

Recalces profundos

Apellidos, nombre	Basset Salom, Luisa (lbasset@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

En este artículo docente vamos a enumerar y explicar los tipos de recalces profundos que se utilizan para solucionar los problemas o incrementar la capacidad portante de cimentaciones profundas y de cimentaciones superficiales, a los que hay que recurrir cuando la solución mediante un recalce superficial no es adecuada o posible.

2 Introducción

Cuando se sobrepasa o está previsto que se sobrepase la capacidad portante del terreno o cuando los asientos no son admisibles, se pueden producir daños en la estructura del edificio, así como en sus cerramientos, particiones y solados.

Las causas más comunes son un fallo de la propia cimentación (tipo, elección de la profundidad o dimensiones inadecuadas), un error en la determinación de los parámetros y propiedades del terreno, o bien, otras causas externas como un cambio de uso o del número de plantas del edificio, rotura de tuberías, sismo, etc.

Debe entonces definirse el tipo de intervención más adecuado para detener los asientos y/o incrementar la capacidad portante de la cimentación. Esta intervención dependerá del tipo, estado y dimensiones de cimentación, del tipo de terreno e incluso de las posibles modificaciones en el edificio. La intervención mediante recalces profundos es aplicable tanto a cimentaciones superficiales como a cimentaciones profundas, siendo la única posibilidad en estas últimas.

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Enumerar e identificar los tipos de recalce profundo para cimentaciones superficiales
- Enumerar e identificar los tipos de recalce profundo para cimentaciones profundas
- Determinar la técnica de recalce profundo más adecuada en función del tipo de cimentación, de las características del terreno (profundidad del estrato resistente, tipo de suelo) y del entorno (accesibilidad, maniobrabilidad, posición del nivel freático etc.).

4 Recalce profundo en cimentaciones superficiales

Se recurre al recalce profundo de cimentaciones superficiales cuando el terreno sobre el que apoya la cimentación no ofrece suficientes garantías para soportar las cargas recibidas debido a una elección inapropiada de la profundidad o porque está previsto un aumento de éstas por un cambio de uso o elevación del número de plantas del edificio. Si no es posible o efectivo mejorar el terreno mediante alguna técnica de intervención sobre el mismo, hay que buscar un estrato profundo más competente.

Otra situación bastante habitual hoy en día que requiere de un recalce profundo es la habilitación de sótanos bajo un edificio existente o junto a un edificio con cimentación superficial.

El recalce profundo de cimentaciones superficiales puede ser mediante pozos, pilotes o micropilotes.

4.1 Pozos

Este sistema consiste en la excavación de pozos por debajo de la cimentación, hasta llegar a la profundidad a la que se encuentra el terreno firme (sin rebasar los 12 m y nunca por debajo del nivel freático). Los pozos suelen tener de 1 a 2 m de ancho.

La intervención se realiza por puntos a tresbolillo abarcando la mitad de la cimentación y separados la distancia necesaria para evitar daños adicionales o sobrecargar el terreno adyacente al pozo.

A medida que avanza la excavación, ésta se va entibando según el tipo de terreno, para evitar que las paredes del pozo se derrumben. Alcanzada la profundidad deseada, se construye la nueva zapata y el muro hasta llegar a la cara inferior de la cimentación existente.

Cuando la cimentación nueva tiene suficiente resistencia se realiza la puesta en carga mediante un mortero de cemento expansivo en la junta o con gatos hidráulicos.

Este sistema, empleado tradicionalmente para cimentaciones corridas de muros se utiliza poco en la actualidad, sobre todo por seguridad y por cuestiones constructivas. En zapatas aisladas entraña más riesgo, ya que hay que apejar la estructura.

En la figura 1 se puede ver un pozo para el recalce de la cimentación de un edificio para habilitación de un sótano. Se observa la colocación de las armaduras y el encofrado para el muro por debajo del existente.



Figura 1. Recalce mediante pozos para la habilitación de un sótano

4.2 Pilotes

Este sistema de recalce es adecuado para grandes cargas y cuando, para encontrar un estrato firme profundo, hay que atravesar estratos poco consistentes o situados por debajo del nivel freático.

Tiene capacidad para absorber mayores esfuerzos que el recalce con micropilotes, sin embargo, está limitado por el espacio que necesita la maquinaria correspondiente para la ejecución de los pilotes (Figura 2).

Los pilotes pueden ser hormigonados in situ o prefabricados hincados



Figura 2. Maquinaria para ejecución recalce con pilotes in situ

4.2.1 Pilotes in situ

Estos pilotes se ejecutan en el perímetro de la cimentación superficial existente (zapatas aisladas o corridas), excavando con herramienta helicoidal para no producir vibraciones o impactos perjudiciales para el edificio.

Posteriormente se atan las cabezas con un encepado que garantice la transmisión de las cargas de la estructura al nuevo cimiento. El encepado puede ser continuo o discontinuo.

- Encepado continuo
En las zapatas aisladas el encepado rodea el perímetro situándose a la altura de la cara superior de éstas o bien envolviéndola también por encima, con el fin de garantizar el trabajo solidario de ambas. Para aumentar y garantizar la transferencia de cargas se puede modificar la geometría lateral de la zapata existente.
Cuando las zapatas son corridas, se unen las vigas de atado de las cabezas de los pilotes por debajo de la zapata existente lo que obliga a descalzarla trabajando por bataches. También puede ser conveniente, en ocasiones, apeaar provisionalmente la cimentación. La transmisión de cargas es directa, al apoyar sobre el nuevo encepado.
- Encepado discontinuo
Se utiliza para zapatas corridas como alternativa al caso anterior. Las cabezas de las filas de pilotes situadas a ambos lados de la zapata se unen mediante vigas longitudinales de atado(Figura 3).

Para garantizar el trabajo solidario y la transmisión de cargas, estas vigas se atan mediante armaduras, bulones o pernos que atraviesan la cimentación existente y que se anclan a cada lado de la misma.

Otra opción es unir las vigas longitudinales de atado de las cabezas de los pilotes mediante vigas pasantes o vigas puente (metálicas o de hormigón armado o pretensado), que atraviesan el muro apoyándose, precisamente, en ellas.



Figura 3. Recalce mediante pilotes in situ (S. Miguel de los Reyes, Valencia)

4.2.2 Pilotes hincados

Los pilotes prefabricados (metálicos o de hormigón) están formados por tramos que se van uniendo hasta formar el pilote definitivo. Estos tramos se hincan a presión, mediante gatos hidráulicos que se apoyan en la cimentación existente y en los sucesivos tramos a medida que se van hincando. La maquinaria necesaria es de menor envergadura que la de los pilotes in situ.

Existen varias patentes, tanto de acero como de hormigón armado, como, por ejemplo, el pilote "Pretest" (elementos tubulares de acero) o el pilote "Mega" (elementos tubulares de hormigón armado o de acero que se rellenan de hormigón).

Para poder iniciar el proceso hay que excavar una zona debajo de la cimentación que permita la introducción de los gatos y del primer tramo de pilote. A medida que se va hincando cada tramo se va colocando uno nuevo hasta que se alcance el rechazo. Dependiendo del tipo de pilote, si procede, se hormigona su interior. Posteriormente, se apea la cimentación mediante un enano o puntales metálicos en la posición que ocupaban los gatos (entre el último tramo y la cimentación existente), se retiran éstos y se hormigona el hueco entre ambos (Figura 4).

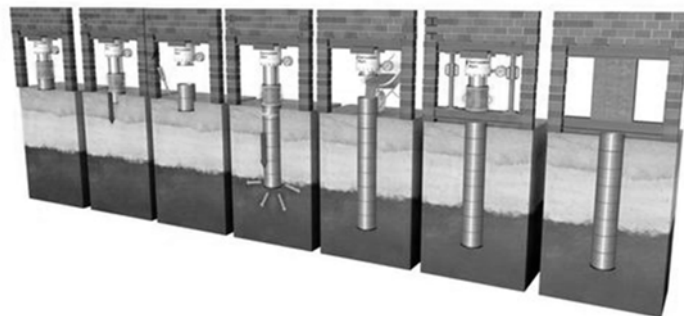


Figura 4. Proceso de recalce con pilotes hincados tipo Mega

4.3 Micropilotes

Se trata de un sistema de recalce muy utilizado por su facilidad de ejecución, la maniobrabilidad de los equipos y sus resultados. Se puede utilizar con cualquier tipo de cimentación y terreno, eligiendo el sistema de perforación apropiado, habitualmente a rotación, con el fin de evitar vibraciones excesivas.

Los micropilotes son pilotes de pequeño diámetro (100-300 mm), verticales o inclinados, que pueden atravesar la cimentación existente que permanece operativa durante la ejecución, no siendo necesario el apeo de la estructura.

Las características de los micropilotes, longitudes, secciones, armados, etc., dependen de las cargas, las características del terreno y la geometría e integridad de las zapatas a recalzar, pudiendo alcanzarse profundidades de hasta 20 m uniendo tramos. Además de micropilotes in situ hay también micropilotes prefabricados (metálicos o de hormigón prefabricado) que se hincan a presión en el terreno de forma similar a los pilotes de este tipo y que permiten incluso, en algunos casos, recuperar los asientos.

Si el estado de la cimentación existente es adecuado y tiene canto y resistencia suficientes para soportar los nuevos esfuerzos, la propia zapata hace de encepado de los micropilotes. Si no es así se ejecuta un encepado (Figura 5), que puede ser continuo, discontinuo o mediante vigas puente como en el caso de los pilotes.

Para garantizar la transmisión de cargas entre encepado y zapata se utiliza cualquiera de los procedimientos de mejora de la unión y adherencia entre hormigones (modificación de la geometría, resinas, armaduras, bulones, etc.).

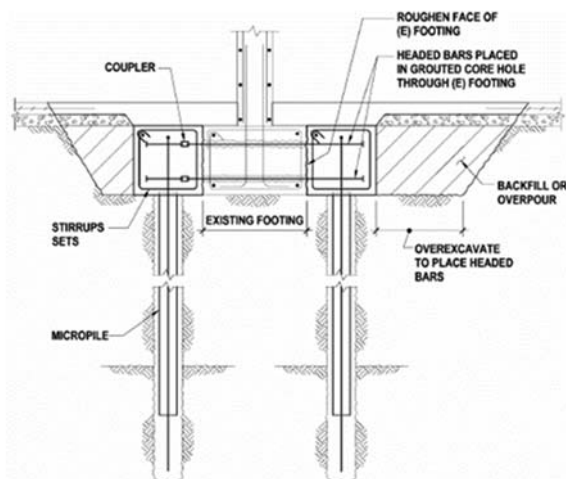


Figura 5. Recalce con micropilotes. Unión encepado-zapata existente mediante armadura pasante [7]

5 Recalces profundos en cimentaciones profundas

Cuando una cimentación profunda es insuficiente puede actuarse sobre el terreno o ejecutar recalces profundos reforzando la cimentación existente con nuevos pilotes o micropilotes o bien sustituyendo la cimentación por otra nueva, dejando en el terreno la cimentación antigua, pero sin función.

5.1 Recalce con pilotes

Para recalzar una cimentación con pilotes, la solución habitual suele ser aumentar el número de pilotes, construyendo otros nuevos, incluso de mayor longitud que los antiguos si se pretende llegar a un estrato más profundo.

Los pilotes nuevos se distribuyen simétricamente en el perímetro del pilotaje existente, separados entre sí y de los antiguos, por la distancia mínima recomendable, evitando que se produzca el efecto grupo.

Al ejecutar el encepado de los pilotes adicionales se debe garantizar la transmisión de cargas desde el encepado existente, de lo contrario los nuevos pilotes no contribuirían.

Una solución posible es que el encepado nuevo forme un anillo periférico zunchando el encepado existente. En este caso la transmisión se realizaría por la superficie de contacto entre ambos, pudiendo adoptarse alguna de las medidas para mejorar dicha transmisión ya mencionadas en el caso de cimentaciones superficiales (modificación geometría lateral, armaduras, bulones, etc.).

Esta solución exige no solo que el encepado existente se encuentre en buenas condiciones de conservación y capacidad resistente, sino sea capaz de admitir el incremento de carga que suponen los nuevos pilotes (dimensionado adecuado en cuanto a canto y armaduras)

Cuando esto no ocurre, se realiza un nuevo encepado por debajo del existente, englobando a todos los pilotes, de manera que la puesta en carga y transmisión es directa en el momento en que la junta entre ambos se rellena con mortero (normalmente mortero expansivo). Para la realización de este encepado no es necesario apeaar la estructura, ya que el encepado existente no se toca.

En los dos casos, sobre todo cuando la carga transmitida es elevada, no suele contarse con la contribución de los pilotes existentes por cuestiones de seguridad, ya que es difícil evaluar con precisión el reparto real de trabajo entre ambos pilotajes.

5.2 Recalce con micropilotes

Otra solución para recalzar un pilotaje insuficiente es mediante micropilotes que atraviesan el encepado antiguo, aunque no suele ser una solución tan efectiva como en el recalce de cimentaciones superficiales ya que normalmente los micropilotes no pueden llegar a la misma profundidad que los pilotes.

En la figura 6 se observa un ejemplo. Para recalzar el pilote se han distribuido de forma simétrica 4 micropilotes que se han ejecutado atravesando el encepado existente. Además, para garantizar la transmisión de cargas adecuadamente a los micropilotes se ha suplementado dicho encepado por la parte superior atando ambos hormigones mediante unas armaduras verticales.

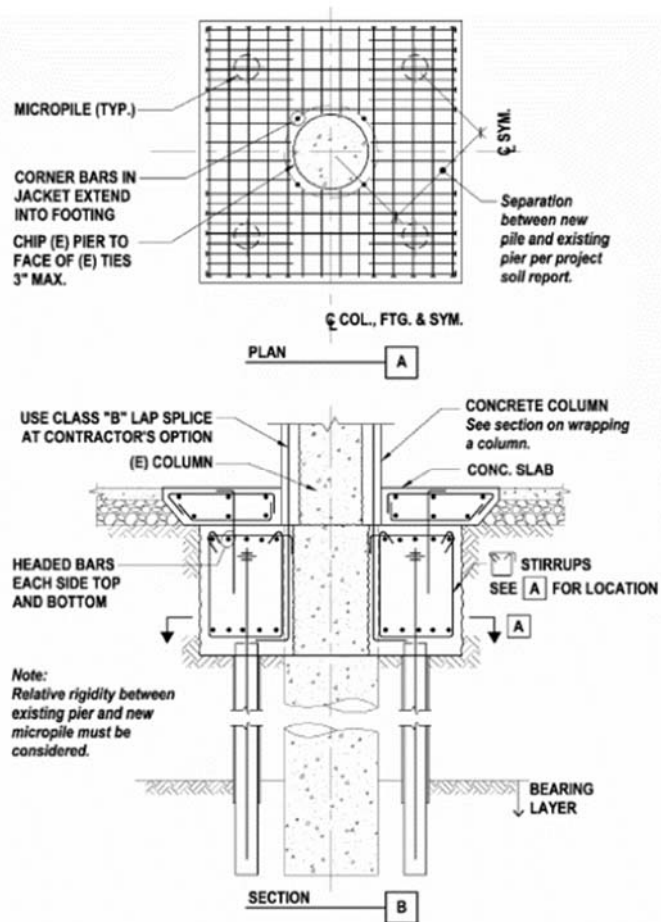


Figura 6. Recalce profundo de un pilote con micropilotes [7]

6 Cierre

A lo largo de este artículo docente hemos visto diferentes tipos de recalces profundos, tanto de cimentaciones superficiales como profundas.

Te animo a buscar ejemplos de estos tipos de recalce identificando la solución adoptada.

Observa la figura 7 correspondiente al recalce de una zapata corrida con micropilotes. En ella se aprecia el armado de la viga longitudinal del encepado (encepado discontinuo) a uno de los lados del muro. También se aprecian las armaduras de una viga pasante de hormigón (viga puente) que conectará ambas partes del encepado.

¿Qué otro tipo de solución podría haberse adoptado para el encepado¹? ¿Te parece una solución adecuada?

¹ Encepado continuo por debajo de la cimentación existente o encepado discontinuo conectado mediante bulones. A falta de más datos, esta parece una solución adecuada.



Figura 7. Recalce con micropilotes (encofrado discontinuo con vigas pasantes)

7 Bibliografía

7.1 Libros:

- [1] Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento. Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2006.
- [2] "Enciclopedia Broto de patologías en la construcción. Patología de los elementos constructivos (III): cimentaciones. Ed. Broto y Comerma, 2005.
- [3] Maña i Reixach, F. ESTRUCTURES: 1. Tècniques de recalçament dels fonaments. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya ITEC 1990
- [4] Monjo, J., Maldonado, L.: "Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas". Ed. Munilla-Lería, 2001
- [5] Torreño Gómez, Ildefonso. Manual de patología de la edificación Tomo I, Cap. V Recalces y refuerzos en las cimentaciones. Dep. Tecnología de la Edificación E.U.A.T.M. U.P.M. 2004
- [6] Tratado de rehabilitación. Tomo 3. Patología y técnicas de intervención. Elementos estructurales. I. Recalces, apeos y demoliciones. 1. Patología de cimentaciones García López M., Máster de Restauración Arquitectónica UPM. Dep. Construcción y Tecnología Arquitectónicas. ETSAM, Ed. Munilla-Lería, 2008.

7.2 Referencias de fuentes electrónicas:

- [7] Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings: FEMA 547, 2006. Disponible en: <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1554-20490-7382/fema547.pdf>



7.3 Figuras:

Figura 1. Recalce mediante pozos para la habilitación de un sótano (http://www.cfms-sols.org/sites/default/files/2_D-NIDEL-RSO-CFMS.pdf)

Figura 2. Maquinaria para ejecución recalce con pilotes in situ. Autores: J. Esteban, J. Monfort, L. Palaia y E. Abdilla)

Figura 3. Recalce mediante pilotes in situ (S. Miguel de los Reyes, Valencia). Autores: J. Esteban, J. Monfort, L. Palaia y E. Abdilla)

Figura 4. Proceso de recalce con pilotes hincados tipo Mega. (<https://www.ffgb.be/en/techniques/piles/mini-piling/mega-pile>)

Figura 5. Recalce con micropilotes. Unión encepado-zapata existente mediante armadura pasante [7]

Figura 6. Recalce profundo de un pilote con micropilotes [7]

Figura 7. Recalce con micropilotes (encofrado discontinuo con vigas pasantes) (<https://www.geonovatek.es/tecnologia/minipilote-autoperforante/>)