

## 1. EVALUACION DE LAS CARGAS

Procedemos a ordenar las zapatas en dos grupos en función del estado de carga que soportan.

El primero de los grupos comprende a aquellas zapatas que presentan un estado de carga más desfavorable, sobre las que gravitan superficies de estructura comprendidas entre 11,00 y 14,70 m<sup>2</sup>.

El segundo grupo comprende las restantes zapatas, sobre las que gravitan superficies de estructura iguales o inferiores a 8,20 m<sup>2</sup>.

Dado que el edificio a recalzar posee 5 niveles de forjado, obtenemos unas superficies totales de 73,5 m<sup>2</sup> y de 41 m<sup>2</sup>, respectivamente, para el caso más desfavorable correspondiente a cada uno de los grupos anteriores.

Suponiendo una carga por m<sup>2</sup> de 700 Kg/m<sup>2</sup>, resulta una carga total de 51,45 y 28,7 T por zapata, respectivamente para cada uno de los casos.

Hemos considerado dicha carga por entender cubierto un suficiente margen de seguridad en las acciones, a través de la capacidad que ofrece actualmente la cimentación del edificio.

Grupo	Zapatas N°	Superf. máx. de carga/nivel	Niveles de forjado	Superf. máx. de carga total	Carga / m <sup>2</sup>	Carga total
1	7-8-9-12-13 16-17-20-21	14,70 m <sup>2</sup>	5	73,50 m <sup>2</sup>	700 Kg/m <sup>2</sup>	51,5 T (52 T)
2	1-2-3-4-5-6-10 11-14-15-18-19-22 23-24-25-26-27-28	8,20 m <sup>2</sup>	5	41,00 m <sup>2</sup>	700 Kg/m <sup>2</sup>	28,7 T (29 T)

Si adoptamos como solución la disposición de 3 micropilotes por zapata, a efectos de estabilidad del grupo de pilotes resultante sin condicionarse a la efectividad del sistema de arriostramiento existente, resultará un total de 94 micros para el conjunto del edificio, correspondiendo 84 de ellos a las 28 zapatas recalzadas con 3 micros y los 10 restantes a la zapata corrida del núcleo de escaleras.

Dada la carga máxima de 52 T a soportar en zapatas del grupo 1 y la disposición de 3 micropilotes por zapata determinada, se precisarán micropilotes de 20 T de capacidad portante.

No obstante, dicha capacidad (20 T) de cada micropilote no resulta completamente efectiva, al quedar limitada por el cálculo de adherencia para la necesaria transmisión de la carga a las zapatas, estando ello condicionado por el canto que éstas poseen. Este efecto será, más adelante, evaluado.

## 2. CALCULO ESTRUCTURAL

Los micropilotes están formados por una armadura de forma cilíndrica, soldada longitudinalmente por resistencia eléctrica y de las siguientes características:

- \* Diámetro exterior:  $\varnothing$  73 mm
- \* Espesor de pared: 5 mm
- \* Sección de Acero: 10,68 cm<sup>2</sup>
- \* Tipo de Acero: ST-52
- \* Límite elástico: 5000 kg/cm<sup>2</sup>

La perforación es de un diámetro de 120 mm y se inyecta con una pasta de cemento C/A > 1.5, cuya resistencia a compresión no será inferior a 300 Kg/cm<sup>2</sup>.

La perforación de paso de zapatas se efectuará con un diámetro de 160 mm y se inyectará con una pasta de cemento expansivo o sin retracción, que cumplirá la condición resistente del párrafo anterior.

Con estos datos, despreciando la resistencia que proporciona el hormigón y considerando un coeficiente de seguridad igual a 2 para el acero, tendremos:

$$N < A_s \times 5.000 \times \frac{1}{2} = 10,68 \times 5.000 \times \frac{1}{2} = 26.700 \text{ Kg / micropilote}$$

que resulta superior a la capacidad de 20 T exigida a cada micropilote y, por consiguiente, válido.

### 3. CALCULO GEOTECNICO

Para el cálculo geotécnico de los micropilotes se ha seguido el método del Profesor Michel Bustamante, considerándose un terreno tipo consistente en un primer nivel de limo arenoso o arcilloso de baja densidad, que apoya sobre un substrato de gravas y arenas de elevada densidad de SPT 60.

El espesor medio de la capa de limos en la zona en que se encuentra el bloque objeto de reparación se estima inferior a los 4 m.

Considerando:

- \* Coeficiente de seguridad igual a 2
- \* Diámetro de perforación 120 mm
- \* Resistencia unitaria por fuste en Kg/cm<sup>2</sup> :

TERRENO	MICROS NO INYECTADOS
Limo arenoso o arcilloso flojo	0,0
Gravas y arenas densas	3,0

Con estas premisas, podemos calcular la longitud de sellado de cada micropilote.

La formula para el cálculo del bulbo es la siguiente:

$$T_1 = \pi \times D_s \times L_s \times Q_s$$

siendo:

- $T_1$  = Capacidad portante del micropilote
- $D_s$  = Diámetro medio del bulbo de sellado
- $L_s$  = Longitud de fuste
- $Q_s$  = Resistencia unitaria por el fuste  
(minorada por coeficiente de seguridad = 2)

$D_s$  depende del diámetro del taladro  $D$  y del modo de sellado. Su valor se toma igual a:

$$D_s = \alpha \times D$$

$\alpha$  es un coeficiente de mayoración cuyo valor para micropilotes no inyectados es igual a 1.

Atendiendo a todo lo anterior, se obtienen el siguiente resultado para la resistencia unitaria por fuste de un metro de micropilote ( $L_s = 100$  cm):

$$T_1 = \pi \times \alpha \times D \times L_s \times Q_s$$

$$T_1 = \pi \times 1 \times 12 \times 100 \times 3 \times \frac{1}{2} = 5.655 \text{ Kg/ml}$$

Luego:

$$L_s \geq N/T_1 = 20.000 \text{ Kg} / 5.655 \text{ Kg/ml} = 3,53 \text{ ml}$$

Para garantizar el funcionamiento correcto, se introducirán como mínimo 4 metros de bulbo de sellado, siguiendo las recomendaciones del método, aunque no sean necesarios por el cálculo estricto.

Por consiguiente, la longitud total de cada micropilote será 8 ml, resultantes de la suma de la anterior longitud de bulbo de sellado (4 ml) y el espesor del estrato superficial de limos (4 ml).

#### 4. CALCULO DE LA UNION MICROPILOTE - ZAPATA

La unión entre el micropilote y las zapatas se realiza por adherencia entre la superficie lisa del tubo de armadura y el hormigón.

La adherencia entre mortero y hormigón viejo será, suponiendo en ambos casos un hormigón de  $175 \text{ Kg/cm}^2$  :

$$f_{vd} = 0,5 \sqrt{f_{cd}}$$

siendo:  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 175/1,6 = 109$

$$f_{vd} = 0,5 \sqrt{109} = 5,22$$

por aproximación:  $f_{vd} = 5 \text{ Kg/cm}^2$

Por tanto, para un diámetro de perforación de las zapatas de 160 mm, obtendremos:

$$T_{adh} = \pi \times 16 \times 5 = 251 \text{ Kg/cm}$$

Para alcanzar las 20 T de carga de los micropilotes serían necesarios:

$$L = 20.000 \text{ Kg} / 251 \text{ Kg/cm} \approx 80 \text{ cm}$$

Ahora bien, como la carga real de los micropilotes, según hemos visto en el apartado 3.1, es:

Zapatas grupo 1:  $52 \text{ T} / 3 = 17,34 \text{ T}$

Zapatas grupo 2:  $29 \text{ T} / 3 = 9,67 \text{ T}$

La longitud necesaria para alcanzar la correcta transmisión por adherencia de dichas cargas, sería:

Zapatas grupo 1:  $L = 17.340 \text{ Kg} / 251 \text{ Kg/cm} \approx 70 \text{ cm}$

Zapatas grupo 2:  $L = 9.670 \text{ Kg} / 251 \text{ Kg/cm} \approx 40 \text{ cm}$

Por consiguiente, las zapatas deben tener al menos 70 y 40 cm de canto, respectivamente, para poder transmitir la carga correctamente desde los micropilotes a la citada cimentación de las viviendas.

Efectivamente, según la documentación correspondiente al proyecto del edificio de que se dispone, todas las zapatas superan dichos cantos, dado que las correspondientes al grupo 1 disponen de cantos comprendidos entre **0,70** y 0,80 cm y las zapatas correspondientes al grupo 2 disponen de cantos comprendidos entre **0,60** y 0,75 cm.

Por otra parte, la adherencia entre mortero y armadura lisa será:

$$T_{bd} = 1,2 / \gamma_c \sqrt{f_{ck}} = 1,2 / 1,6 \sqrt{175} = 9,92 \text{ Kg/cm}^2 \approx 10 \text{ Kg/cm}^2$$

La superficie de contacto será:

$$\text{Zapatas grupo 1: } S_1 = \pi \times D \times L = \pi \times 7,3 \times 70 = 1.605 \text{ cm}^2$$

$$\text{Zapatas grupo 2: } S_1 = \pi \times D \times L = \pi \times 7,3 \times 60 = 1.376 \text{ cm}^2$$

Por tanto la adherencia total hormigón-tubo será:

$$\text{Zapatas grupo 1: } S_1 \times T_{bd} = 1.605 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ Kg/cm}^2 = 16.050 \text{ Kg} < 17,34 \text{ T}$$

$$\text{Zapatas grupo 2: } S_1 \times T_{bd} = 1.376 \text{ cm}^2 \times 10 \text{ Kg/cm}^2 = 15.760 \text{ Kg} > 9,67 \text{ T}$$

Para el cálculo último se han utilizado los valores de cantos y cargas más desfavorables posibles de las zapatas de cada uno de los grupos.

De los valores resultantes, es superior a las cargas a transmitir el correspondiente a las zapatas del grupo 2, luego es válido. Pero es inferior a la carga necesaria el correspondiente a las zapatas del grupo 1, luego no es válido por sí solo.

En consecuencia, para mejorar la adherencia tubo-micropilote con mortero en este caso, se soldarán al tubo 2  $\emptyset$  16 de 30 cm de longitud en su parte superior (dentro de la zapata), resultando:

Adherencia barra corrugada:

$$\text{Tensión de rotura de adherencia: } T_{bu} \geq 130 - 1,9\emptyset = 99 \text{ Kg/cm}^2$$

para  $\emptyset$ 16 corrugado

$$\text{Resistencia de cálculo de adherencia: } T_{bd} = T_{bu} (f_{ck}/225)^{2/3} / 1,6 = 53 \text{ Kg/cm}^2$$

Suponiendo que el contacto barra-mortero es la mitad de la barra, la superficie de contacto por barra será:

$$S_1 = \frac{1}{2} \times \pi \times D \times L = \frac{1}{2} \times \pi \times 1,6 \times 30 = 75 \text{ cm}^2$$

$$S_1 \times T_{bd} = 75 \text{ cm}^2 \times 53 \text{ Kg/cm}^2 \approx 4.000 \text{ Kg}$$

Como se disponen dos barras, obtenemos: 8.000 Kg

Luego, en total se tiene:

Tubo liso	16.050 Kg
Barras corrugadas	8.000 Kg
<hr/>	
En total	24.050 Kg

que resulta válido.