

## CAUSAS DE FALLOS EN LAS CIMENTACIONES DE EDIFICIOS

Ana María García Gamallo<sup>1</sup>, Pilar Rodríguez-Monteverde<sup>2</sup>, Rafael Ángel Pérez Arenas<sup>3</sup> y Luis Sopena Mañas<sup>4</sup>

(1) Dr. Arquitecto. Profesor Titular, UPM. Ingeniería Terreno. Dpto. Estructuras Edificación ETSAM.; anam@ripolles.e.telefonica.net

(2) Dr. Arquitecto, Profesor Colaborador, UPM. Ingeniería Terreno. Dpto. Estructuras Edificación ETSAM.; pilar.r.monteverde@upm.es

(3) Dr. Ingeniero Caminos, Canales y Puertos. Profesor Asociado, UPM. Ingeniería Terreno. Dpto. Estructuras Edificación ETSAM. Director Ingeniería Obra Civil Abertis Autopistas España; rafael.perez@abertisautopistas.com

(4) Dr. Ingeniero Caminos, Canales y Puertos. Profesor Titular UPM. Ingeniería Terreno. Dpto Estructuras Edificación ETSAM.; luis.sopena@telefonica.net

### RESUMEN:

*Objetivo: Realizar un análisis de las causas más frecuentes de fallos en las cimentaciones de los edificios. Este análisis pretende servir como guía y ayuda para llevar a cabo el diagnóstico correcto de todos aquellos daños que estén relacionados con las cimentaciones de los edificios y con el terreno afectado por tales cimentaciones.*

*El análisis contemplará las siguientes causas:*

1. *El desconocimiento de las características geotécnicas del terreno, debido a una insuficiente investigación geotécnica o a una desafortunada actuación en un terreno particularmente problemático (rellenos artificiales, arcillas expansivas, terrenos karstificados, terrenos colapsables).*
2. *Las deficiencias en el proyecto de las cimentaciones, debidas a errores en la selección del sistema de cimentación o en el dimensionado de sus elementos constituyentes.*
3. *Las deficiencias en la ejecución de las cimentaciones, debidas a la construcción con materiales y fábricas de mala calidad o bien a una descuidada ejecución o bien a un insuficiente control.*
4. *Las actuaciones defectuosas en el entorno inmediato de una cimentación ya existente, de entre las cuales cabe destacar la ejecución de algunos derribos y excavaciones.*
5. *Las alteraciones del terreno en el entorno inmediato de una cimentación ya existente, de entre las cuales cabe destacar las oscilaciones (naturales y artificiales) del nivel freático y las fugas en las instalaciones de agua, ya sean éstas del propio edificio o de las infraestructuras urbanas.*

Palabras clave: *Patología, Cimentaciones, Causas*

### INTRODUCCIÓN.

Las causas de fallos en las cimentaciones de edificios son muchas y muy variadas, pero pueden resumirse en las tres siguientes: el desconocimiento de las características geotécnicas del terreno, las deficiencias en el proyecto y en la ejecución de las cimentaciones y las



alteraciones del terreno en el entorno inmediato de una cimentación ya existente. A continuación, se van a comentar ordenadamente estas causas y los motivos de que aparezcan.

## I. EL DESCONOCIMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL TERRENO.

De entre las diversas características intrínsecas del terreno cuyo desconocimiento suele ser causa de fallos en las cimentaciones, destacan las siguientes: la composición estratigráfica heterogénea, los terrenos muy flojos o muy blandos, la inestabilidad de laderas y los terrenos particularmente problemáticos.

No debe parecer extraño que estas características hayan sido desconocidas o incluso que todavía puedan serlo, porque, al menos en España, es muy reciente la obligatoriedad de encargar un Informe Geotécnico con carácter previo a la redacción del correspondiente Proyecto de Ejecución. De hecho, hasta la entrada en vigor de la actual Ley de Ordenación de la Edificación, el Informe Geotécnico sólo era obligatorio para la redacción de los proyectos de viviendas de protección oficial y de edificios de uso público. Y, hasta la entrada en vigor del actual Código Técnico de la Edificación, no ha existido en España ningún tipo de reglamentación ni acerca de la planificación de un Informe Geotécnico ni acerca del contenido del mismo. Por ello, aunque se dispusiera de un Informe Geotécnico, no existía seguridad alguna de que en él estuviera reflejada toda la información mínimamente imprescindible.

Una composición estratigráfica heterogénea, con unas capas cuyo desarrollo en planta y en espesor sean muy variables, suele ser causa de que aparezcan daños en aquellos edificios cuyos cimientos descansan sobre un mismo y único plano horizontal. El origen de esos daños está en que cada uno de los distintos elementos de la cimentación apoya sobre un conjunto de capas de terreno distintas, cada una de las cuales presenta una compresibilidad y una capacidad portante diferentes, por lo que se generan asentamientos diferenciales y distorsiones angulares, cuyas magnitudes casi siempre son superiores a las que serían admisibles para la clase de estructura adoptada.

Los terrenos muy flojos o muy blandos suelen causar daños en aquellos edificios de cierta entidad que les transmiten cargas considerables. El origen de estos daños es que las cimentaciones apoyan sobre unos materiales cuyas capacidades portantes son muy limitadas, por lo que no son capaces de afrontar unas cargas tan elevadas.

Las laderas inestables causan daños en los edificios construidos sobre ellas. El origen de estos daños es el movimiento generalizado de la ladera, a su vez producido por alguna alteración, natural o artificial, o bien de sus materiales constituyentes o bien de sus pendientes naturales.

Las alteraciones naturales suelen producirse por la presencia de agua, estática o en circulación.

Las alteraciones artificiales son las más frecuentes y suelen producirse por la ejecución de excavaciones realizadas al pie o a media ladera, para la construcción de algún edificio o de alguna infraestructura.

Finalmente, también hay terrenos que, por sus propias características intrínsecas, resultan particularmente problemáticos, por lo que con bastante frecuencia constituyen el origen de los daños que padecen las cimentaciones de los edificios. De entre estos terrenos, cabe destacar: los rellenos artificiales, las arcillas expansivas, los terrenos karstificados o con erosión interna y los terrenos colapsables. Especial mención requieren los rellenos artificiales

### 1.1 Los rellenos artificiales.

Ningún relleno artificial debería constituir el plano de apoyo de una cimentación. Pero lo cierto es que, lamentablemente, son muy frecuentes las patologías causadas por el



apoyo de los cimientos sobre esta clase de terrenos, sobre todo cuando corresponden a edificios de escasa entidad.

En efecto, en estos edificios de volumen limitado es tan frecuente como erróneo el intento de economizar al máximo, tanto en los gastos derivados de la investigación del terreno como en los costes de construcción de la cimentación. En consecuencia, los cimientos son apoyados sobre los rellenos, unas veces por el simple desconocimiento de que éstos lo son y otras veces por pura tacañería, empeorada por el desconocimiento de que todo relleno experimenta notables deformaciones espontáneas, incluso en ausencia de cargas sobre el mismo.

Hay muchas clases de rellenos y todos ellos son peligrosos para la estabilidad de las edificaciones. Pero los peores son los generados por los vertederos y, dentro de éstos, por los basureros, debido tanto a la heterogeneidad de su composición como a su gran deformabilidad.

Uno de los mayores problemas de los vertederos es el de conocer su localización y su extensión exactas. Con frecuencia, los vertidos en las áreas periféricas de los antiguos cascos urbanos han sido y todavía siguen siendo incontrolados. Y, lo que es peor, cuando los vertidos en esos puntos ya han cesado (realmente, cuando esos puntos han sido trasladados a otras ubicaciones, porque el crecimiento urbano ha invadido las que fueron áreas marginales), la vegetación espontánea se encarga de enmascarar la *facies* de los vertederos abandonados. Por lo tanto, si no se hace una investigación geotécnica, resulta muy difícil y hasta imposible conocer la localización de tales rellenos y distinguirlos del terreno natural.

Pero, además de la problemática causada por los vertederos, debe considerarse la que se deriva de otras dos intervenciones que han sido y que, por desgracia, continúan siendo desastrosas para la estabilidad de los edificios. Estas intervenciones son: el relleno artificial de antiguas vaguadas y la construcción sobre restos de antiguas construcciones.

El relleno artificial de antiguas vaguadas tiene como objetivo el crear nuevas áreas de ocupación urbana o el de ampliar las ya existentes. En algunas ciudades, como Madrid, esta solución ha sido tan frecuente como peligrosa para la estabilidad de las nuevas construcciones levantadas en esas áreas. Téngase en cuenta que muchos de esos rellenos de vaguadas han ocultado antiguos cursos de agua y han aterrado drenajes naturales. En consecuencia, la base de los vertidos se carga de agua temporal y aleatoriamente. Y, para lo que se refiere a la estabilidad de las construcciones, la combinación de **RELLENO + AGUA** resulta indefectiblemente ruinógena.

La construcción sobre restos de antiguas construcciones, tan indebida como frecuente en todas las culturas de las distintas áreas geográficas, obedece a distintas causas. Unas veces, a motivos de carácter primordialmente esotérico, aunque también estén relacionados con la certeza de que ese emplazamiento es comprobadamente bueno para edificar.

Y otras veces (la mayoría de ellas), los motivos de esta mala práctica son de carácter puramente económico y están relacionados con el ahorro de materiales y de mano de obra, al aprovechar todos aquellos elementos constructivos que quedan ocultos a la vista, como es el caso de los de la cimentación.

El principal problema que presentan todos los rellenos es su gran compresibilidad, que depende tanto de su composición (no asienta lo mismo un basurero que un relleno de



tierras) como de su espesor (esto es, de la altura del relleno). Pero los rellenos todavía tienen otra característica negativa: sus asientos nunca son homogéneos, sino diferentes bajo cada punto; y, además, se producen espontáneamente, aunque no estén cargados, ya que intentan consolidarse y, a través de sus movimientos, irse transformando en un nuevo terreno natural.

En relación con ese proceso de consolidación espontánea, téngase en cuenta que la formación de un suelo requiere cientos de miles de años, por lo que cualquier relleno artificial (aunque sea prehistórico) todavía no ha terminado su período de consolidación.

De acuerdo con todo lo que se acaba de exponer, no es extraño que los daños de los edificios construidos sobre rellenos sean, aparte de los más frecuentes, los más graves y espectaculares. Además, las directrices de las grietas que acusan tales daños no presentan ninguna ley, sino que suelen orientarse en todas direcciones.

En ocasiones, el volumen general de una edificación sobre rellenos sí que está bien cimentado, pero los elementos constructivos secundarios (aceras, escaleras o soleras) han sido directamente apoyados sin ninguna clase de tratamiento ni de precaución sobre esos terrenos deficientes. Y, como es lógico, en esos elementos sí que se presentan los daños que eran de esperar.

El mayor agravante de los problemas padecidos por las construcciones sobre rellenos es el AGUA, cualquiera que sea su origen (natural o artificial). De hecho, las instalaciones de agua presentes bajo los edificios constituyen un origen muy frecuente de daños y, en particular, las canalizaciones de saneamiento enterradas resultan muy conflictivas.

En efecto, cuando el terreno de relleno se mueve, se producen roturas en los tubos y en las arquetas de los saneamientos enterrados. Las aguas residuales que se fugan a través de esas roturas embeben el terreno y aceleran los movimientos del relleno, con lo cual las roturas aumentan en número y en amplitud, hasta que todas las aguas pluviales y fecales acaban disipándose directamente en el terreno, provocando su imbibición y su hundimiento.

La nociva presencia de aguas sobre un relleno también puede deberse a otras causas, por ejemplo: al riego de una zona ajardinada, al baldeo de espacios libres, al funcionamiento de implantaciones deportivas (muy frecuentemente de piscinas), a la simple incidencia del agua de lluvia, etc. Pero en todos los casos, el efecto final es el mismo: el hundimiento del terreno, seguido de numerosas roturas en las edificaciones.

## **II. LAS DEFICIENCIAS EN EL PROYECTO Y EN LA EJECUCIÓN DE LAS CIMENTACIONES.**

El desconocimiento del funcionamiento mecánico de una estructura conduce a errores en la cuantificación de las acciones que esa estructura va a transmitir al terreno. En consonancia con esos errores, o bien no se elige correctamente el sistema de cimentación más adecuado para el caso, o bien no se dimensionan debidamente los distintos elementos que constituyen la cimentación seleccionada. Cualquiera de estos dos errores conduce a que los cimientos sean sobrecargados en exceso y/o en indebida ubicación, de resultas de lo cual el terreno experimenta movimientos superiores a los admisibles por la clase de estructura adoptada.

Las deficiencias en la ejecución de las cimentaciones suelen tener su origen en una indebida selección de los materiales o en una mala ejecución constructiva.



No debe olvidarse que, a lo largo de la historia, la práctica de la construcción arquitectónica ha tenido el afán, tan antiguo como frecuente, de ahorrar al máximo en todo aquello que quedaba oculto a la vista.

En España, la normativa actual obliga a que todas las cimentaciones sean construidas con un hormigón armado cuya resistencia mínima sea de 25.000 kN/m<sup>2</sup> y cuya composición sea la adecuada, en función de la agresividad del terreno y del agua contenida en el mismo. Pero, hasta la entrada en vigor de la actual EHE, las cimentaciones solían construirse con unos hormigones con menor resistencia y con peor dosificación que los empleados en las estructuras sobre rasante. Y, remontándose a la antigüedad, debe recordarse que, salvo en muy contadas excepciones, las cimentaciones de los edificios antiguos construidos después de la caída del Imperio romano solían resolverse con fábricas constituidas por simples piedras mezcladas con algún aglomerante (muchas veces pasta de cal).

Los motivos de ese ahorro en la ejecución de los cimientos sólo pueden ser puramente económicos, puesto que, desde un punto de vista estrictamente técnico y de durabilidad, no cabe duda de que los materiales y las fábricas de los cimientos están mucho más expuestos a la degradación por agresiones externas que los materiales y las fábricas que constituyen las estructuras levantadas sobre rasante.

Pero, además, está históricamente comprobado que la ejecución de las fábricas de cimentación siempre ha sido menos cuidada y ha tenido unos niveles de control más reducidos que los de las estructuras sobre rasante.

La indebida selección de los materiales o la mala ejecución de las fábricas de cimentación conducen a su degradación, que puede sobrevenir por la acción de las aguas naturales o de las sustancias agresivas que pueda contener el terreno. Y también puede producirse o agravarse como consecuencia de las fugas de agua procedentes de las redes urbanas o de las instalaciones de los edificios, incluso de las del propio inmueble.

Como resultado de esa degradación, las fábricas se descomponen y las secciones mecánicas útiles de los distintos elementos de cimentación se reducen, con lo cual aumentan las acciones que estos elementos transmiten al terreno y éste experimenta deformaciones superiores a las consideradas en el cálculo.

### III. LAS ALTERACIONES DEL TERRENO EN EL ENTORNO INMEDIATO DE UNA CIMENTACIÓN.

En el entorno inmediato de una cimentación ya existente pueden producirse diversas alteraciones, cuyo origen es variable. De entre ellas, cabe destacar las derivadas de las siguientes causas: actuaciones defectuosas, especialmente entre medianerías, alteraciones debidas a oscilaciones del nivel freático y alteraciones producidas por fallos y fugas en las conducciones de agua enterradas.

#### 3.1 Actuaciones defectuosas.

Sobre el entorno inmediato de una cimentación pueden ser llevadas a cabo muchas y muy variadas actuaciones defectuosas, inadecuadas, agresivas y potencialmente ruinógenas. Pero, de entre todas ellas, las que constituyen el origen más frecuente de daños son las excavaciones. Y es que debe tenerse en cuenta que cualquier excavación provoca unas deformaciones apreciables (verticales y horizontales) del terreno adyacente, que se extienden fuera del área estrictamente ocupada por la propia excavación.



La magnitud de tales deformaciones depende principalmente de la naturaleza y compresibilidad del terreno, de la profundidad de la excavación y de las técnicas empleadas para su ejecución.

En las excavaciones libres, ejecutadas sin ninguna clase de entibación ni de estructura de contención, los desplazamientos máximos del terreno (verticales y horizontales) tienen aproximadamente el mismo orden de magnitud.

A título orientativo, véase en la Tabla 1 que se refleja a continuación, la relación entre los desplazamientos máximos (S) y la profundidad de excavación (H) en distintas clases de terrenos.

TIPO DE TERRENO	Arenas	Arcillas Blandas	Arcillas Duras
DESPLAZAMIENTOS s/H (%)	0,05 a 0,20	1,00 a 2,00	0,10 a 0,20

**Tabla 1.-** Desplazamientos en función del tipo de terreno

Conviene advertir que esos desplazamientos horizontales y verticales no son uniformes en todos los puntos del terreno afectado, sino que son diferenciales, por lo que en los edificios adyacentes causan dos movimientos distintos y superpuestos: un movimiento convexo, que se deriva de la distorsión angular causada por los desplazamientos verticales diferenciales; y un movimiento cóncavo, que se deriva de la distorsión angular causada por los desplazamientos horizontales diferenciales.

Las mayores deformaciones se presentan en terrenos de arcillas blandas, con profundidades de excavación notables, ejecutadas sin ninguna clase de entibación ni de estructura de contención. Pero debe hacerse constar que el simple hecho de emplear estructuras de contención (auxiliares o permanentes) no supone que quede automáticamente garantizada la ausencia de deformaciones.

De hecho, aunque parezca imposible, los desplazamientos que se presentan en las excavaciones entibadas son del mismo orden de magnitud que los de las excavaciones libres. Y en las excavaciones ejecutadas al abrigo de pantallas de contención, la magnitud de los desplazamientos aumenta con la insuficiente rigidez de la pantalla, con la insuficiente profundidad de empotramiento de la misma por debajo del fondo de la excavación y con la ausencia o la insuficiencia de apoyos o acodamientos a lo largo de la profundidad de excavación.

### 3.2 Alteraciones debidas a oscilaciones del nivel freático.

Cualquier oscilación del nivel freático causa una variación (incremento o reducción) de la humedad natural del terreno y, en consecuencia, del peso propio del mismo. Esta variación conlleva una modificación de las presiones iniciales que tiene el terreno en su estado natural, debidas a su peso propio.

### 3.3 Alteraciones producidas por fallos y fugas en las conducciones de agua enterradas.

Las roturas en las canalizaciones de la red de saneamiento o los fallos en sus conexiones causan la imbibición del terreno adyacente y, en consecuencia, un movimiento localizado del mismo (generalmente, de hundimiento), movimiento que provoca asentamientos de las cimentaciones ubicadas al lado o cerca de tales canalizaciones. Las roturas en las conducciones de agua a presión o los fallos en sus conexiones, además pueden causar la socavación de esas cimentaciones, por deslavado y arrastre de los finos del terreno.

