



mr
manual de referència

INGENIERIA CIVIL

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Víctor Yepes Piqueras

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención

Víctor Yepes Piqueras

EDITORIAL
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Colección Manual de Referencia

Los contenidos de esta publicación han sido revisados mediante el sistema *doble ciego*, **siguiendo el procedimiento que se recoge en:**

<http://www.upv.es/entidades/AEUPV/info/891747normalc.html>

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: YEPES PIQUERAS, V. (2016) *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Valencia: Universitat Politècnica de València

Primera edición, 2016 (versión impresa)

Primera edición, 2016 (versión electrónica)

© Víctor Yepes Piqueras

© de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València

distribución: Telf.: 963 877 012 / www.lalibreria.upv.es / Ref.:6285_01_01_01

ISBN: 978-84-9048-457-9 (versión impresa)

ISBN: 978-84-9048-458-6 (versión electrónica)

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edición@editorial.upv.es.

Agradecimientos

Un manual de construcción resulta incompleto e incluso incomprensible sin una buena documentación gráfica capaz de apoyar el texto explicativo. Este libro no hubiera sido posible sin la colaboración y experiencia de muchos de los profesores que forman parte de la unidad docente de la asignatura de “Procedimientos de Construcción” de la Universitat Politècnica de València. Asimismo, me gustaría agradecer de forma expresa a Esther Valiente y a Ignacio Serrano la cesión del uso de sus fotografías para este libro. A este respecto quisiera recomendar tanto el libro de Esther “Manual del Ingeniero de edificación: guía visual de ejecución de obras (2010)” como el blog de geotecnia de Ignacio, www.desdeelmurete.com. También agradezco el permiso que he recibido para el uso de algunas imágenes de armado de cimentaciones a la empresa CYPE, de su biblioteca de detalles constructivos, así como las imágenes de empresas dedicadas a la maquinaria y a la construcción. Una parte del material gráfico se ha referenciado también por su enlace en internet para su acceso por parte de aquellas personas interesadas. El resto de las imágenes, aquellas sin referenciar, se corresponden con el fondo documental del Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil.

Índice

Contenido

1	Concepto y clasificación de las cimentaciones.....	9
1.1	Concepto	9
1.2	Clasificación.....	10
1.3	Criterios de elección del tipo de cimentación.....	12
2	Cimentaciones superficiales.....	13
2.1	Zapatas	14
2.1.1	Zapata aislada.....	14
2.1.2	Zapata combinada.....	21
2.1.3	Zapata continua bajo pilares	23
2.1.4	Zapata continua bajo muro.....	24
2.1.5	Zapata arriostrada o atada.....	25
2.2	Emparrillados de cimentación.....	28
2.3	Losas de cimentación	29
3	Cimentaciones profundas	31
3.1	Cimentación por pozos.....	31
3.2	Cimentación por cajones.....	33
3.2.1	Cimentación por cajones abiertos o cajones indios.....	33
3.2.2	Cimentaciones por cajones neumáticos	34
3.2.3	Cimentaciones sobre cajones flotantes	37
3.3	Cimentación por pilotes	39
3.3.1	Conceptos fundamentales y clasificaciones.....	39
3.3.2	Pilotes de desplazamiento	41
3.3.3	Pilotes perforados hormigonados “in situ”	66
3.3.4	Pilotes inyectados.....	84
3.3.5	Micropilotes	85
4	Estructuras de contención de tierras	89
4.1	Muros	89
4.1.1	Muros de gravedad	91
4.1.2	Muros estructurales	97

4.1.3	Muros mixtos.....	103
5	Pantallas de hormigón	107
5.1	Tipología de pantallas	108
5.2	Muros pantalla continuos	109
5.2.1	Construcción de los muros guía	110
5.2.2	Excavación del panel	111
5.2.3	Relleno con bentonita	115
5.2.4	Colocación de los moldes de junta.....	117
5.2.5	Colocación de las armaduras.....	118
5.2.6	Hormigonado.....	119
5.2.7	Extracción de los encofrados de junta	121
5.2.8	Construcción de la viga de coronación.....	121
5.3	Muros pantallas discontinuos	122
6	Anclajes	127
6.1	Clasificaciones de los anclajes.....	128
6.2	Zonas de un anclaje.....	129
6.3	Ejecución de un anclaje.....	130
7	Entibaciones	133
7.1	Con madera	134
7.2	Muro berlinés.....	136
7.3	Entibación de zanjas mediante paneles metálicos	138
7.3.1	Entibación ligera con paneles de aluminio.....	138
7.3.2	Sistema de entibación mediante paneles con guías deslizantes	139
7.3.3	Sistemas de entibación con cajones de blindaje o escudos.....	141
8	Tablestacas	143
8.1	Tipología	144
8.1.1	De madera	145
8.1.2	De hormigón.....	146
8.1.3	Metálicas	146
8.2	Métodos de instalación.....	148
8.2.1	Tablestacas autoportantes.....	148
8.2.2	Tablestacas arriostradas con anclajes al terreno.....	149
8.2.3	Tablestacas arriostradas con puntales.....	150
8.2.4	Tablestacas arriostradas con tirantes	151
9	Procedimientos de hinca de pilotes y tablestacas	155
9.1	Hinca por percusión o impacto	155

9.1.1	Mazas de caída libre.....	156
9.1.2	Martillos neumáticos.....	158
9.1.3	Martillos hidráulicos.....	159
9.1.4	Martillos diésel.....	160
9.2	Vibrohincadores	161
9.3	Hinca por presión	163
9.4	Especiales y mixtos.....	164
9.4.1	Hinca por inyección de agua	164
9.4.2	Prebarrenado	165
10	CUESTIONES DE AUTOEVALUACIÓN	167
10.1	Planteamiento de las cuestiones	167
10.2	Respuestas seleccionadas	187
10.3	Vocabulario básico	200
11	BIBLIOGRAFÍA.....	201

1 Concepto y clasificación de las cimentaciones

1.1 Concepto

La cimentación es aquella parte de la estructura, generalmente enterrada, que transmite al terreno su propio peso y las cargas recibidas, de modo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menor a la admisible y los asentamientos se encuentren limitados (Figura 1). La cimentación debe resistir las cargas y sujetar la estructura frente a acciones horizontales como el viento y el sismo, conservando su integridad. La interacción entre el suelo y la estructura depende de la naturaleza del propio suelo, de la forma y del tamaño de la cimentación y de la flexibilidad de la estructura.

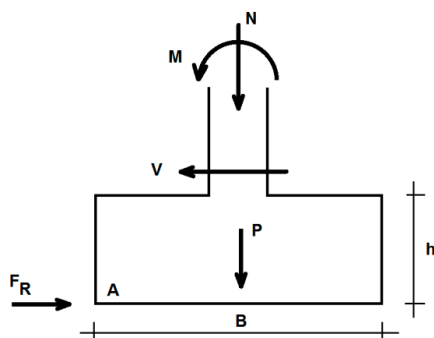


Figura 1. Cargas sobre una cimentación superficial

Las cimentaciones se diseñan para no alcanzar los estados límites últimos o de servicio. Los primeros llevan a la situación de ruina (estabilidad global, hundimiento, deslizamiento, vuelco o rotura del elemento estructural), mientras que los segundos limitan su capacidad funcional, estética, etc. (por ejemplo, movimientos excesivos). Se denomina capacidad portante a la máxima presión que transmite una cimentación sin alcanzar el estado último, mientras la presión admisible es aquella que no se alcanza en ningún estado límite, ya sea último o de servicio, presentando un coeficiente de seguridad respecto a la capacidad portante. Llamaremos firme al plano horizontal del estrato del terreno sobre el que se apoye la cimentación.

Otros problemas a considerar son la estabilidad de la excavación, los problemas de los ataques químicos al hormigón, la posibilidad de heladas, el crecimiento de vegetación que deteriore la cimentación, los agrietamientos y levantamientos asociados a las arcillas expansivas, la disolución cársica, la socavación, los movimientos del nivel freático, los daños producidos a construcciones existentes (Figura 2) o futuras, las vibraciones de maquinaria o los efectos sísmicos sobre el terreno, especialmente cuando existe posibilidad de licuefacción.

Los procedimientos constructivos influyen notablemente en el comportamiento de una cimentación. Hay que tener en cuenta que la construcción de la cimentación altera el terreno circundante, lo cual puede modificar algunas de las hipótesis de cálculo. A modo de ejemplo,

los pilotes perforados descomprimen el terreno influyendo en la resistencia por fuste. La hincada de pilotes en limos y arenas sueltas saturadas aumenta la presión intersticial, lo que disminuye temporalmente la capacidad del pilote e incluso causar la licuefacción del terreno.



Figura 2. Descalce de una cimentación vecina durante la excavación. Imagen: E. Valiente

1.2 Clasificación

La cimentación puede clasificarse atendiendo a la profundidad a la que se realiza (Figura 3). Así, si llamamos D a la profundidad a la que se encuentra el contacto entre la cimentación y el terreno y B la dimensión menor de la cimentación, éstas se pueden clasificar en:

- Cimentación superficial o directa:
 $D/B < 4$
 $D < 3 \text{ m}$
- Cimentación semiprofunda o pozos:
 $4 \leq D/B \leq 8$
 $3 \text{ m} \leq D \leq 6 \text{ m}$
- Cimentación profunda o pilotaje
 $D/B > 8$
 $D > 6 \text{ m}$

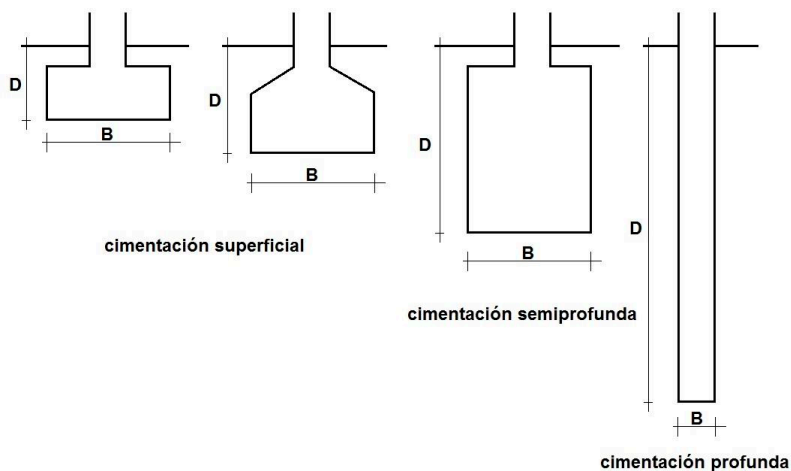


Figura 3. Clasificación de las cimentaciones en función de la profundidad de apoyo
Existen distintos tipos de cimentaciones superficiales, tal y como se aprecia en la Figura 4.

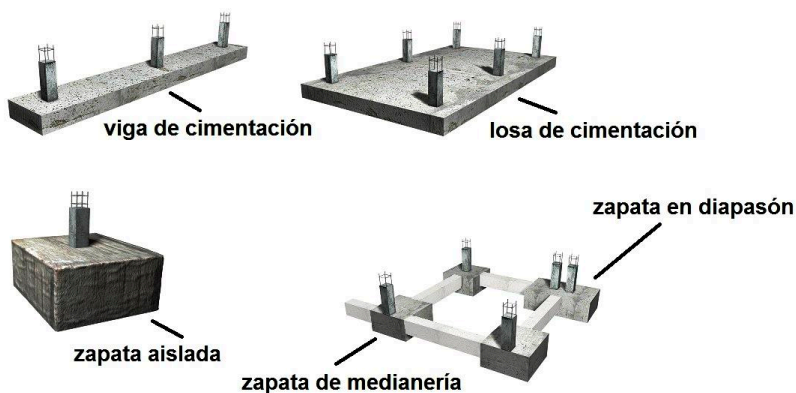


Figura 4. Algunos tipos de cimentaciones superficiales. Imagen elaborada a partir de:
<http://www.generadordeprecios.info/>

En la Tabla 1 se ha asignado a cada cimiento directo el tipo de elemento estructural al que sirve de cimentación.

Tabla 1. Tipología de cimiento y elemento estructural más usual al que sirve de cimentación

Tipo de cimiento directo	Elementos estructurales más usuales a los que sirve de cimentación
Zapata aislada	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada	Dos o más pilares contiguos
Zapata corrida	Alineaciones de tres o más pilares o muros
Pozo de cimentación	Pilar aislado
Emparrillado	Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula
Losa	Conjunto de pilares y muros

1.3 Criterios de elección del tipo de cimentación

El tipo de cimentación se selecciona en función del terreno, de la estructura y de la interacción con los edificios próximos. El terreno influye por su capacidad portante, por su deformabilidad, por la existencia de nivel freático, por su excavabilidad o alterabilidad, entre otros. En el tipo de estructura son determinantes las cargas, las tolerancias a los asentos y la presencia de sótanos. Son muy susceptibles aquellos edificios cercanos antiguos con cimentación somera o cuando las cargas van a ser muy diferentes entre los edificios próximos.

La cimentación por zapatas constituye la solución tradicional por economía y facilidad de ejecución. Es una buena solución cuando la resistencia del terreno es de media a alta, sin estratos blandos interpuestos. Es la cimentación ideal si el terreno presenta una cohesión suficiente para mantener verticales las excavaciones, no existe afluencia de agua y el nivel de apoyo se encuentra a menos de 1,5 m, si bien se puede rellenar la diferencia con un hormigón pobre en el caso de mayores profundidades. En edificios ligeros y muros de carga se utilizaban zapatas de hormigón en masa, si bien hoy día se realizan con hormigón armado. Cada pilar asienta de forma independiente sobre cada zapata. Como inconveniente cabe citar la escasa resistencia a giros y a desplazamientos horizontales, que pueden resolverse con riostras, zapatas combinadas o vigas de cimentación.

La cimentación por losa se utiliza en terrenos menos resistentes o heterogéneos, especialmente para tensiones admisibles menores a 0,15 N/mm². Es económica si la superficie de la cimentación supera la mitad de la extensión que ocupa el edificio. Una ventaja adicional es que anula o reduce los asentos diferenciales. Asimismo se aconseja cuando el edificio presenta un sótano bajo el nivel freático, combinado con muros pantalla. La facilidad constructiva sugiere losas de canto constante, salvo en edificios con zonas cargadas de forma diferente para garantizar la compatibilidad de las deformaciones.

Se recurre a la cimentación por pilotaje cuando no existe firme a una profundidad alcanzable mediante zapatas o pozos, normalmente más de 5 m. Los pilotes reducen los asentos de la estructura, cuando la permeabilidad u otras condiciones del terreno impiden la ejecución de cimentaciones superficiales, existen cargas muy fuertes o concentradas o bien se pretende evitar la influencia sobre cimentaciones adyacentes.

2 Cimentaciones superficiales

Las cimentaciones superficiales suelen ser las más utilizadas, especialmente en edificación, pues presentan un menor coste por carga soportada y una mayor facilidad de ejecución. Los esfuerzos se transmiten a través de su base de contacto y origina en el terreno unas distribuciones que se consideran normalmente planas. En la Figura 5 se puede ver cómo una excentricidad en la carga puede provocar zonas de despegue de tensiones en el apoyo de la zapata. En la Figura 6 se observa cómo cambia la distribución de presiones en función de tipo de suelo (cohesivo, granular o roca) y del tipo de zapata (rígida o flexible). Sin embargo, con cimentaciones corridas o aisladas y con los vuelos de zapata habituales, se acepta una distribución uniforme de presiones. Es importante la forma en que se transmiten los esfuerzos al terreno, puesto que la carga soportada por éste es mucho menor que la del elemento en contacto con él.

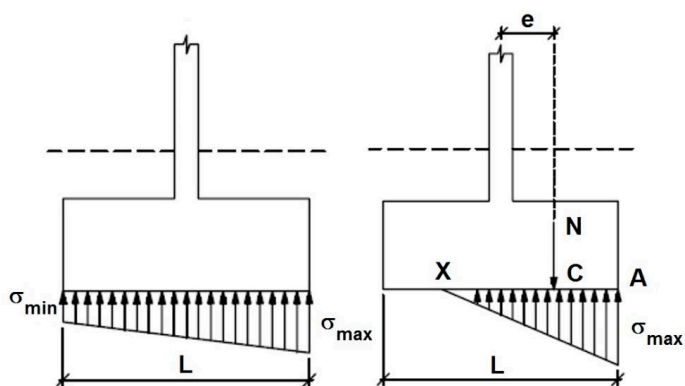


Figura 5. Distribución de la tensión transmitida al terreno

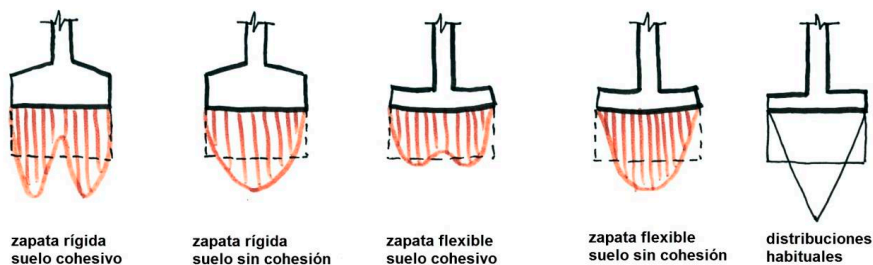


Figura 6. Distribución de tensiones en función de la naturaleza del suelo

Un aspecto de gran importancia es la presencia de agua, pues su agotamiento supone un incremento en coste y un aumento de plazo que puede hacer inviable una cimentación superficial.

2.1 Zapatas

Las zapatas son cimentaciones superficiales indicadas para cimentar elementos aislados de una estructura, tales como pilares o muros. Se pueden clasificar en función de su forma de trabajo, tal y como se describe a continuación.

2.1.1 Zapata aislada

Una zapata aislada es una cimentación puntual que recibe un solo sistema de carga, como son los pilares (ver Figura 7). Se emplea en terreno firme y competente, transmitiendo una tensión de media a alta y provocando asientos pequeños o moderados. Es la cimentación más económica sobre roca o suelos con tensiones admisibles habituales superiores a $0,15 \text{ N/mm}^2$. Son cuadradas, aunque se usan rectangulares cuando existen luces diferentes en dos sentidos perpendiculares, los momentos flectores se dan en una sola dirección, los pilares son de sección rectangular, se levantan dos pilares contiguos separados por una junta de dilatación o en casos especiales de geometría difícil. En otros casos pueden ser de formas circulares o poligonales. Si existe una junta de dilatación, se dispone la zapata en diapasón, con dos soportes adosados, tal y como se aprecia en la Figura 8.

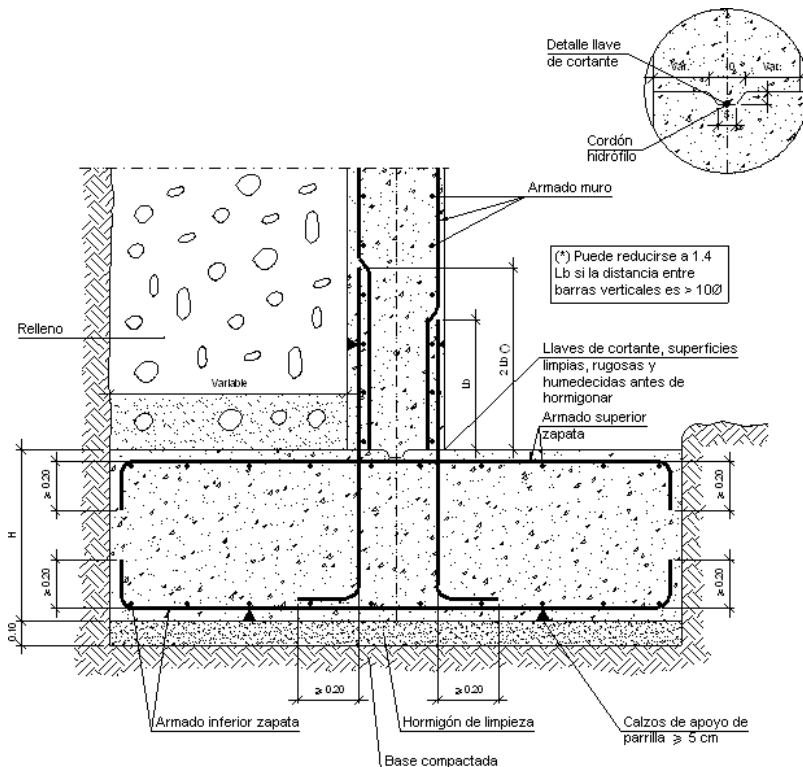


Figura 7. Zapata aislada centrada. Fuente: CYPE, Biblioteca de detalles constructivos, Regalado et al., (2004).

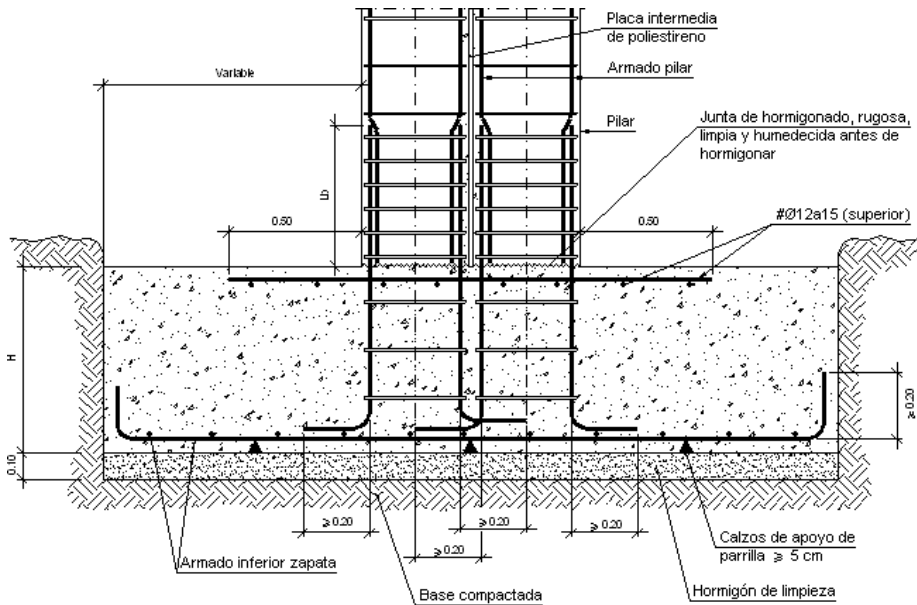


Figura 8. Zapata en diapasón. Imagen cortesía de CYPE, Biblioteca de detalles constructivos, Regalado et al., (2004).

Las zapatas aisladas se pueden clasificar atendiendo a su forma (Figura 9): en rectas (de canto constante), escalonadas, piramidales y nervadas o aligeradas. La norma de hormigón estructural EHE, en cambio, cataloga las zapatas en rígidas y flexibles (ver Figura 10). El canto mínimo en el borde es de 40 cm en zapatas de hormigón en masa y 30 cm si son de hormigón armado.

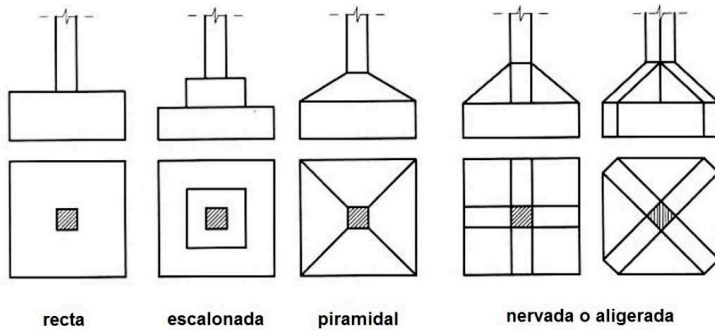


Figura 9. Tipología de zapatas atendiendo a su forma

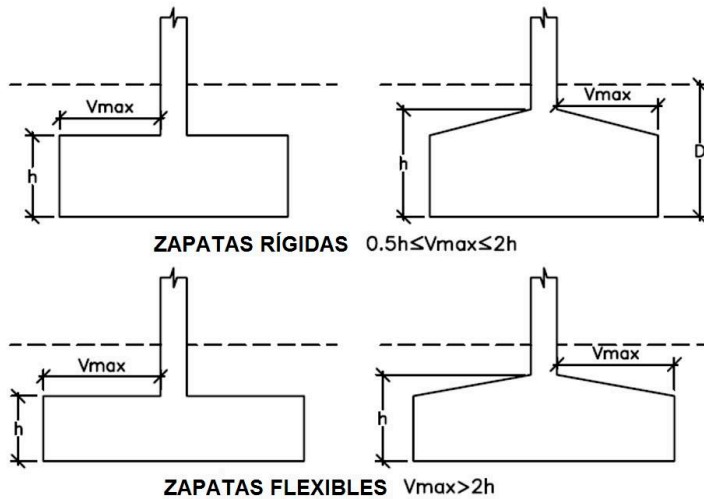


Figura 10. Tipología estructural de zapatas atendiendo a la EHE

Las zapatas aisladas pueden ser centradas, medianeras o de esquina, según la columna se encuentre en el centro del cimiento, en el borde o en la esquina. La zapata de medianería transmite la carga de soportes excéntricos situados en una de las caras de la zapata (ver Figura 11). La zapata de esquina, tal y como se ilustra en la Figura 12, tiene situada la columna en una de las esquinas. Ambos casos son habituales cuando se disponen soportes junto a las lindes de propiedad del terreno sobre las que se va a construir la estructura.



Figura 11. Zapata de medianería. Imagen de J. Martínez (<http://www.soloarquitectura.com/foros>)

La excentricidad de la carga sobre una zapata de medianería provoca un momento de vuelco que tiende a levantarla (ver Figura 13). Para evitarlo, tal y como muestra la Figura 14, se puede atar la cimentación al forjado o viga superior (a,b), mediante un tirante (c,d) o mediante una viga centradora (e). La viga centradora une zapatas de medianería o de esquina redistribuyendo las cargas y presiones sobre el terreno.

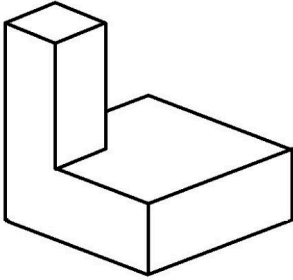


Figura 12. Zapata de esquina

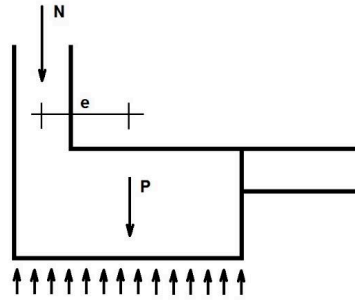


Figura 13. La carga del pilar provoca un momento de vuelco

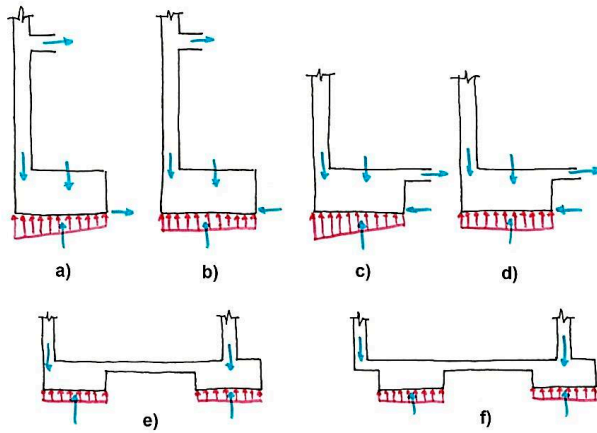


Figura 14. Problema de la excentricidad de la carga. Esquema basado en Calavera (2015)

Las fases de ejecución de una zapata aislada se pueden resumir de la siguiente forma: limpieza y desbroce del solar, comprobación de medidas y niveles, replanteo del movimiento de tierras, excavación hasta la cota superior del cemento y excavación de zapatas y riostras. A continuación se vierten unos 10 cm de hormigón de limpieza, se encofran las zapatas y riostras, se coloca la armadura inferior con los separadores, se dispone la armadura de espera de pilares, se arman las riostras, se vierte, vibra y cura el hormigón. En las siguientes fotografías (Figuras 15-32) se pueden apreciar algunas de estas fases.



Figura 15. Limpieza y desbroce del solar.
Imagen: V. Yepes



Figura 16. Marcado de la cimentación.
Fuente: <http://www.newjoquesa.net/>



Figura 17. Replanteo del movimiento de tierras.
Imagen: V. Yepes



Figura 18. Excavación hasta la cota superior del cemento.
Imagen: V. Yepes



Figura 19. Hormigón de limpieza.
Imagen: V. Yepes



Figura 20. Excavación hasta la cota superior del cemento.
Imagen: V. Yepes



Figura 21. Inestabilidad de las paredes.
Fuente: <http://www.elblogdeapa.com/>



Figura 22. Encofrado de zapatas.
Fuente: <http://constructorinmobiliario.blogspot.com.es/>

Para seguir leyendo haga click aquí