

Documento:



Cs-2

UNIDAD CONSTRUCTIVA

CIMENTACIONES SUPERFICIALES:
LOSAS DE CIMENTACIÓN

DESCRIPCIÓN

Tipología de cimentación por placa de hormigón empleada habitualmente para terrenos poco homogéneos o con poca capacidad portante que reparte las cargas sobre la totalidad de la superficie de apoyo.

DAÑO

FISURACIONES, GRIETAS, GIROS, DESPLOMES, DESNIVELES Y DEFORMACIONES

ZONAS AFECTADAS DAÑADAS

Cerramientos, tabiquerías y acabados



Figura 1: Ejecución de losa de cimentación



Figura 2: Hormigonado losa de cimentación

1 - CIMENTACIÓN (C)

Las **losas de cimentación** se podrán emplear cuando el terreno presente baja capacidad de carga y elevada deformabilidad, o bien muestre heterogeneidades que hagan prever asentamientos totales elevados y, consiguientemente, importantes asentamientos diferenciales, o cuando el área cubierta por posibles cimentaciones aisladas o por emparrillados cubra un porcentaje elevado de la superficie de ocupación en planta del edificio (>50%), se podrá cimentar por el sistema de losa.

Al quedar todos los pilares de la estructura reunidos en una sola cimentación se podrá conseguir una considerable rigidez con el fin de disminuir el problema de la heterogeneidad del terreno impidiendo grandes asentamientos diferenciales.

Las losas de cimentación pueden ser de los siguientes tipos: continua y uniforme, con refuerzos bajo pilares, con pedestales, con sección en cajón, nervada, aligerada. (DB SE C. Apdo. 4.1.5. Figura 4.6).

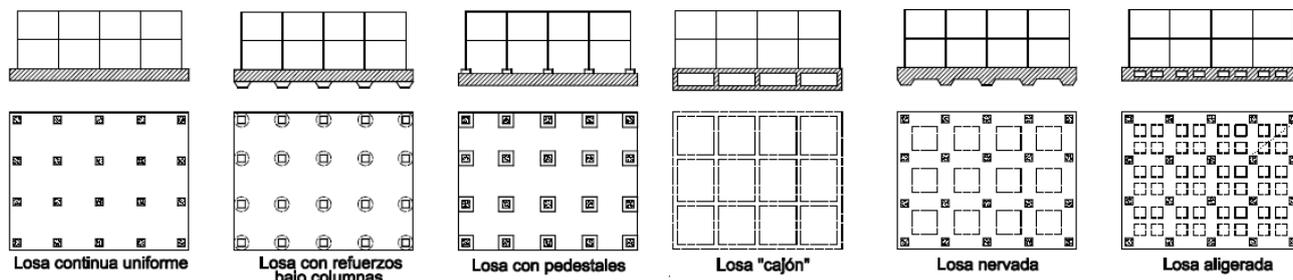


Figura 3. Tipos de losas de cimentación (DB SE-C)

La losa recogerá los elementos estructurales del edificio y cubrirá el área disponible, dando así lugar a la mínima presión unitaria, pero a la máxima anchura de cimentación. Especialmente en el caso de suelos compresibles de gran espesor, estas consideraciones pueden dar lugar a asentamientos considerables a no ser que se planteen compensaciones de cargas.

Las losas de cimentación se utilizarán preferentemente para reducir los asentamientos diferenciales en terrenos heterogéneos, o cuando exista una variabilidad importante de cargas entre apoyos cercanos.

El sistema de cimentación por losa tiende a integrar estas heterogeneidades, aunque a cambio de una distribución irregular de las presiones sobre el terreno.

También podrá ser conveniente una solución mediante losa cuando, aunque el terreno de apoyo sea homogéneo y resistente, el edificio contenga sótanos y su cota inferior se sitúe por debajo del nivel freático.

En estos casos se debe tener en cuenta los posibles empujes ascensionales del agua subterránea (subpresión) y los requisitos de estanqueidad necesarios.

Cuando el edificio vaya a disponer de sótanos y se cimente por medio de losa, es posible que el peso de las tierras excavadas sea semejante al peso total del edificio. En ese caso, la presión unitaria neta que transmitirá la losa al terreno será del mismo orden de magnitud que la presión efectiva preexistente, y los asientos serán probablemente de pequeña entidad. Esta situación particular se denomina cimentación compensada.

La cimentación compensada de edificios con zonas de diferente altura (y por tanto de peso) podrá requerir la disposición de un número variable de sótanos distribuidos de forma proporcional al número de plantas a construir por encima de la superficie del terreno. En estas circunstancias será preciso disponer juntas estructurales debidamente tratadas entre las diferentes zonas del edificio, e intentar que el centro de gravedad de las acciones de la estructura en cada zona coincida con el centro de gravedad de las losas, de forma que se reduzca cualquier tendencia al giro. Asimismo, será necesario analizar con detalle los asientos inducidos sobre las construcciones colindantes. (CTE DB SE C Apdo.4.2.2.2.).

PROBLEMÁTICAS HABITUALES

En la mayoría de los casos, el conocimiento de los fallos en la cimentación se produce cuando ya existen daños en el edificio, con la aparición de lesiones sintomáticas claramente apreciables.

Las fisuras y grietas suelen ser los primeros síntomas de algún fallo o problema en la cimentación.

Las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asientos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que, si resultan excesivos, podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños (Figura 4.1).

Las principales causas de daños con origen en la cimentación son:

- Asientos diferenciales.
- Rellenos estructurales: deficiente compactación.
- Existencia de arcillas expansivas.
- Terrenos distintos del previsto.
- Materiales o soluciones constructivas inadecuadas.
- Causas extrínsecas de fallos de cimentación

Los movimientos del terreno serán admisibles para el edificio a construir; y los movimientos inducidos en el entorno no afectarán a los edificios colindantes. (Figura 4.2).

Las limitaciones de movimiento o los movimientos máximos admisibles se estipularán en cada caso en función del tipo de edificio, diferenciando entre el edificio objeto del proyecto y las construcciones y servicios próximos.

❖ Asientos uniformes y diferenciales

Las principales causas que pueden provocar la aparición de fisuraciones y/o grietas son consecuencia de la interrelación entre la cimentación y estructura, debido a los movimientos diferenciales que pueden estar provocados por apoyos de la cimentación sobre materiales con distintas características geotécnicas, provocando distorsiones entre los elementos más sensibles a deformaciones.

Cuando todos los puntos de la cimentación ceden igual, se trata de un asiento uniforme y en principio podría no revestir peligro si no es de consideración, sin embargo, puede darse el caso de que el asiento sea de importancia y poner en peligro la seguridad estructural del edificio.

Por otro lado, están los **asientos diferenciales**, definido como la diferencia de asiento entre dos puntos cualesquiera de la cimentación (DB SE C apdo.2.4.3.1.b), lo que puede provocar la inclinación y la acumulación de tensiones llegando a producir daños de diversa consideración en la edificación.

❖ Rellenos estructurales: deficiente compactación

Las causas de aparición de patologías en edificaciones en donde se han utilizado rellenos estructurales son muy variadas, pudiendo hacer una clasificación atendiendo al origen de la causa, teniendo por lo tanto causas intrínsecas y causas extrínsecas.

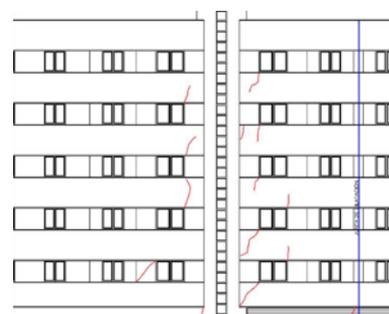


Figura 4.1: Fisuraciones en fachada por asientos de cimentación

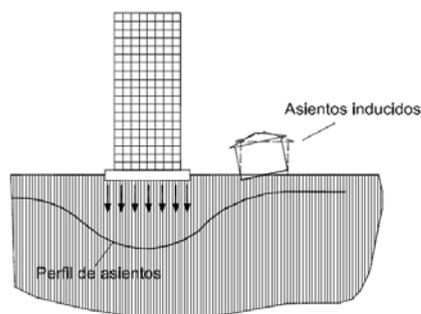


Figura 4.2: Asientos inducidos

Causas intrínsecas, debido a los defectos en el proyecto o en la puesta en obra:

- Derivados del proyecto podremos tener patologías que se deben a la falta de idoneidad de los materiales, ensayos de reconocimiento insuficientes, falta de definición de los materiales de relleno, falta de definición de los valores de compactación, etc.
- Derivados de la puesta en obra: podremos tener patologías que se deben a la disposición de materiales no adecuados, errores en la compactación de los rellenos, errores en la instalación de la red de saneamiento (fugas), etc.



Figura 5: Cimentación en relleno. Asientos: fisuras/grietas

Causas extrínsecas, debido a variaciones producidas en el edificio o en su entorno que modifican las características existentes, por ejemplo, las construcciones en las inmediaciones no previstas que provoquen descalces de la cimentación por desconfinamiento del relleno, vibraciones, variaciones en el nivel freático, fugas o escapes de agua, etc.

❖ Existencia de arcillas expansivas

La principal característica de los suelos arcillosos expansivos es la de producir movimientos como consecuencia de hinchamientos y retracciones del subsuelo sobre el cual apoya la cimentación, por los cambios de humedad en el suelo y que provocan en la mayoría de los casos daños estructurales importantes.

El origen de las patologías por arcillas expansivas depende directamente de tres factores que pueden interaccionar entre sí y que son:

- La naturaleza geológica y geotécnica del suelo y en concreto el porcentaje de contenido en finos para su caracterización.
- El grado de expansividad a determinar en función de los diferentes ensayos.
- Cambios de humedad. Los cambios estacionales generan ciclos de humectación y desecación, o por otros factores externos tales como rotura de tuberías de abastecimiento de agua, de saneamiento, zonas de riego abundante, existencia de árboles de crecimiento rápido y hoja caduca próximos al edificio, etc., se produce la hidratación y deshidratación del terreno.



Figura 6: Daños por cimentación en terreno expansivos: fisuras y grietas

La cimentación sobre arcillas expansivas es posible siempre y cuando se disponga de un completo estudio geotécnico, que permita al redactor del proyecto tomar las medidas adecuadas para cada situación y prever los sistemas necesarios para evitar o minimizar cualquier cambio de humedad en el terreno. Todo ello claro está, debe complementarse con la correcta ejecución y por supuesto con un mantenimiento adecuado.

❖ Terreno distinto del previsto

Se debe comprobar siempre que el suelo situado debajo de la cimentación directa se corresponde con el descrito en la investigación geotécnica que se realizó para estudiarlo. Si el suelo presenta divergencia con el que se caracterizó en dichos reconocimientos, se varía su composición durante la excavación, o su profundidad, el director de obra tendrá que evaluar la validez de la cimentación inicialmente prevista en el proyecto o proceder a su recálculo.

❖ Materiales o soluciones constructivas inadecuadas

- Mala calidad de los materiales, en especial hormigones. Deterioro de la losa: fisuras de retracción, materiales con resistencia inferior a la requerida en proyecto, etc.
- Degradación del material, suele ir unido al anterior: hormigón no resistente a la agresividad del terreno, recubrimientos insuficientes, etc.
- Lavado del hormigón colocado en presencia de aguas en movimiento.
- Errores en la colocación de armaduras, confusión de diámetros de armado, ausencia de separadores, etc...
- Problemas de fraguado, unidos a errores de vertido, de dosificación, de curado...

❖ Causas extrínsecas de fallos de cimentación

Son las derivadas de la actividad humana a lo largo del tiempo, así que son variables por definición y difícilmente previsibles.

Se engloban tanto los cambios en el propio edificio como en el entorno y, en cualquier caso, modifican sustancialmente las condiciones para las que se diseñó la cimentación.

➤ Variaciones en las hipótesis de proyecto.

Se trata de las modificaciones al proyecto del propio edificio que pueden afectar a la cimentación. Y esto puede ocurrir de varias formas, entre ellas:

- Aumento del número de plantas sobre rasante.
- Necesidad de profundizar la cimentación en toda o parte de la estructura, para sótanos, fosos, etc.
- Incrementos de sobrecargas de uso.
- Rehabilitación o adecuación al uso, sobre todo en plantas bajas.

➤ Variaciones en las condiciones del entorno.

Es el caso de excavaciones, túneles o edificios de nueva construcción en las proximidades de edificios existentes. Entre las posibles variaciones del entorno se encuentran:

- *Cargas adyacentes*: alteración general producida por construcción en las inmediaciones.
- Inducción de movimientos complementarios: asentos, desplazamientos y giros.
- Fenómenos de inestabilidad y deslizamiento: por socavaciones, arrastres, erosiones ...
- Inestabilidades y deslizamientos inducidos:
 - Excavación y desmonte al pie de laderas.
 - Excavaciones en la base de muros.
 - Socavación.
 - Supresión de la vegetación.
 - Modificación de la escorrentía superficial.
- Excavaciones próximas, al aire libre o subterráneas. Produciendo una disminución de la capacidad de carga de la cimentación, excesiva deformación del suelo, asentos superficiales junto a zanjas y taludes, descalce de cimentación, afección al bulbo de presiones, etc.

LESIONES Y DEFICIENCIAS

❖ Fisuraciones en elementos constructivos (Tabiquería, cerramientos y/o acabados)

Los elementos menos deformables (más rígidos) y los menos resistentes serán los primeros en manifestar patologías debidas a movimientos diferenciales. Por esto **los tabiques suelen ser lo primero en fisurarse**, ya que tienen una gran rigidez en su plano y absorben todas las tensiones, siendo poco deformables.

Al ceder en este tipo de cimentación produce unos esfuerzos en la estructura, dando lugar a tensiones en determinadas secciones que no las toleran, lo que origina la aparición de fisuras. También pueden aparecer grietas de aplastamiento del hormigón en la zona comprimida de la viga o producirse en pilares la rotura frágil por pandeo o excesivo esfuerzo de corte.

Cuando en las estructuras de hormigón armado aparecen las grietas, los daños en cerramientos y tabiques son importantes. Puesto que las estructuras son mucho más flexibles, y los materiales que las forman mucho más resistentes.

De todo, las zonas más susceptibles de presentar agrietamientos son las de apertura de huecos (dinteles de puertas, ventanas, etc.) o bien las zonas de contacto entre tabiques, o uniones de tabiques y pilares.

Los agrietamientos debidos a fallos de la cimentación son el resultado de la interacción terreno-estructura. Un **asiento diferencial** entre partes de la cimentación producirá esfuerzos superiores a los previstos en la estructura, normalmente son esfuerzos de tracción y tangenciales.

Estos agrietamientos suelen presentar un patrón característico. Así, si una misma familia de grietas se repite en plantas sucesivas, lo normal es que tengan su origen en un movimiento de la cimentación, por el asiento localizado de una parte de esta, al ser el terreno de apoyo más deformable que en el resto o bien ha cedido por fenómenos de desecación u otras causas.

Se produce una **fisura y/o grieta inclinada**. Lo normal es que la fábrica se agriete en el sentido de su mayor resistencia, esto es en el sentido de la isostática de compresión. Por tanto, una grieta de asiento diferencial será inclinada descendiendo hacia la zona de terreno menos deformable.



Figura 7: Fisuraciones por asientos de la cimentación

❖ Giros y desplomes

Estas lesiones son claramente apreciables. Consisten en la pérdida de verticalidad de estructuras como muros o soportes, produciéndose un giro respecto un eje vertical previo. Este tipo de lesiones puede afectar a solo una parte del edificio o bien a todo el conjunto. Si se da este último caso, puede que no sufran daños apreciables los elementos constructivos, sin embargo, en el caso de torres, donde es más apreciable, el asiento de alguna zona de la cimentación puede provocar giros de la estructura que pueden mantenerse estables o provocar la ruina estructural.

RECOMENDACIONES TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS

❖ Excavaciones en el terreno

Una vez iniciadas las excavaciones, a la vista del terreno excavado y la situación de los elementos de la cimentación, el Director de Obra comprobará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno. (CTE DB/SE-C Apdo. 3.4).

El vertido de hormigón de limpieza o relleno debe ser inmediato tras la excavación de los elementos de cimentación para evitar la humectación o desecación del terreno, especialmente en caso de terrenos arcillosos.

El fondo de la excavación debe estar siempre limpio y nivelado. Todos los elementos encontrados en el fondo de las excavaciones, tales como rocas, restos de cimentaciones antiguas y, de una manera general, todos los lentejones resistentes susceptibles de formar puntos duros serán retirados y se rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que la losa apoye en condiciones homogéneas.

De la misma manera, todos los lentejones o zonas más compresibles que el terreno en conjunto serán excavados y sustituidos por un suelo de compresibilidad sensiblemente equivalente a la del suelo general, o por hormigón en masa. El suelo de relleno debe compactarse convenientemente, pues una simple colocación por vertido no puede asegurar el grado de compresibilidad requerido.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad necesaria y antes de constituir la solera de asiento, se nivelará bien el fondo para que la superficie quede sensiblemente de acuerdo con el proyecto, y se limpiará y apisonará ligeramente.

En el caso de ejecutar la losa sobre un **relleno estructural**, se deberá conocer previamente: la naturaleza de este, el número de tongadas y el espesor de cada una de ellas, medios de compactación o consolidación previstos, ensayos para controlar la compactación y el sistema de drenaje previsto en su caso.

Si la losa se ejecuta sobre **suelos expansivos**, se deberán considerar, entre otros, los siguientes aspectos: Conocimiento de la naturaleza del suelo (contenido de finos, índice de expansividad, presión de hinchamiento, etc.), medidas adoptadas para evitar la presión en caso de hinchamiento (no disponer de árboles cerca de la edificación, disponer de aceras anchas, evitar fugas de la red de saneamiento, con conexiones que permitan el giro, excavar la zanja justo antes de colocar el tubo y proceder a la ejecución de la losa con la mayor rapidez posible).

➤ **Excavaciones en presencia de agua**

En el caso de suelos permeables que requieran el achique del agua para realizar la excavación de la cimentación, se mantendrá durante toda la ejecución de los trabajos de cimentación.

El achique o agotamiento del agua debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

En el caso de excavaciones ejecutadas sin achique del agua en suelos arcillosos y con un contenido de humedad próximo al límite líquido, se procederá a un saneamiento del fondo de la excavación previo a la ejecución de la cimentación.

En el caso de excavaciones ejecutadas con agotamiento en los suelos cuyo fondo sea suficientemente impermeable como para que el contenido de humedad no disminuya sensiblemente con los agotamientos, debe comprobarse, según las características del suelo, si es necesario proceder a un saneamiento previo de la capa inferior permeable, por agotamiento o por drenaje.

❖ **Solera de asiento (Hormigón de limpieza o de relleno)**

La solera de asiento tiene por misión crear una superficie plana y horizontal de apoyo de la losa y, en suelos permeables, evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos.

El espesor mínimo de la solera de asiento será de 10 cm., el nivel de enrase será el previsto en el proyecto para la base de la losa de cimentación, que se fratará o alisará con bandeja vibrante.

❖ **Ejecución de losas de hormigón armado**

En el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado el canto total no será inferior a 25 cm si se apoyan sobre el terreno.

Se recomienda que el diámetro mínimo de las armaduras a disponer en un elemento de cimentación no sea inferior a 12 mm y el acero del tipo $f_{yd} = 400 \text{ N/mm}^2$. (Apdo. 9.8.2 del anexo 19 del Código Estructural).

La armadura principal debe anclarse de acuerdo con los requisitos establecidos en el punto 8.4 y 8.5 del anexo 19 del Código Estructural. La separación máxima entre armaduras dispuestas en las caras superiores, inferiores y laterales no distará más de 30 ni menos de 10 cm, si es necesario se dispondrán en grupo de barras.

Los recubrimientos nominales indicados en el apartado 43.4.1 del Código Estructural, deberán garantizarse mediante la disposición de los correspondientes elementos -separadores o calzos-, según el apartado 43.4.2 del Código Estructural, debiéndose disponer de acuerdo con las prescripciones de la tabla 49.8.2 del Código Estructural.

En el caso de piezas hormigonadas contra el terreno, el recubrimiento mínimo será de 70 mm salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto de solera de asiento que podrá ser de 40 mm.

El recubrimiento lateral de las puntas de las barras no será inferior a 70 mm.



Figura 8: fisuras de retracción en losa de cimentación



Figura 9: recubrimiento de las armaduras. Separadores

Hay que tener presente que un recubrimiento insuficiente puede ser la causa de entrada de agentes agresivos que corroen la armadura, produciendo una pérdida progresiva de sección y la consiguiente reducción de la seguridad.

Si la instalación de saneamiento va embebida en la losa, se deberá de disponer de materiales adecuados y de cuidar los pasos por las juntas de dilatación para absorber los posibles movimientos. Si bien, esta solución no es recomendable dada la dificultad de su reparación.

En caso de ejecutar la losa en varias fases, se tendrá previsto la forma de ejecutar las juntas de hormigonado y su posición (alejada de los pilares). Se ha de evitar el corte con caída natural, ya que pueden formarse lenguas que dificultan la correcta unión con la capa siguiente, recomendándose ejecutar dichas juntas prácticamente verticales con la colocación de una malla metálica desplegada.

Se vibrará introduciendo en vertical la aguja del vibrador, manteniéndolo durante 3 segundos, sacándolo y volviendo a introducirlo en zona adyacente. El número de vibradores depende de la cantidad de hormigón a vibrar por hora, recomendándose utilizar uno por cada 2 ó 3 m³ por unidad de tiempo.

En tiempo frío, la temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla, no será inferior a 5°C. Asimismo, se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0°C, o que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados (Código Estructural. Apdo. 52.3.1).

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales. (Código Estructural. Apdo. 52.3.2).

Una vez ejecutado el hormigonado, durante el fraguado y primer periodo de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado. Este se prolongará durante un plazo necesario en función del tipo y clase de cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente, etc. El curado podrá realizarse manteniendo húmeda las superficies de los elementos de hormigón, mediante riego directo que no produzca deslavado.

El curado por aportación de humedad podrá sustituirse por la protección de la superficie, siempre que garanticen la retención de humedad de la masa, pudiéndose emplear otras técnicas especiales, previa autorización de la dirección facultativa. (Apartado 52.5 del Código Estructural).

❖ Pruebas y mantenimiento de esta unidad constructiva

En el proyecto de todo tipo de estructuras, será obligatorio incluir un Plan de Inspección y Mantenimiento, que defina las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil. (C. Estructural apdo. 24.3).

La frecuencia de realización de inspecciones será definida por el autor del proyecto, en el correspondiente plan de mantenimiento y no será inferior a la establecida por la propiedad, en su caso. (Artículo 24.3 del Código Estructural).

El plan de inspección y mantenimiento redactado tras el fin de obra deberá ser puesto a disposición del responsable de la explotación de la estructura. A partir de este plan de mantenimiento, que sustituye al del proyecto, la propiedad, recogiendo lo indicado por la dirección facultativa, será responsable de elaborar el programa de mantenimiento. (Artículo 24.4 del Código Estructural).

Al menos, se solicitará, por parte de la propiedad, a un técnico una revisión inmediata siempre que aparezcan lesiones en el edificio (fisuras, grietas, desplomes, etc.)

REFERENCIAS

| | |
|--|--|
| FUNDACIÓN MUSAAT | |
| AUTOR ● Alberto Moreno Cansado | Calle del Jazmín, 66 28033 Madrid www.fundacionmusaat.musaat.es |

| |
|--|
| IMÁGENES ● Moreno Cansado, Alberto (Fig.: 1, 2, 4.1, 5, 6, 7, 8 y 9). ● CTE-DB-SE-C: (Fig.:3 y 4.2). |
|--|

| |
|---|
| BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA ● Juan Pérez Valcárcel: "Inspecciones y validación de cimentaciones". E.T.S.A. A Coruña. ● Luis Sopena Mañas: "Patología y recalces de cimentaciones. CEDEX.2006). ● Manuel Muñoz Hidalgo: "Diagnosis y causas en patología de la edificación. ● Puesta en obra del hormigón: Eduardo Montero Fernández de Bobadilla. ● CTE/DB-SE-C. ● CÓDIGO ESTRUCTURAL. ● Normas UNE. |
|---|

| | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------|
| CONTROL: | ISSN: 2340-7573 | Data: 13/4 | Ord.: 3 | Vol.: C | Nº: Cs-2 | Ver.: 2 | Mod: 12/24 |
|-----------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------|

NOTA: Los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.

© del Autor
© de esta publicación, Fundación MUSAAT

Observación:
En este documento se incluyen textos de la normativa vigente