪ Alargamiento total bajo carga máxima                | $\epsilon_{m\acute{a}x}\geq7.5\%$                  |
| ▪ Relación $f_s/f_y$                                  | $1.15\geq f_s/f_y \geq1.35$                        |
| ▪ Relación $f_{y \text{ real}}/f_{y \text{ nominal}}$ | $f_{y \text{ real}}/f_{y \text{ nominal}}\leq1.25$ |

3.3 ACCIONES

Las acciones consideradas para el cálculo de las cimentaciones serán las mismas utilizadas en el anejo nº2 Cálculo estructural

3.3.1 COMBINACIÓN DE ACCIONES

En el caso de las cimentaciones, las combinaciones que nos van a interesar serán las siguientes:

- Combinación casi permanente: Aquella donde actúan las acciones permanentes y algunas acciones variables representadas como.
- Combinación característica: Aquella en la que actúan las acciones permanentes y una acción variable principal junto con otras acciones variables concomitantes.

4 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO ENCEPADOS

4.1 ENCEPADOS

Los encepados han sido calculados mediante el software CYPE en el apartado de cálculo de elementos estructurales/elementos de cimentación.

Con el que hemos obtenido las dimensiones del encepado, la armadura y las cargas máximas que han de soportar los pilotes.

Los cálculos para su dimensionamiento se han realizado para la combinación casi permanente y característica:

4.1.1 ENCEPADO LATERAL

4.1.1.1 COMBINACIÓN CASI PERMANENTE

1.- DATOS GENERALES

Hormigón: HA-25, Yc=1.5

Acero: B 500 S, Ys=1.15

Recubrimiento (superior) : 5.00 cm

Recubrimiento (inferior) : 5.00 cm

Recubrimiento (lateral) : 8.00 cm

Recubrimiento (frontal) : 5.00 cm

Recubrimiento (arranques) : 5.00 cm

Tamaño máximo del árido: 25.0 mm

Espesor hormigón limpieza: 10.0 cm

Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.200 MPa

Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.300 MPa

Acero laminado: S275

Acero de pernos: B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características

Referencias	Descripción
2xpilote d=650	Tipo de pilote: Hormigón circular Diámetro: 650 mm Capacidad portante en situaciones persistentes: 2500.00 kN Capacidad portante en situaciones accidentales: 2500.00 kN Separación mínima entre ejes: 1000.00 mm

2.- DESCRIPCIÓN

Referencias	Pilotes	Geometría	Armado
P-1	Tipo: pilote d=650 Penetración: 10.0 cm	Encepado de 2 pilotes Vuelo X: 80.0 cm Vuelo Y: 80.0 cm Canto: 135.0 cm Separación entre ejes de pilotes: 2.00 m	Armadura inferior: 20Ø16 Armadura superior: 14Ø12 Estribos horizontales: 10Ø16 Estribos verticales: Ø16c/12.5

3.- DESCRIPCIÓN DE CARGAS

Tabla de cargas

Referencias	Peso propio
P-1	Axil: 115.00 kN Momento X: 0.00 kN·m Momento Y: 0.00 kN·m Cortante X: 0.00 kN Cortante Y: 0.00 kN Torsor: 0.00 kN·m

4.- MEDICIÓN

Referencia: P-1		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø12	Ø16	
Viga lineal - Armadura inferior	Longitud (m)		20x3.41	68.20
	Peso (kg)		20x5.38	107.64
Viga lineal - Armadura superior	Longitud (m)	14x3.41		47.74
	Peso (kg)	14x3.03		42.39
Viga lineal - Estribos horizontales	Longitud (m)		20x6.22	124.40
	Peso (kg)		20x9.82	196.34
Viga lineal - Estribos verticales	Longitud (m)		40x5.54	221.60
	Peso (kg)		40x8.74	349.76
Totales	Longitud (m)	47.74	414.20	
	Peso (kg)	42.39	653.74	696.13
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	52.51	455.62	
	Peso (kg)	46.63	719.11	765.74

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
Elemento	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: P-1	46.63	719.11	765.74	7.78	0.58
Totales	46.63	719.11	765.74	7.78	0.58

5.- COMPROBACIÓN

COMPROBACIONES	VALORES	ESTADO
1.- CANTO MÍNIMO DEL ENCEPADO	1350.0 mm ≥ 650.0 mm	✓
2.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL PILOTE Y EL ARRANQUE	850.0 mm ≤ 2700.0 mm	✓
3.- VUELO LIBRE MÍNIMO DEL ENCEPADO	475.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
4.- DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS PILOTES	650.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
5.- DIÁMETRO MÍNIMO DE LA ARMADURA LONGITUDINAL	12.0 mm ≥ 12.0 mm	✓
6.- DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS PARALELAS	47.3 mm ≥ 31.3 mm	✓
7.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CENTROS DE BARRAS PARALELAS	107.8 mm ≥ 300.0 mm	✓
8.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA DE LOS ESTRIBOS HORIZONTALES	0.0044 ≥ 0.0040	✓
9.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA DE LOS ESTRIBOS VERTICALES	0.0070 ≥ 0.0040	✓
10.- RECUBRIMIENTOS	80.0 mm ≥ 80.0 mm	✓
11.- CAPACIDAD MECÁNICA DE LA ARMADURA SUPERIOR	633.36 kN ≥ 80.42 kN	✓
12.- LONGITUD DE ANCLAJE	704.0 mm ≥ 160.0 mm	✓
13.- AGOTAMIENTO DEL TIRANTE	18.52 N/mm² ≤ 400.00 N/mm²	✓
14.- AGOTAMIENTO DE LA BIELA	0.45 N/mm² ≤ 11.67 N/mm²	✓
15.- NUDOS	0.37 MPa ≤ 11.67 MPa	✓
16.- CAPACIDAD PORTANTE DEL PILOTE (Situación persistente)	152.85KN ≤ 2500KN	✓

4.1.1.2 COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA

1.- DATOS GENERALES

Hormigón: HA-25, Yc=1.5  
Acero: B 500 S, Ys=1.15  
Recubrimiento (superior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (inferior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (lateral) : 8.00 cm  
Recubrimiento (frontal) : 5.00 cm  
Recubrimiento (arranques) : 5.00 cm  
Tamaño máximo del árido: 25.0 mm  
Espesor hormigón limpieza: 10.0 cm  
Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.200 MPa  
Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.300 MPa  
Acero laminado: S275  
Acero de pernos: B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características

Referencias	Descripción
2xpilote d=650	Tipo de pilote: Hormigón circular Diámetro: 650 mm Capacidad portante en situaciones persistentes: 2500.00 kN Capacidad portante en situaciones accidentales: 2500.00 kN Separación mínima entre ejes: 1000.00 mm

2.- DESCRIPCIÓN

Referencias	Pilotes	Geometría	Armado
P-1	Tipo: pilote d=650 Penetración: 10.0 cm	Encepado de 2 pilotes Vuelo X: 80.0 cm Vuelo Y: 80.0 cm Canto: 135.0 cm Separación entre ejes de pilotes: 2.00 m	Armadura inferior: 20Ø16 Armadura superior: 14Ø12 Estribos horizontales: 10Ø16 Estribos verticales: Ø16c/12.5

3.- DESCRIPCIÓN DE CARGAS

Tabla de cargas

Referencias	Peso propio
P-1	Axil: 400.60 kN Momento X: 0.00 kN·m Momento Y: 0.00 kN·m Cortante X: 0.00 kN Cortante Y: 0.00 kN Torsor: 0.00 kN·m

4.- MEDICIÓN

Referencia: P-1		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø12	Ø16	
Viga lineal - Armadura inferior	Longitud (m)		20x3.41	68.20
	Peso (kg)		20x5.38	107.64
Viga lineal - Armadura superior	Longitud (m)	14x3.41		47.74
	Peso (kg)	14x3.03		42.39
Viga lineal - Estribos horizontales	Longitud (m)		20x6.22	124.40
	Peso (kg)		20x9.82	196.34
Viga lineal - Estribos verticales	Longitud (m)		40x5.54	221.60
	Peso (kg)		40x8.74	349.76
Totales	Longitud (m)	47.74	414.20	
	Peso (kg)	42.39	653.74	696.13
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	52.51	455.62	
	Peso (kg)	46.63	719.11	765.74

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)	
Elemento	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: P-1	46.63	719.11	765.74	7.78	0.58
Totales	46.63	719.11	765.74	7.78	0.58

5.- COMPROBACIÓN

COMPROBACIONES	VALORES	ESTADO
1.- CANTO MÍNIMO DEL ENCEPADO	1350.0 mm ≥ 650.0 mm	✓
2.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL PILOTE Y EL ARRANQUE	850.0 mm ≤ 2700.0 mm	✓
3.- VUELO LIBRE MÍNIMO DEL ENCEPADO	475.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
4.- DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS PILOTES	650.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
5.- DIÁMETRO MÍNIMO DE LA ARMADURA LONGITUDINAL	12.0 mm ≥ 12.0 mm	✓
6.- DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS PARALELAS	47.3 mm ≥ 31.3 mm	✓
7.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CENTROS DE BARRAS PARALELAS	107.8 mm ≥ 300.0 mm	✓
8.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA DE LOS ESTRIBOS HORIZONTALES	0.0044 ≥ 0.0040	✓
9.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA DE LOS ESTRIBOS VERTICALES	0.0070 ≥ 0.0040	✓
10.- RECUBRIMIENTOS	80.0 mm ≥ 80.0 mm	✓
11.- CAPACIDAD MECÁNICA DE LA ARMADURA SUPERIOR	633.36 kN ≥ 80.42 kN	✓
12.- LONGITUD DE ANCLAJE	704.0 mm ≥ 160.0 mm	✓
13.- AGOTAMIENTO DEL TIRANTE	64.53 N/mm² ≤ 400.00 N/mm²	✓
14.- AGOTAMIENTO DE LA BIELA	1.57 N/mm² ≤ 11.67 N/mm²	✓
15.- NUDOS	1.57 MPa ≤ 11.67 MPa	✓
16.- CAPACIDAD PORTANTE DEL PILOTE (Situación persistente)	295.65KN ≤ 2500KN	✓



4.1.2 ENCEPADO CENTRAL

4.1.2.1 COMBINACIÓN CASI PERMANENTE

1.- DATOS GENERALES

Hormigón: HA-25, Yc=1.5  
Acero: B 500 S, Ys=1.15  
Recubrimiento (superior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (inferior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (lateral) : 8.00 cm  
Recubrimiento (frontal) : 5.00 cm  
Recubrimiento (arranques) : 5.00 cm  
Tamaño máximo del árido: 25.0 mm  
Espesor hormigón limpieza: 10.0 cm  
Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.200 MPa  
Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.300 MPa  
Acero laminado: S275  
Acero de pernos: B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características

Referencias	Descripción
3xpilote d=650	Tipo de pilote: Hormigón circular Diámetro: 650 mm Capacidad portante en situaciones persistentes: 2500.00 kN Capacidad portante en situaciones accidentales: 2500.00 kN Separación mínima entre ejes: 1000.00 mm

2.- DESCRIPCIÓN

Referencias	Pilotes	Geometría	Armado
P-1	Tipo: pilote d=650 Penetración: 10.0 cm	Encepado de 3 pilotes Vuelo: 80.0 cm Canto: 245.0 cm Separación entre ejes de pilotes: 3.30 m	Parrilla inferior X: Ø20c/7 Parrilla inferior Y: Ø25c/11 Viga lateral: Armadura inferior: 5Ø16 Armadura superior: 5Ø12 Estribos verticales: Ø6c/10

3.- DESCRIPCIÓN DE CARGAS

Tabla de cargas

Referencias	Peso propio
P-1	Axil: 336.00 kN Momento X: 0.00 kN·m Momento Y: 0.00 kN·m Cortante X: 0.00 kN Cortante Y: 0.00 kN Torsor: 0.00 kN·m

4.- MEDICIÓN

Referencia: P-1		B 500 S, Ys=1.15					Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	
Armado base - Parrilla inferior	Longitud (m)				62x(0.88-4.94)		197.16
	Peso (kg)				62x(2.17-12.18)		486.23
Armado base - Parrilla inferior	Longitud (m)					46x(0.21-4.30)	126.96
	Peso (kg)					46x(0.81-16.57)	489.23
Viga lateral - Viga 0 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 0 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 0 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Viga lateral - Viga 1 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 1 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 1 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Viga lateral - Viga 2 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 2 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 2 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Totales	Longitud (m)	1110.60	67.65	67.65	197.16	126.96	
	Peso (kg)	246.45	60.06	106.77	486.23	489.23	1388.74
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	1221.66	74.41	74.41	216.88	139.66	
	Peso (kg)	271.10	66.06	117.45	534.85	538.15	1527.61

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)						Hormigón (m³)	
	Ø6	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: P-1	271.09	66.07	117.44	534.85	538.16	1527.61	36.39	1.49
Totales	271.09	66.07	117.44	534.85	538.16	1527.61	36.39	1.49

5.- COMPROBACIÓN

COMPROBACIONES	VALORES	ESTADO
1.- CANTO MÍNIMO DEL ENCEPADO	2450 mm ≥ 650.0 mm	✓
2.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL PILOTE Y EL ARRANQUE	1762.6 mm ≤ 2700.0 mm	✓
3.- VUELO LIBRE MÍNIMO DEL ENCEPADO	475.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
4.- DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS PILOTES	650.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
5.- DIÁMETRO MÍNIMO DE LA ARMADURA LONGITUDINAL	12.0 mm ≥ 12.0 mm	✓
6.- DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS PARALELAS	44 mm ≥ 31.3 mm	✓
7.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CENTROS DE BARRAS PARALELAS	190 mm ≥ 300.0 mm	✓
8.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA	0.002 ≥ 0.0018	✓
9.- ARMADURA SECUNDARIA VERTICAL	927.4 ≥ 100.8	✓
10.- RECUBRIMIENTOS	50.0 mm ≥ 50.0 mm	✓
11.- CAPACIDAD MECÁNICA DE LA PARRILLA INFERIOR	3963.6 kN ≥ 150.8 kN	✓
12.- LONGITUD DE ANCLAJE	605.1 mm ≥ 160.0 mm	✓
13.- AGOTAMIENTO DEL TIRANTE	84.96 N/mm² ≤ 400.00 N/mm²	✓
14.- AGOTAMIENTO DE LA BIELA	09 N/mm² ≤ 10 N/mm²	✓
15.- NUDOS	0.9 MPa ≤ 11.67 MPa	✓
16.- CAPACIDAD PORTANTE DEL PILOTE (Situación persistente)	409.48KN ≤ 2500KN	✓

4.1.2.2 COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA

1.- DATOS GENERALES

Hormigón: HA-25, Yc=1.5  
Acero: B 500 S, Ys=1.15  
Recubrimiento (superior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (inferior) : 5.00 cm  
Recubrimiento (lateral) : 8.00 cm  
Recubrimiento (frontal) : 5.00 cm  
Recubrimiento (arranques) : 5.00 cm  
Tamaño máximo del árido: 25.0 mm  
Espesor hormigón limpieza: 10.0 cm  
Tensión admisible en situaciones persistentes: 0.200 MPa  
Tensión admisible en situaciones accidentales: 0.300 MPa  
Acero laminado: S275  
Acero de pernos: B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)

Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características

Referencias	Descripción
3xpilote d=650	Tipo de pilote: Hormigón circular Diámetro: 650 mm Capacidad portante en situaciones persistentes: 2500.00 kN Capacidad portante en situaciones accidentales: 2500.00 kN Separación mínima entre ejes: 1000.00 mm

2.- DESCRIPCIÓN

Referencias	Pilotes	Geometría	Armado
P-1	Tipo: pilote d=650 Penetración: 10.0 cm	Encepado de 3 pilotes Vuelo: 80.0 cm Canto: 245.0 cm Separación entre ejes de pilotes: 3.30 m	Parrilla inferior X: Ø20c/7 Parrilla inferior Y: Ø25c/11 Viga lateral: Armadura inferior: 5Ø16 Armadura superior: 5Ø12 Estribos verticales: Ø6c/10

3.- DESCRIPCIÓN DE CARGAS

Tabla de cargas

Referencias	Peso propio
P-1	Axil: 1100.00 kN Momento X: 0.00 kN·m Momento Y: 0.00 kN·m Cortante X: 0.00 kN Cortante Y: 0.00 kN Torsor: 0.00 kN·m

4.- MEDICIÓN

Referencia: P-1		B 500 S, Ys=1.15					Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	
Armado base - Parrilla inferior	Longitud (m)				62x(0.88-4.94)		197.16
	Peso (kg)				62x(2.17-12.18)		486.23
Armado base - Parrilla inferior	Longitud (m)					46x(0.21-4.30)	126.96
	Peso (kg)					46x(0.81-16.57)	489.23
Viga lateral - Viga 0 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 0 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 0 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Viga lateral - Viga 1 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 1 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 1 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Viga lateral - Viga 2 - Armadura inferior	Longitud (m)			5x4.51			22.55
	Peso (kg)			5x7.12			35.59
Viga lateral - Viga 2 - Armadura superior	Longitud (m)		5x4.51				22.55
	Peso (kg)		5x4.00				20.02
Viga lateral - Viga 2 - Estribos verticales	Longitud (m)	60x6.17					370.20
	Peso (kg)	60x1.37					82.15
Totales	Longitud (m)	1110.60	67.65	67.65	197.16	126.96	
	Peso (kg)	246.45	60.06	106.77	486.23	489.23	1388.74
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	1221.66	74.41	74.41	216.88	139.66	
	Peso (kg)	271.10	66.06	117.45	534.85	538.15	1527.61

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)						Hormigón (m³)	
	Ø6	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: P-1	271.09	66.07	117.44	534.85	538.16	1527.61	36.39	1.49
Totales	271.09	66.07	117.44	534.85	538.16	1527.61	36.39	1.49

5.- COMPROBACIÓN

COMPROBACIONES	VALORES	ESTADO
1.- CANTO MÍNIMO DEL ENCEPADO	2450 mm ≥ 650.0 mm	✓
2.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL PILOTE Y EL ARRANQUE	1762.6 mm ≤ 2700.0 mm	✓
3.- VUELO LIBRE MÍNIMO DEL ENCEPADO	475.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
4.- DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS PILOTES	650.0 mm ≥ 250.0 mm	✓
5.- DIÁMETRO MÍNIMO DE LA ARMADURA LONGITUDINAL	12.0 mm ≥ 12.0 mm	✓
6.- DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS PARALELAS	44 mm ≥ 31.3 mm	✓
7.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CENTROS DE BARRAS PARALELAS	190 mm ≥ 300.0 mm	✓
8.- CUANTÍA GEOMÉTRICA MÍNIMA	0.002 ≥ 0.0018	✓
9.- ARMADURA SECUNDARIA VERTICAL	927.4 ≥ 330	✓
10.- RECUBRIMIENTOS	50.0 mm ≥ 50.0 mm	✓
11.- CAPACIDAD MECÁNICA DE LA PARRILLA INFERIOR	3963.6 kN ≥ 150.8 kN	✓
12.- LONGITUD DE ANCLAJE	605.1 mm ≥ 278.1 mm	✓
13.- AGOTAMIENTO DEL TIRANTE	278.14 N/mm² ≤ 400.00 N/mm²	✓
14.- AGOTAMIENTO DE LA BIELA	2.93 N/mm² ≤ 10 N/mm²	✓
15.- NUDOS	2.93 MPa ≤ 16.67 MPa	✓
16.- CAPACIDAD PORTANTE DEL PILOTE (Situación persistente)	664.14KN ≤ 2500KN	✓

5 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO PILOTES

Se ha optado por pilotes de hormigón armado de 650mm de diámetro para todos los casos.

Los pilotes que pertenezcan a un mismo encepado se dimensionarán de la misma forma, considerando solo el cálculo del pilote más solicitado.

5.1 CÁLCULO

5.1.1 TOPE ESTRUCTURAL

Corresponde a la carga máxima vertical de servicio a la que se puede cargar un pilote.

Depende de:

- La sección transversal del pilote
- Material del pilote
- Procedimiento de ejecución
- Terreno

$Q_{\text{tope estructural}} = \sigma \cdot A_r$

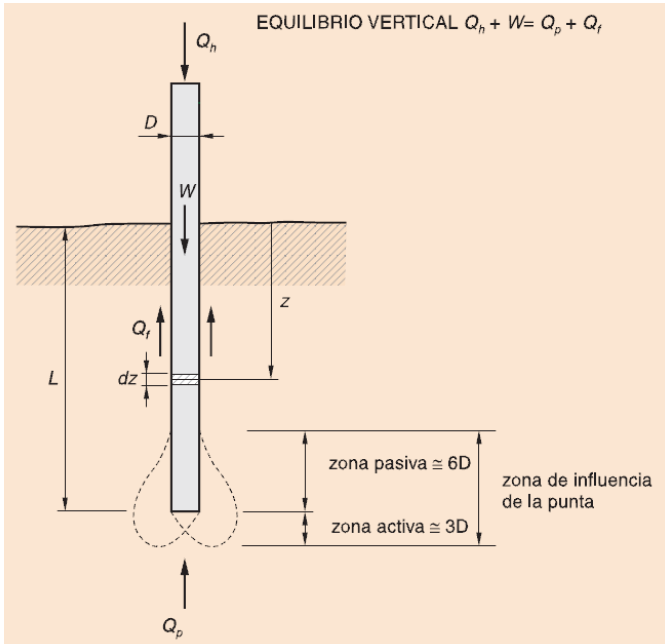
donde:

Ar= área de la sección transversal

Tipo pilote		Tipo apoyo - Valores de $\sigma$ (MPa)	
		Suelo firme	Roca
Perforado de hormigón "in situ"	Entubado	5	6
	Con lodos	4	5
	En seco	4	5
	Barrenado	4	No aplicable

5.1.2 CARGA DE HUNDIMIENTO

Se define como:  $Q_h = Q_p + Q_f - W$



5.1.2.1 RESISTENCIA POR PUNTA

$q_p = N_q^* \cdot \sigma'_{v0} + N_c^* \cdot c$

donde:

- $q_p$  Carga de hundimiento unitaria por punta
- $\sigma'_{v0}$  Presión vertical efectiva al nivel de la punta del pilote
- $N_q^*, N_c^*$  Factores de capacidad de carga para cimentaciones profundas
- $c$  Cohesión

$$N_q^* = 1.5 \cdot \frac{1 + \text{sen}\varphi}{1 - \text{sen}\varphi} \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}\varphi} \cdot f_D$$
$$N_c^* = \frac{N_q^* - 1}{\text{tg}\varphi}$$

- $\varphi$  Ángulo de rozamiento interno
- $f_D$  Factor en función del diámetro del pilote  $1-D/3 > 2/3$

5.1.2.2 RESISTENCIA POR FUSTE

$\tau_f = c + K_0 \cdot tg\delta \cdot \sigma'_v \leq 90 \text{ kPa}$

donde:

- $\tau_f$  Resistencia unitaria por fuste al nivel considerado
- $c$  Cohesión al nivel considerado
- $K_0$  Coeficiente de empuje al reposo
- $\delta$  Ángulo de fricción del contacto pilote-terreno
- $\sigma'_v$  Presión vertical efectiva al nivel considerado

5.1.3 COMPROBACIÓN SEGURIDAD ESTRUCTURAL

$F_p = \frac{N_{cr}}{Q} \geq F_i$

Q= carga sobre el pilote

COEFICIENTES MÍNIMOS DE PANDEO	
Combinación casi-permanente	$F_1 \geq 3.00$
Combinación Característica	$F_2 \geq 2.60$
Combinación accidental	$F_3 \geq 2.20$

5.2 RESULTADOS PILOTE CENTRAL

Pilote de 650mm de diámetro

	Axil	F
Comb. Característica	1100 kN	2,6
Comb. Casi permanente	336 kN	3

												F	
ESTRATOS	TIPO	COTA SUP.	COTA INF.	ESPESOR	Nq*	Nc*	qp	tf	Qp	Qf	Qh	Comb. Caract. (F)	Comb. Perm. (F)
Relleno		1,15	-2,4	3,55									
Gravas y con limos y arenas	GC	-2,4	-5	2,6	21,6	35,7	2320	25	771	130,9	901,9	0,82	2,7
Arcilla limosa	CL	-5	-6	1	21,6	35,7	2746	35	910	203	1113	1,01	3,3
Arcilla limosa	CL	-6	-7	1	21,6	35,7	3168	41	1050	286,5	1336,5	1,22	3,98
Arcilla limosa	CL	-7	-8	1	21,6	35,7	3589	47	1191	382	1573	1,43	4,68
Arcilla limosa	CL	-8	-9,1	1,1	21,6	35,7	3815	51	1266	498	1764	1,6	5,25
Limos arenosos	CL-ML	-9,1	-10,9	1,8	21,6	35,7	4180	56	1390	700	2090	1,9	6,22
Arenas con grava	GC	-10,9	-12	1,1	21,6	35,7	7038	60	2335	835	3170	2,9	9,43
Gravas con limos y arenas	SM	-12	-18,9	6,9	21,6	35,7	9186	70	3048	1827	4875	4,43	14,5

Para la combinación casi permanente basta con llegar hasta la cota -6 m, pero en la combinación característica es necesario llegar hasta la cota -10,9m para cumplir que no se produzca hundimiento.  
Por tanto la longitud necesaria de los pilotes serán de 10,9 metros

5.2 RESULTADOS PILOTE LATERAL

Pilote de 650 mm de diámetro

	Axil	F
Comb. Característica	400,6 kN	2,6
Comb. Casi permanente	115 kN	3

												F	
ESTRATOS	TIPO	COTA SUP.	COTA INF.	ESPESOR	Nq*	Nc*	qp	tf	Qp	Qf	Qh	Comb. Caract.	Comb. Perm.
Relleno		1,15	-2,4	3,55									
Gravas y con limos y arenas	GC	-2,4	-5	2,6	21,6	35,7	2320	25	771	130,9	901,9	2,25	7,84
Arcilla limosa	CL	-5	-6	1	21,6	35,7	2746	35	910	203	1113	2,78	9,68
Arcilla limosa	CL	-6	-7	1	21,6	35,7	3168	41	1050	286,5	1336,5	3,34	11,62
Arcilla limosa	CL	-7	-8	1	21,6	35,7	3589	47	1191	382	1573	3,93	13,68
Arcilla limosa	CL	-8	-9,1	1,1	21,6	35,7	3815	51	1266	498	1764	4,4	4,33
Limos arenosos	CL-ML	-9,1	-10,9	1,8	21,6	35,7	4180	56	1390	700	2090	5,23	18,17
Arenas con grava	GC	-10,9	-12	1,1	21,6	35,7	7038	60	2335	835	3170	7,9	27,57
Gravas con limos y arenas	SM	-12	-18,9	6,9	21,6	35,7	9186	70	3048	1827	4875	12,17	42,39

Para la combinación casi permanente será suficiente la cota a -5m, en cambio para la combinación característica se deberá llegar hasta la cota -6 m.  
De esto modo la dimensión de los pilotes será de 650mm de diámetro y 6 m de longitud.



#### 5.4 DIMENSIONAMIENTO

Los pilotes trabajan fundamentalmente a compresión por lo que en principio no necesitarían armadura para soportar el esfuerzo.

Pero hay que considerar los casos más desfavorables, y es que los pilotes pueden estar sometidos a esfuerzos diferentes a una compresión simple, como es el caso de esfuerzos de flexión, corte o deformaciones.

Los pilotes estarán dimensionados con la cuantía mínima necesaria:

- Armadura longitudinal: cercos de diámetro 8mm cada 20 cm
- Armadura transversal: 6 redondos del 16

