

GLOSARIO

A

ábaco. Zona de un forjado de hormigón alrededor de un soporte en donde se concentra el problema estructural, frecuentemente macizo, con punzado acusado y en ocasiones armado específico para ello.

absorber. Referido a tensiones o sollicitaciones, quiere significar que se resisten; no desaparecen ni se eliminan; simplemente se soportan o equilibran. Suele ser equívoco.

accidental. Adjetivo redundante de acción. Dícese de las que tienen muy poca probabilidad, pero con efectos nada despreciables, como sismo o incendio.

acción. Toda fuerza aplicada o deformación impuesta que exige comportamiento resistente. Pueden ser permanentes, variables o accidentales, o bien estáticas o dinámicas, locales o distribuidas, uniformemente repartidas, etc.

acodalar. Disponer una barra para evitar el movimiento de un punto en su sentido, trabajando pues a compresión. En el sentido contrario sería atirantar a tracción.

activa, flecha. Debido a que parte de la flecha se produce antes de la aparición en la obra de los elementos dañables, para éstos sólo es pertinente) activa) la fracción de flecha tras su construcción. Para vigas de acero la flecha activa puede ser sólo la de la sobrecarga; en hormigón intervienen además las componentes diferidas de flecha.

adherente. Dícese de una armadura pretensada que transfiere su tensión por rozamiento. Las viguetas pretensadas suelen llevar armado de este tipo.

admisible. Referido a tensión la que es capaz de soportar con seguridad un material. Actualmente se ha abandonado el método de cálculo en tensiones admisibles, salvo para suelo, sustituyéndolo por coeficientes de seguridad explícitos, por lo que se prefiere el circunloquio al término. Para flecha es preferible usar **tolerable**.

alabeo. De una superficie cuando es curva pero no lo aparenta por cortarse por rectas con los ejes de

referencia; no tiene curvatura en las direcciones x e y , pero sí en la dirección cruzada. / De una sección cuando su deformación no se conserva en un plano, como en algunos casos a torsión.

alambre. Armadura adherente en piezas de hormigón pretensado, como en algunos tipos de viguetas.

alas. En una sección en simple o doble te, las prolongaciones de la cabeza de la sección.

alma. En una sección organizada por dos cordones separados, el elemento, frecuentemente de poco espesor, que las une. Véase **nervio**.

alternancia. Referido a acciones variables, como sobrecarga de uso, considerar que puede existir o no independientemente en cada tramo. Con CTE no hay que considerar alternancia, salvo casos como vuelos o zonas de aglomeración.

altura. Referido a secciones de vigas, soportes, y en general barras, la dimensión vertical en el plano del momento flector, o en el plano del dibujo. Véase **canto**.

alveolado. Referido a perfiles de acero laminado, los obtenidos por corte en zigzag del alma, desplazamiento, y posterior soldadura, lo que da lugar a más altura, quedando huecos exagonales. Si se intercalan chapas, los huecos son octogonales.

amortiguamiento. Propiedad estructural ante acciones dinámicas o en oscilaciones por la que la amplitud del movimiento decrece en cada ciclo.

análisis. Procedimiento numérico sobre un modelo estructural por el que a partir de la geometría, acciones y condiciones en el borde, se determinan tensiones o sollicitaciones y deformaciones de los puntos o secciones que interesa. Sirve para comprobar si la solución es válida, pero no cuánto, y no sirve para saber si es inválida. / Existiendo **cálculo plástico**, el análisis sólo se destina a comprobar deformaciones. / Si, como es frecuente en hormigón armado, no se declara la armadura, que se intenta calcular posteriormente, lo que resulta no es correcto. Los errores en términos de tensión o sollicitación pueden intentar paliarse con la operación de **redistribución**, pero para las deformaciones debe hacerse siempre un cálculo aparte específico.

análisis lineal. Si se puede suponer que las deformaciones son pequeñas, y el material se puede modelar con un módulo de elasticidad constante, el análisis conduce a unas relaciones finales, entre fuerzas y desplazamientos de sus puntos de aplicación, que son lineales, formando un sistema de ecuaciones, del que los coeficientes forman la denominada **matriz de rigidez**. Este tipo de análisis, o más rigurosamente, la solución por inversión de matriz, no puede aplicarse a fábricas, ladrillo, etc, ya que carecen de resistencia a tracción.

ancho. De una sección el lado perpendicular al plano en que actúa el momento, o al que está representada la pieza. / En compresión, el lado menor de la sección.

anclaje. En hormigón armado la longitud de cada armadura en la que debe perder la tensión para garantizar su plena resistencia en el resto del desarrollo.

angular. Perfil con dos lados en ángulo recto.

anillo, efecto. Posibilidad de que un elemento curvo soporte presiones radiales mediante tracción en la dirección de su geometría.

apoyo. Extremo de pieza en la que sólo puede darse una reacción de dirección conocida, generalmente perpendicular a la directriz, y las más de las veces, con sólo un sentido. / En ocasiones significa punto de sustentación de cualquier tipo, usándose 'apoyo simple' para el significado anterior.

arco, efecto. Posibilidad de que una barra peraltada soporte acciones transversales sin capacidad resistente a flexión, basada sólo en compresiones, pero exigiendo reacciones con componente horizontal en sus extremos, denominadas empujes. / No se denomina arco a una pieza curva si ésta tiene resistencia a flexión en todas sus secciones: es simplemente una viga de directriz no recta.

armadura. Cada una de las varillas de acero con las que se arma una pieza de hormigón. Para este propósito algunos autores utilizan barra. / Estructura formada por barras formando triangulaciones; también se denominan formas o cerchas.

articulación. Extremo de pieza en la que puede darse una reacción de cualquier dirección, pero no un momento. / Que una pieza se una a otra mediante articulación sólo garantiza que esté exento de momento ese punto. Si no se encuentra en la directriz, la interacción a través de la articulación produce momentos.

arriostramiento, pieza de. Elemento estructural que fija un punto móvil enlazándolo a otro fijo; la frase debe indicar qué se arriestra a qué. Hacen falta dos barras para fijar un punto en el plano y tres en el espacio. Una barra con un extremo fijo necesita un arriostramiento en el plano para fijar el otro extremo. En general no se admite para el arriostramiento más que comportamiento a tracción. Como caso particular dos soportes pueden arriostrarse entre sí mediante una viga que ata sus cabezas si ésta es suficientemente rígida y la unión también lo es. Cuando las viguetas del forjado son de madera no pueden arriostrar más que en su dirección, de manera que el desplome de los muros sólo se evita si se cambia la dirección de unos paños a otros. En forjados de hormigón, el arriostramiento entre las cabezas de

soportes está encomendado a la capa superior continua y armada, por lo que no tiene sentido cambiar la dirección de las viguetas o de los pórticos para arriostrarlas. / En general, cualidad, necesaria en toda obra, por la que ésta soporta variaciones cualitativas de las acciones, en particular acciones horizontales. Puede existir como sistema diferenciado o implícito en el conjunto de la estructura.

articulación. Unión o extremo que no permite a su través más que fuerzas, no momentos. / En estructuras de barras se comporta como articulación el extremo de una barra soportada por otra mucho menos rígida a flexión que ella.

atado, viga de. Zanja hormigonada que se dispone entre zapatas con propósitos no muy claros, generalmente procedentes de la consideración de acción sísmica. Suele ser capaz de atar y arriostrar, impidiendo la separación y acercamiento entre las zapatas, pero es casi inútil para evitar o corregir cedimientos verticales diferentes entre unas y otras. En la mayor parte de los casos ese papel lo puede desempeñar con creces la solera, sobre todo si es armada.

atirantar. Acción de disponer un tirante con el fin de impedir el movimiento de un punto en un sólo sentido. En el sentido contrario la barra estaría en compresión y su papel sería acodalar.

axial, axil. Esfuerzo de la sección de una barra consistente en tracción o compresión.

B

barra. Elemento estructural lineal, con sección mucho menor que la longitud. Si es curva, además su canto o altura en el plano de curvado debe ser mucho menor que el radio de curvatura. En caso contrario no se le pueden aplicar las simplificaciones y formulaciones propias de barra. Véase gruesas. / Barra es el término general; si está sometida sólo a flexión se denomina viga, y si fundamentalmente a compresión, soporte; las piezas de una estructura triangulada se denominan barras o, si se sabe ya el signo de su sollicitación, codales y tirantes. / En algunos contextos significa armadura del hormigón.

biela. Pieza sometida sólo a esfuerzo axial. Las barras, losas, etc, se pueden idealizar como sistemas de bielas. Una articulación se puede idealizar como dos bielas concurrentes; un apoyo simple como una sola biela en la dirección de la reacción.

borde. Véase contorno.

bóveda. Elemento superficial curvo que soporta acciones como una sucesión de arcos adyacentes.

brochal. Elemento a flexión que se soporta en otras piezas flectadas, embebido en el mismo canto que ellas. / Originalmente se denominaba así a la pieza que sujetaba las viguetas de madera que debían interrumpirse para dar paso al hueco de chimenea. / El punto de sujeción del brochal se denomina embrochalado. En forjados planos es preferible

considerarlo, analizarlo y armarlo como continuo en sus extremos.

C

cable. Elemento sumamente delgado, capaz sólo de soportar tracciones. Véase **hilo**.

cadena. Elemento auxiliar que corre sobre los extremos de viguetas en su apoyo sobre un muro con objeto de enlazarlas, obligando a mantener las distancias entre ellas.

cálculo. Procedimiento numérico capaz de obtener una variable en función de otras previamente conocidas. Antes de analizar una estructura hay que definir, y por tanto calcular, todas sus dimensiones, proceso que se puede denominar dimensionado / Adjetivo aplicado a acciones o solicitaciones cuando han sido ya multiplicadas por los coeficientes de seguridad y se pueden comparar sin margen con los valores de agotamiento correspondientes al material, a partir de los valores de resistencia de cálculo de éste. / Referido a las resistencias cuando éstas han sido ya divididas por el coeficiente de seguridad correspondiente al material. / Para los valores de cálculo se usa el subíndice 'd'.

cálculo matricial. Véase **análisis lineal**

calidad. Referido a un material significa su clase o tipo. El uso de clases o materiales con mayor resistencia no implica necesariamente mayor calidad.

calidad, control de. Frase hecha para designar el proceso de comprobar si las cualidades previstas en el proyecto se dan en la obra, fundamentalmente en los materiales empleados.

canto. Originalmente el lado menor de un elemento paralelepípedo, o el lado menor de una sección rectangular. / Al disponer las vigas por canto se apoyan en su lado menor, denominable ancho, por lo que el término 'canto' ha pasado a significar la altura o peralte de la viga. / En un forjado o losa ambos significados coinciden.

capa superior. En un forjado, la parte maciza superior, o losa superior. Hasta hace poco, y por reminiscencia de cuando las viguetas eran apoyadas, se ha venido denominando capa de compresión.

capacidad resistente. La de una sección ante una determinada sollicitación o esfuerzo, de acuerdo con la resistencia del material o materiales que la componen y las distribuciones posibles de tensión. / La capacidad resistente elástica se obtiene con una distribución de tensiones lineal, sin que en ningún punto se sobrepase la resistencia del material. / La sección puede tener una reserva adicional de capacidad, denominada plástica, cuando existe ductilidad. En ese caso, antes de agotarse, muchos de sus puntos esperan a otros en el valor de resistencia, obteniéndose la capacidad a partir de diagramas rectangulares de la tensión. / La comprobación resistente clásica es verificar que, con seguridad, en ninguna sección existe una sollicitación superior a la capacidad resistente. / En muchos casos la comprobación resistente no es cuestión de sección y se comprueba comparando la carga existente con la resistencia

global de la estructura en términos de carga de rotura; la primera no debe alcanzar con el margen convenido de seguridad a la segunda.

capitel. Regruessamiento, resalto, chapa o perfiles que permiten a un forjado de hormigón descansar en un soporte metálico. / Por extensión, resalto del soporte de hormigón, para suavizar el punzado sobre un forjado.

característica. Referido a resistencias o acciones, dada su variabilidad, el valor que cubre a los demás del lado adecuado. Para resistencias la que se alcanza en el 95% de los casos; para acciones, el valor que no se supera más que en el 5% de los casos. / Para acciones convencionales, el valor nominal de la misma, sin incluir ningún tipo de seguridad.

carga. Acción mecánica, en general vertical de origen gravitatorio. Para las demás, véase acción. Las permanentes, otrora llamadas concargas, existen en todo instante, y con un valor similar. Las variables, como sobrecarga de uso, viento o nieve, tienen un registro variable, aunque se pueden representar por un valor característico o nominal. Las accidentales, como el fuego o seísmo, tienen casi siempre un registro nulo, y su valor característico sería despreciable, por lo que se representan por su valor de retorno para un periodo de tiempo función de la vida previsible para la obra.

carga crítica. En piezas reales, estado de compresión en el que, cualquier desplome o falta de rectitud, es ampliado ilimitadamente. En piezas ideales, situación de equilibrio indiferente con cualquier desplazamiento lateral. / Aunque carga posee connotaciones de vertical, se refiere propiamente a la compresión, que tiene la dirección de la barra. / Es un término más general y útil que longitud de pandeo para tratar ese fenómeno.

carrera. Viga continua, generalmente de madera, que corre por encima de varios apoyos sucesivos.

cartela. Chapa que se dispone como refuerzo en la base de soportes o en la unión entre piezas. / Parte extrema de las vigas de canto variable (vigas acarteladas); la forma más habitual es la triangular; es más rara la parabólica. Las partes acarteladas se disponen en las zonas de momento negativo, o extremos en continuidad.

cáscara, modelo de. Elemento superficial curvado con estado de membrana, es decir sin flexiones. El valor de las sollicitaciones depende de la acción transversal y de la curvatura, y, su variación, de la acción contenida en el plano tangente. Ante acciones puntuales, la cáscara debe plegarse o apuntarse.

caso de carga. Cada una de las combinaciones de acciones ante las que debe comprobarse una estructura. Se usa también hipótesis de carga. En los manuales modernos se ha cambiado por situación de dimensionado o similar.

cedencia. Propiedad por la que se produce un aumento notable de deformación sin necesidad de incrementar casi la tensión, fenómeno típico del acero. Se habla de la tensión de cedencia o del punto de cedencia. Los valores del punto de cedencia se suelen subindicar con 'y'. Referido al incremento de deformación con el tiempo se suele preferir el término **fluencia**.

celosía. Viga aligerada formada por dos cordones en sus bordes y una triangulación en el alma. Si los cordones no son paralelos se prefiere la voz cercha.

centro. Las propiedades de la sección de las barras y los resultados del análisis en términos de esfuerzo se refieren a su centro. En secciones doblemente simétricas es el centro de simetría. En las homogéneas lo es el de gravedad para las tensiones normales. Para este propósito, el centro es en cualquier caso el punto de la resultante de las tensiones que se producen en un acortamiento uniforme. Para las tensiones tangenciales, el centro es el de las que se producen en un desplazamiento a flexión sin torsión. En secciones abiertas asimétricas, ambos puntos no coinciden, de manera que las acciones transversales que pasan por el centro de tensiones normales producen además torsión.

cercha. Véase **celosía**. En general las cerchas intentan salvar una luz importante, sometidas a carga liviana.

cercos. En soportes de hormigón armado, marcos generalmente rectangulares, que abrazan las armaduras longitudinales. Véase **estribos**.

c.d.g. centro de gravedad.

chapa. En general elemento superficial de acero. / Pieza plana de pequeño espesor, como base de soportes o extremo de vigas, para enlazar o recibir otras piezas. En ocasiones se usa **placa**, que puede ambiguamente referirse a elementos con carga en su plano, y que algunos autores usan para lo que aquí se denomina losa. / Se denomina grecada a una chapa de acero de espesor en torno al milímetro, ondulada por plegamiento, para servir como material de cubierta, o de encofrado y resistencia de forjados mixtos.

cimentación. Conjunto de cimientos de un edificio. No necesita usarse en plural.

cimiento. Elemento que sirve para repartir las cargas que actúan sobre el edificio, equilibrándolo contra el terreno. Los directos son las zapatas, emparrillados, losas y muros de sótano. Los profundos son los pilotes y muros pantalla.

cinemático. Suele referirse a geométrico, o relativo a deformaciones.

cizalladura. Dícese cuando hay tensiones tangenciales de cortadura transversales a un elemento superficial o lineal.

codal. Elemento que sirve para acodalar. / Biela a compresión.

colaboración entre fisuras. En una pieza de hormigón armado sometida a momentos o tracciones importantes, la rigidez es superior a la que se deduciría del comportamiento de la sección fisurada, debido a la colaboración del hormigón entre fisuras (*tension stiffening*).

colaborante. De un forjado cuando está compuesto de chapa grecada como encofrado perdido, armadura inferior, y hormigón. En edificación, entre la fase de peso propio, en la que todo lo hace la chapa, y la situación de incendio, en la que todo lo hace el hormigón, casi no hay margen para la colaboración.

columna. Sinónimo de soporte o pilar; pieza recta vertical sometida básicamente a compresión. Suele referirse a cuando la sección es circular.

columna modelo. Traducción directa del inglés. En castellano el adjetivo modelo significa perfecto por lo que significa soporte de referencia. Método de dimensionado de soportes, suponiendo, del lado de la seguridad, la curvatura máxima posible por pandeo.

contorno. Referido a métodos de análisis, dado que éstos tienen como ecuación básica la relación de un punto o elemento con los contiguos, para encontrar la solución real deben añadirse las condiciones mecánicas o geométricas en los apoyos, o en general, puntos del contorno. En ocasiones se dice borde.

compatibilidad. Condiciones de coherencia geométrica por las que, las diferentes piezas del modelo tomado para el análisis, tras la deformación, conservan comunes sus puntos de enlace.

compensación. Cuando en una viga la sollicitación de los cordones no es constante, por no serlo la flexión con relación al canto, es necesaria una fuerza distribuida de compensación entre ambos, que reduzca la de uno e incremente en el mismo valor la del otro; se mide en fuerza por unidad de longitud. El término es extensivo a losas siendo una magnitud vectorial y de dimensiones iguales a fuerza dividida por superficie. Véase **desgarro** y **rasante**.

compresión. Se aplica tanto a tensión como a la esfuerzo axial, en el que la resultante de las tensiones tiene signo de compresión. Como sollicitación se dice compresión simple si el acortamiento de la sección es uniforme, denominándose centro de la sección el de la resultante de tensiones; si el acortamiento no es uniforme, la resultante se sitúa en un punto distinto, y el sistema referido al anterior es una compresión y un momento: una compresión excéntrica. Con cortante se denomina compresión oblicua.

compresión excéntrica. Sollicitación de compresión en la que el acortamiento de los puntos de la sección no es uniforme. La resultante de tensiones referida al punto de la resultante en dicho caso define la excentricidad de la compresión. Cuando la excentricidad es grande se denomina flexión compuesta; el límite entre una y otra es arbitrario.

conector. conector.

conector. En vigas mixtas, el elemento de unión entre el perfil metálico y la cabeza superior de hormigón. El modelo industrial es un vástago con resalte en cabeza, soldado mediante una pistola, pero puede hacerse con cualquier perfil soldado.

continua, viga. Barra o losa a flexión que discurre sobre varios apoyos. Entre cada dos de ellos se suele denominar **tramo**. aunque algunos usan **vano**.

continuidad. Véase **continua**

cordones. La parte superior e inferior de una viga en donde se concentra la capacidad resistente a flexión. En soportes compuestos también se denominan cañas.

correa. En una estructura de cubierta, el elemento de barra o viga previo al superficial, apoyado en otras vigas, formas o cerchas. Algunos llaman correas a las vigas de atado.

corta, viga o ménsula. Barra a flexión, con carga transversal, pero con canto del mismo orden que la luz. No tiene consideración de ménsula corta la parte de una viga que desvía un soporte, salvo cuando la testa bajo el soporte desviado es libre.

cortante. Esfuerzo resultante de las tensiones tangenciales de la sección en una dirección transversal a la sección. Se denomina también esfuerzo de cortadura.

Cremona, método de. Procedimiento gráfico de construir el equilibrio de todos los nudos de una estructura de barras triangulada, de manera que cada acción y sollicitación se dibuja una sola vez.

crítico. Estado en el que se produce, teóricamente, una situación de equilibrio indiferente. Con carga superior a la crítica, la estructura es inestable, aunque en la práctica se pueden dar capacidades resistentes adicionales, o poscríticas, con otros esquemas de comportamiento. Bastante antes de la situación crítica, hay alteraciones significativas respecto a las de un análisis trivial.

Cross, método de. Procedimiento de análisis de estructuras de barras a flexión, por el que la resolución del sistema de ecuaciones se hace iterativamente, equilibrando cada vez uno sólo de los nudos o grados de libertad. El que cada operación elemental tenga sentido físico, evita errores numéricos, y permite verificar cuándo detener el proceso.

CTE. Siglas del Código Técnico de la Edificación, desarrollo reglamentario de la Ley de Ordenación de la Edificación. Contiene todas las reglas, tanto de habitabilidad como de seguridad, entre las que están las de tipo mecánico, agrupadas en varios Documentos Básicos: Seguridad estructural, Acciones, Acero, Madera, Fábricas y Cimientos. Las reglas acerca de la acción sísmica y el hormigón se desarrollan en documentos aparte.

cuantía. Relación del acero al hormigón. Referida a una sección, si ambos se miden en sección, la cuantía es geométrica. / Si previamente se multiplica cada sección por su resistencia se denomina mecánica. / En presupuestos la cuantía se mide en kg de acero por m² de edificación o por m³ de hormigón.

cúpula. Elemento curvo formado por un casquete esférico o forma topológicamente equivalente.

curvatura. Inverso del radio de curvatura; se mide en m⁻¹. En barras se define, en cada punto, por un parámetro; en superficies por cuatro, dos de ellos, los de curvatura de alabeo, o términos cruzados, son iguales.

D

deformación. En sentido estricto la deformación es unitaria, adimensional, cociente del cambio de posición entre dos puntos próximos, en acercamiento o alejamiento, respecto a la distancia elemental que los separa. / En sentido genérico es la variación

geométrica correspondiente a una acción mecánica, sollicitación o carga. En este último sentido, el cambio de forma de una estructura al cargarla; por ejemplo la deformación máxima de una viga sería su flecha.

desgarramiento. desgarró.

desgarro. Esfuerzo de losa, suma de las tensiones tangenciales horizontales en una dirección considerada. Su valor depende del sistema de referencia. Es una de las componentes de la sollicitación de membrana; su valor no nulo indica que las direcciones principales no coinciden con las adoptadas como referencia. / Puede usarse en barras; véase **rasante**.

desplazamiento. El cambio de posición de un punto de un elemento estructural al soportar una carga. En ocasiones se dice corrimiento. / El diagrama de tracciones de una viga de hormigón, a soportar con armaduras, se obtiene de la de momentos desplazada una cantidad, que con seguridad, no excede del canto. Algunos autores usan 'decalaje'

desplome. Desplazamiento o corrimiento de la planta superior de un edificio ante acción horizontal e inestabilidad, en términos absolutos o relativos a la altura considerada. / Existe también el desplome entre plantas. En ocasiones se dice flecha horizontal.

dilatación. Alargamiento de un elemento de longitud con relación a esa longitud. Es adimensional. Vale tanto para deformaciones elásticas como para cambios inducidos por variación de temperatura.

dilatación por humedad. Fenómeno por el que los productos de arcilla cocida, como ladrillos o bovedillas, tienen a equilibrar su grado de humedad con la de la atmósfera, a partir de las condiciones, más secas, del horno. Con algunas especiales configuraciones de componentes y proceso de cocción, este fenómeno origina un aumento de tamaño que, de estar coaccionado, puede ocasionar tensiones insostenibles y la rotura o expulsión de la pieza. El proceso es lento pero monótono. En cerámica vidriada es el responsable de la rotura con un patrón característico, el *craquelado*. Los efectos de la dilatación por humedad pueden reducirse si las piezas se empapan concienzudamente antes de presentarlas en el tajo.

dilatación potencial. Medida de la dilatación por humedad máxima posible, obtenida en el ensayo del mismo nombre, secando al máximo la pieza, humectándola por completo y midiendo el cambio de tamaño. Sólo parte de esa variación, restando la que se haya producido antes de su incorporación a la unidad de obra, es la agresiva.

dimensionado. Operación de definir las dimensiones y composición detallada de las secciones resistentes de una estructura. En soluciones de acero y hormigón lo más eficaz es hacerlo por 'cálculo plástico', lo que de paso deja satisfecho los requisitos de resistencia. / En soluciones de hormigón está muy implantado dimensionar a ojo las secciones de hormigón, y hacer un análisis, con sólo ese dato, como si el conjunto fuera de hormigón en masa, para luego calcular las armaduras a partir de las sollicitaciones obtenidas, resultado que es válido si se comprueba por cálculo plástico. / Algunos autores llaman dimensionado al cálculo de armaduras, reservando la voz *predimensionado* para la decisión de las secciones de hormigón.

directriz. Línea representativa de una barra esbelta, a donde se reducen todas las características de su sección transversal. Es difícil de definir, ya que es la línea que une los centros de las secciones transversales a la directriz. / En piezas de canto variable es habitual la licencia de considerarla recta. / Existe asimismo la superficie directriz en cáscaras, losas y láminas.

ductilidad. Propiedad por la que existe un amplio rango de deformaciones geométricas para el mismo valor de agresión mecánica elevada. Referida a punto, coincide con la situación de cedencia. Para la sección flectada, la ductilidad significa giro plástico acusado, y en el límite una rótula plástica; en losas una línea de rotura. / La ductilidad estructural es fundamentalmente, cuestión de tipo: los pórticos son más dúctiles que las formas trianguladas. En igualdad de condiciones el material influye: el acero es más dúctil que el ladrillo. En hormigón una viga es más dúctil cuanto más armadura de compresión posee, o cuanto menor sea la profundidad de cabeza comprimida en relación a la altura total. Sólo en igualdad de todo lo anterior, el material puede hacer valer su propia ductilidad. En general las clases más resistentes son las menos dúctiles. Véase **fragilidad**.

E

E. Símbolo del módulo de deformación longitudinal, o relación entre tensión normal y alargamiento unitario en esa misma dirección. Se conoce como módulo de Young, y la relación como ley de Hooke. Se mide en unidades de tensión; generalmente en N/mm²; en los textos antiguos suele venir en kp/cm².

edificio. Obra de arquitectura.

EHE. Siglas de la Instrucción de Hormigón Estructural, el documento que desarrolla la reglamentación del hormigón.

elasticidad. Teóricamente propiedad por la que al cesar la fuerza, desaparece totalmente la deformación. Se usa, incorrectamente, como sinónimo de linealidad, cuando las tensiones y deformaciones crecen proporcionalmente, con independencia de la recuperabilidad. El denominado módulo de elasticidad no representa esa cualidad, sino la mayor o menor deformabilidad, independientemente de la linealidad y de la recuperabilidad.

embrochado. Véase **brochal**

empotramiento. Sujeción del extremo de una barra o losa que la equilibra, suministrando, si es preciso para ello, tanto fuerzas como momentos en cualquier dirección, pero exigiendo a cambio giro. / El empotramiento perfecto es casi lo contrario: situación de giro nulo obligado, exigiendo a cambio momento para ello; el elástico es el que sólo consigue reducir parcialmente el giro. / En estructuras de barras se comporta como empotramiento perfecto el extremo de una barra soportada por otra mucho más rígida a flexión que ella. / En general, en construcción todo nudo debe reputarse de empotramiento, salvo que se demuestre lo contrario. / Véase nudo **rígido**

empuje. Acción horizontal y desestabilizante que provoca que la compresión sea oblicua, y por tanto

acabe excéntrica / Propiamente cuando la acción aparece a pares, como único recurso para el equilibrio del elemento que los provoca, actuando sobre dos elementos estructurales distantes.

envolvente, diagrama. Expresa, en cada punto de una barra, la peor sollicitación que debe resistir esa sección de entre todas las hipótesis de carga posibles. Se suele referir a flexiones. / El diagrama envolvente sólo se puede aplicar a esfuerzos simples. En sollicitaciones compuestas de varios esfuerzos, sólo es riguroso referirse a la envolvente de soluciones. No vale por ejemplo para flexión compuesta o esviada, ni permite medir cortantes a partir de momentos, ni sirve en rigor para despiezar la armadura. Véase **pésima**.

equilibrio. Estado en el que el conjunto de acciones sobre un cuerpo no produce movimientos globales. Para ello la resultante del sistema de fuerzas debe ser nula en los términos que define la Mecánica. / Considerando cualquier trozo de un cuerpo en reposo, las acciones exteriores más las interacciones con el resto, deben estar en equilibrio.

equivalente. Cuando el tratamiento de un fenómeno es complicado, se puede sustituir con éxito con otro o con una variable de definición más sencilla, que tenga el mismo efecto. Dícese entonces que lo segundo es equivalente de lo primero. Hay así carga uniforme equivalente de una más compleja o móvil o de una sobrecarga. Hay también acción (fuerza) equivalente del sismo, o tiempo de ensayo normalizado equivalente de un incendio. En general sólo es equivalente en un contexto muy definido, y su valor cambia si se altera cualquiera de las variables del problema.

esbeltez. En general relación de la longitud a un término de longitud de la sección. La esbeltez geométrica es el cociente de longitud entre el canto en el plano considerado, o entre el lado mínimo de la sección. En pandeo la esbeltez es la mecánica, o cociente de la longitud de pandeo entre el radio de giro mínimo de la sección.

esfuerzo. Componente de la interacción entre dos partes de una pieza a través de un corte, tal como la compresión, torsión, cortadura y flexión, las dos últimas con dos componentes en el plano de la sección. A la interacción completa se la denomina sollicitación. La sollicitación de flexión tiene generalmente componente de esfuerzos de flexión y de cortante. La compresión simple es rara; lo habitual es que sea flexión compuesta. Algunos usan esfuerzo como sinónimo de sollicitación. En otras ocasiones se usa para referirse a cualquier la resultante de tensiones, por ejemplo en un cordón, o al rasante, en el enlace del cordón al alma de la viga.

espesor. Grueso de una chapa. / Lado transversal a la directriz en el plano perpendicular al del dibujo.

estabilidad. Cualidad deseable en una estructura por la que, cada pieza, y cualquier agrupación de ellas, mantiene el equilibrio aunque varíen levemente algunas de sus características geométricas o mecánicas, de forma que el equilibrio no es casual. La fuente de inestabilidad más clásica es el acople entre las compresiones y los desplomes o desplazamientos laterales en barras o chapas, debido a la esbeltez o falta de rigidez lateral de las mismas. / En mecánica del suelo se usa estabilidad para referirse a la rotura que involucra movimientos del terreno.

estado de losa. Conjunto de solicitaciones específicas de losa, es decir dos cortantes transversales y un tensor de flexión con los dos momentos flectores en las direcciones de referencia y los dos momentos cruzados iguales, impropriamente calificados en algunos textos como torsores. Es una magnitud tensorial.

estado de membrana. En un elemento superficial, el estado de solicitaciones que proviene de suponer tensiones constantes en el espesor. El estado de membrana está formado por los dos esfuerzos axiales en las direcciones de referencia y el desgarro cruzado entre ambas. Es una magnitud tensorial.

estado de tensión. Situación de un punto de un elemento, en términos de sus tensiones. En el plano se caracteriza por cuatro parámetros que forman el tensor de tensiones, las dos tensiones normales en las direcciones de referencia y las dos tangenciales cruzadas que son iguales. Dependiendo de si los valores principales son iguales o distintos y de uno u otro signo, los estados son de compresión, de tracción, tangenciales puros, compresión o tracción simple, etc. En el espacio, el tensor, simétrico, posee nueve parámetros y tres direcciones y valores principales.

estado límite. Denominación particular, en el campo estructural, de lo que, con carácter general se denomina exigencia o requisito en el CTE, por respeto a la traducción literal de lo que se maneja en los documentos europeos de normalización en este campo. Los catalogados de 'últimos' se refieren a los de tipo resistente o mecánico, y los 'de servicio', a los geométricos o de rigidez, como flecha o desplome.

estado plano. Se dice cuando el estado de tensión se puede representar por los cuatro parámetros de un tensor simétrico. La tensión en un punto de una chapa delgada, el estado de membrana o placa, y las solicitaciones de una cáscara, son estados planos. Hay asimismo el estado plano de deformación, no exactamente igual que el anterior.

estribos. Armaduras transversales que enlazan los cordones inferior y superior de una pieza flectada. En muchas ocasiones su forma es la de un cerco.

estricto. Referido a cálculo, cuando el valor de la variable es el mínimo compatible con los requisitos estructurales y puede obtenerse en función de las demás, que ya están fijadas. Véase **óptimo**.

estructura. En sentido general la parte de un objeto o edificio que se ocupa de suministrar la resistencia y estabilidad al conjunto. / En ocasiones la estructura no se diferencia del objeto, diciéndose simplemente que éste posee suficiente estructura o comportamiento estructural adecuado. / En sentido estricto cuando la estructura es de barras. / Cuando hay ambigüedad para determinar cuál es la estructura, debe usarse el criterio de que la estructura es lo más rígido de entre lo que compite para serlo. / Algunos autores se refieren a pieza, como por ejemplo, acometer a una estructura metálica, por acometer a una pieza metálica, o las estructuras de un edificio por los elementos estructurales del edificio. / En elementos simples, como puentes, el término estructura puede referirse al objeto completo. Así dicen acciones sobre la estructura. En edificación no hay acciones sobre la estructura, sino sobre el edificio. / La locución estructura de hormigón o estructura de acero puede

dar la falsa impresión de que todos los elementos son o deben ser del mismo material.

esviada, flexión. Dícese de la que actúa en un plano diferente de los principales, de referencia, o el trivial, obteniendo en el análisis las dos componentes por separado. No es fácil predecir en flexión esviada variable de unas secciones a otras cuál es la más solicitada.

eurocódigos. Iniciativa europea para redactar ocho reglamentos estructurales, que fracasó. Los documentos que heredaron la información preparada al efecto, actualmente en el área de normalización, no reglamentaria, forman un conjunto, inacabado e inacabable, de un centenar de tomos, etiquetados como normas europeas EN, que se siguen citando coloquialmente como eurocódigos, sin serlo; por ejemplo no son de acceso libre.

exacto. Dícese del valor numérico que representa correctamente la magnitud de una variable. / No debe confundirse con preciso: número de cifras significativas válidas en un proceso numérico. Un cálculo puede ser muy preciso pero poco exacto.

F

fatiga. Cuando se produce la repetición de carga y descarga un número elevado de veces, la capacidad resistente de un material o disposición disminuye por fatiga, y puede incluso llegar a romper para tensiones muy bajas debido a ese fenómeno. Este problema es típico del acero en las estructuras de máquinas.

filosofía. Planteamiento, enfoque o concepto. El término filosofía puede ser demasiado grandilocuente.

finitas, método de diferencias. Procedimiento de computación numérica o solución particular de una ecuación o sistema de ecuaciones diferenciales, por la que se adopta una red cartesiana, traduciendo la condición diferencial a diferencias entre los valores de los puntos de la red. El sistema de ecuaciones resultante se resuelve por métodos algebraicos normales. No es aplicable a muchos casos o formas de borde, por lo que ha sido superado por el de elementos finitos.

finitos, método de elementos. Traducción literal del inglés. Es preferible decir 'elementos en número finito' en oposición a en número infinito, o 'elementos de tamaño discreto' por oposición a infinitesimales. Generalización del método matricial de barras a un cuerpo continuo, modelándolo como discreto, en el que la función buscada se representa por los valores en unos cuantos nodos arbitrariamente elegidos, suponiendo que los de los demás puntos se pueden obtener a partir de los primeros mediante funciones simples de interpolación. La formulación da lugar a un sistema de ecuaciones con las incógnitas de los nodos, sistema que se resuelve con métodos algebraicos normales. En el caso estructural lineal el sistema puede representarse por una matriz de rigidez. En el caso de estructuras de barras, como elemento suele tomarse cada trozo recto de sección constante.

fisuración. Cuando el hormigón alcanza su resistencia a tracción, rompe, pero en una pieza, la rotura de unos puntos permite a los demás relajar su deformación y no hacerlo, dando lugar a un patrón complejo de fisuración. En flexión, al ser la tensión variable en el canto, las fisuras son de amplitud y orientación variable. Existe el momento de fisuración y la rigidez fisurada.

flecha. En una pieza flectada la máxima deformación o desplazamiento entre dos de sus puntos, se denomina flecha. Por extensión se predica y se exige de cualesquiera dos puntos de la planta, sean o no de la misma pieza. La flecha no debe superar un valor intolerable, generalmente referido a la luz de la viga, vuelo en caso de ménsula, o en general, la distancia entre los dos puntos. / Medida indirecta de la rigidez de una viga. Los cálculos minuciosos de flecha en hormigón armado no son muy fiables. Véase **activa**.

flexión. Esfuerzo en el que la resultante de las tensiones es un momento sin resultante. En el caso habitual de que el momento flector cambie de una sección a otra, va acompañado de cortante y la sollicitación se denomina flexión simple. En el particular de que no varíe, se denomina flexión pura, ya que no hay cortante. Si hay simultáneamente momento y resultante, la sollicitación se denomina flexión compuesta, con compresión o tracción según el signo de la resultante. Como punto de referencia se suele tomar el centro de compresión.

fluencia. Propiedad por la que, sin aumento de tensión, aumenta la deformación por el paso del tiempo. Fenómeno típico del hormigón y la madera. / El aumento de deformación a tensión constante es la **cedencia**.

forjado. En sentido estricto, elemento estructural plano, formado por una agrupación de nervios paralelos, (forjado unidireccional), o cruzados, (forjado reticulado). / En sentido general, la solución para un plano horizontal de canto constante, excluyendo sus soportes; en el caso de forjado unidireccional el conjunto de forjado más vigas planas. En una misma planta de forjado pueden darse simultáneamente zonas en losa, en forjado unidireccional y en reticulado. / Etimológicamente lo que se hace en obra; de ahí que el término forjado prefabricado tenga rasgos de antinomia.

forma. Sinónimo de cercha o celosía. / factor de. Se denomina así al coeficiente que permite obtener una cualidad por referencia a la correspondiente a una sección patrón, generalmente rectangular.

fragilidad. Cuando un cuerpo alcanza la rotura sin cedencia, se dice que presenta comportamiento frágil, o sin ductilidad. / Una sección rompe frágilmente si antes de la sollicitación de rotura no presenta un incremento desusado de deformación. / El comportamiento frágil es indeseable y se cubre con seguridad adicional. Aun con materiales dúctiles se pueden dar estructuras frágiles como las formas trianguladas. Los materiales frágiles no pueden dar lugar a estructuras dúctiles si no es reforzados convenientemente con otros dúctiles, como es el caso del hormigón armado.

fricción. Sinónimo de rozamiento. / El cálculo de uniones atornilladas por fricción supone que la capacidad resistente a fuerzas en el plano de unión es consecuencia de la fuerza de apriete de los vástagos. El modelo alternativo supone que dicha capaci-

dad es consecuencia del cortante que pueden soportar los vástagos.

G

G. Símbolo del módulo de elasticidad transversal o relación entre tensión tangencial y mengua de la ortogonalidad entre los ejes implicados en esa tensión. Debe estar entre el 50% y el 33% de **E**. Se mide en unidades de tensión; la más utilizada es N/mm²; en los libros antiguos aparecía en kp/cm².

g.d.l. Véase **grados de libertad**

grados de libertad. Es el número de variables con que se intenta formar el modelo mecánico con el que analizar la estructura, de acuerdo con su discreción y el número de variables mecánicas o geométricas que pueden explicar el comportamiento en cada punto o elemento. Una mayor precisión de análisis implica en general aumentar el número de grados de libertad del modelo. Término muy usado en elementos finitos y problemas dinámicos. / En términos de dimensionado mide el número de secciones en las que se puede, en general, elegir libremente la sección o composición resistente.

giro plástico. Cuando en análisis de rotura, se alcanza ésta a flexión antes en unos puntos que en otros, sólo es posible computar como tal la carga última correspondiente al mecanismo, si las primeras rótulas son capaces de soportar el giro plástico que permite llegar al agotamiento de las últimas. En acero, el giro plástico de las secciones compactas es casi ilimitado, mientras que en hormigón está limitado a alguna centésima de radián.

gruesa. Referido a barra o lámina, cuando el tamaño de su sección es tan grande que no se puede suponer el reparto clásico de tensiones tangenciales de cortante ni normales de flexión. Para barras rectas se utilizan los términos de gran canto, pared, ménsula corta, o viga tabique.

H

hilo, modelo de. Elemento lineal sumamente fino que soporta acciones sin flexión, sólo con sollicitaciones de tracción, a base de curvatura. Propiamente no es estructura, ya que ante cualquier cambio, no proporcional, de acciones debe cambiar de forma. También se utiliza el término cable.

hiperestatismo, grado de. Dícese del número de las variables mecánicas producidas en un elemento que no pueden calcularse por simples consideraciones de equilibrio, dependiendo aquéllas de la diferente deformación de cada punto, deformaciones que deben responder a un patrón compatible o coherente geoméricamente. Las tensiones de una sección a flexión o las reacciones de una pieza sobre tres apoyos son ejemplos de hiperestatismo. Cuanto más hiperestático es un problema, más complicado es el análisis, pero más se simplifica el dimensionado, ya que es posible elegir entre más opciones.

hipótesis de carga. Véase **caso de carga**

homogéneo, material. Dícese del que tiene las mismas propiedades en todos sus puntos. El hormigón es macroscópicamente homogéneo, pero en el vertido en un soporte, puede segregarse perdiendo homogeneidad.

I

imperfección. Cualquier disparidad entre lo supuesto en el análisis y la realidad, en relación con las propiedades geométricas, como falta de rectitud, o mecánicas, como variación de módulo de elasticidad o tensiones previas, parásitas, o de fraguado. / Las imperfecciones afectan a la fiabilidad del análisis, que no puede obtener las tensiones o solicitaciones sino sólo la variación que tienen respecto a la situación original desconocida y desconocible. / Es debido a las imperfecciones inevitables por lo que la comprobación resistente se predica en relación con la carga última, que no cambia aunque haya imperfecciones / Algunas imperfecciones, como las que afectan a la luz de flexión, afectan poco al resultado del análisis, pero otras como las que afectan a la excentricidad de la compresión pueden arruinar por completo el análisis, si llegan a incidir en la primera cifra y más aún en el signo del resultado. / Hasta que el pandeo no se formuló en términos de imperfección, no sirvió para aplicarlo a la realidad.

in situ. Latinismo. Se refiere al hormigón vertido en obra en el propio tajo, por contraposición a prefabricado, que se acopia ya fraguado.

inercia. Aunque en mecánica se refiere a la oposición al movimiento, en estructuras se utiliza casi sólo en su aspecto de momento de inercia de una figura plana, como segundo momento geométrico, producto de las áreas por el cuadrado de distancias a un eje dado, siendo mínimo si pasa por el centro de gravedad. Las características de inercia de una sección para un punto dado, exigen cuatro componentes tensoriales respecto a dos ejes cualesquiera, aunque para los principales bastan dos valores. / Para una sección de material homogéneo y elástico representa la relación entre momento flector y tensión a la distancia unidad de la línea de tensión nula.

inalcanzable, altura. La de un soporte que soporta estrictamente su peso propio.

insuperable, tamaño. La de cualquier elemento que soporta estrictamente su peso propio.

isostatismo. Dícese de las variables mecánicas de un elemento que se pueden obtener por simples consideraciones de equilibrio. Las reacciones de una viga con dos apoyos o los esfuerzos debidos a flexión en una viga de dos cordones diferenciados, son ejemplos de esta propiedad. En general los problemas de análisis son hiperestáticos.

isostático, momento. Los momentos flectores de un tramo de viga suponiendo extremos apoyados. Si la situación es otra, basta descolgar los isostáticos de los momentos de extremo para obtener los reales. / En singular, el momento isostático de un tramo, se refiere al máximo de los isostáticos.

isótropo, material. Dícese del que tiene las mismas propiedades en todas sus direcciones. El acero o el hormigón lo son, aunque pueden quedar alterados en su isotropía debido al vertido o a las tensiones parásitas de laminación. La madera es claramente anisótropa, teniendo módulos de elasticidad diferentes en dirección longitudinal, radial y anular. / Las soluciones planas anisótropas con dos comportamientos diferentes en direcciones perpendiculares se pueden asimilar a ortotropía.

J

jácena. Viga

K

kN. Las unidades que se expresan en miles de otras llevan el prefijo de kilo, que es una **k** minúscula, como kiloNewton. La **K** mayúscula es la unidad térmica de temperatura: grado Kelvin. No es correcto utilizar la unidad **kg** para medidas de fuerza.

L

laja, modelo de. Elemento plano con cargas contenidas en él; sinónimo de **placa**. El estado es plano de tensión. / Vale asimismo como sección representativa de un elemento cilíndrico indefinido con estado plano de deformación. / En dos dimensiones ambas acepciones son equivalentes.

lámina, modelo de. Elemento superficial curvado que soporta las acciones con estado de membrana, más flexiones en estado de losa.

límite elástico. Punto del diagrama de tensión a deformación en el que se pierde la recuperabilidad. La locución suele referirse implícitamente al valor de tensión en ese punto, como valor convencional de resistencia.

líneas de rotura. Método cálculo plástico, o de análisis de losas y forjados en situación límite basado en la plasticidad total, por el que resultan en equilibrio las acciones y solicitaciones de una configuración de rotura; en general se plantea mediante trabajos virtuales. El método es válido tanto para las losas metálicas como para las de hormigón, aunque en éstas es preciso definir antes la armadura, por lo que siempre es un método de comprobación.

local. Dícese de una carga que actúa en una zona reducida, por contraposición a las distribuidas o uniformes que se entiende que operan en todo el desarrollo de la planta o fachada considerada. / Referido a análisis, el que se realiza en una zona reducida suponiendo que el efecto de lo estudiado se amortigua rápidamente y no afecta a partes alejadas.

longitud de pandeo. En barras comprimidas simples, la distancia entre dos puntos de inflexión de la

más peligrosa de las deformadas posibles. Si los extremos tienen libertad de giro es igual a la longitud real. / Es preferible y más general codificar la incidencia del pandeo en términos de carga crítica / Si el problema no es de compresión centrada, no es una variable útil.

longitudinal. Referido a carga, la que actúa según la dirección de la barra incrementando la sollicitación axial. / Referido a armadura, la paralela a la directriz de la barra, en general en dos caras en vigas o perimetral en soportes.

losa, modelo de. Elemento plano a flexión, en general horizontal, sometido a flexión y cortante en las dos direcciones. Véase **estado de losa**. El tipo habitual es de hormigón, armado con mallas en cara inferior y superior. Aunque en arquitectura se usa la voz losa, de donde se deriva por ejemplo el pavimento enlosado, algunos autores llaman a este modelo **placa**. En arquitectura placa tiene connotaciones de elemento vertical, como sugiere el término aplacado.

losa alveolar. Pieza prefabricada de hormigón en forma de panel, para realizar forjados, disponiendo una al lado de otra, con o sin capa superior vertida en obra. Para eliminar peso, contiene huecos longitudinales. Suele estar armada con acero pretensado, y se considera básicamente apoyada, ya que no puede dotarse de mucha continuidad en los extremos.

luz. Distancia horizontal que salva una viga o arco entre apoyos o, en voladizos, entre extremo y cara de empotramiento. Por extensión la longitud libre sometida a carga transversal. La luz se mide generalmente entre ejes de apoyos; para elementos sueltos como la neta más medio canto a cada lado. De los resultados del análisis de sollicitaciones no son significativos los valores en un canto alrededor de cada apoyo. Se mide generalmente en metros. La luz de un voladizo se denomina vuelo. Para evitar confusiones tipográficas se suele simbolizar con **L**.

M

malla. Armadura en cuadrícula con acero de igual o diferente cuantía en cada dirección. La denominación de mallazo es comercial de una determinada marca.

malla espacial. Solución de cubierta formada por dos planos de mallas de barras enlazadas por diagonales. Las más clásicas son: la triangular o tetraédrica con mallas trianguladas en las caras con tres diagonales desde cada vértice, y la de pirámides cuadradas que tiene mallas cuadradas en las caras y de las que de cada vértice arrancan cuatro diagonales. Las mallas se comportan como losas completas o como losas degeneradas.

mayorar. En desuso. Operación de multiplicar las acciones o sollicitaciones por el coeficiente de seguridad, dando lugar a valores de cálculo, directamente comparables, sin margen, con los últimos resistidos por la estructura. Para este propósito se ha usado también la voz ponderar.

máximo. Literalmente el mayor entre varios. / Si no se dice nada debe entenderse como el mayor entre los correspondientes a los diversos puntos de una

barra para un caso de carga dado. Para el máximo de entre varios casos de carga, véase **pésimo**.

m.e.f. Método de los elementos finitos.

mecanismo. Cuando en una estructura se alcanza un número suficiente de puntos plastificados, cualquier pizca adicional de carga puede producir un aumento desahogado de deformación. Dicha situación en la que desaparece la rigidez, se denomina estado de mecanismo. En estructuras de barras a flexión, los puntos se denominan rótulas plásticas, en losas, líneas de rotura. / En algunos textos se usa este término para referirse al tipo de modelo al que se puede asimilar una estructura, como el de comportamiento en arco, funcionamiento de pantalla, efecto membrana, o esquema de pórtico.

membrana, efecto. Dícese del elemento superficial que por curvatura es capaz de soportar acciones transversales por estado de membrana en tracción, es decir sin flexión. Una losa apoyada en el contorno, que alcance flechas comparables a su grueso, debe dilatar la superficie media, desarrollando un importante efecto membrana que, dada la diferencia de rigidez con el comportamiento en losa, se hace cargo de la casi totalidad de los incrementos de carga.

ménsula. Pieza a flexión con un extremo libre, necesariamente empotrada en el otro, o continua con otro tramo de viga. En este último caso se denomina también voladizo. Véase **ménsula corta**.

minorar. En desuso. Operación de reducir la resistencia característica de un material por el coeficiente de seguridad, obteniendo la resistencia en sentido estricto, denominada de cálculo. Este coeficiente procede de la mayor o menor fiabilidad del material y los métodos y modelos usados para caracterizarlo.

mixtas. Dícese de las soluciones que mezclan tipos o materiales. / En sentido estricto las agrupaciones de perfil laminado y hormigón armado para dar lugar a un soporte o viga mixtos.

módulo resistente. En general se refiere a cualquier sollicitación; en sentido estricto a flexión. Cociente de capacidad resistente a resistencia del material, expresable en términos simplemente geométricos como producto de una sección por una distancia. Se mide en longitud al cubo. Para distribuciones elásticas, es igual al cociente entre inercia y cota de la fibra más alejada. Para secciones asimétricas, se puede hablar del módulo referido a cada borde. Con secciones plásticas, como muchas de acero, materiales no lineales como madera, o formas apuntadas, dicho cociente de inercia y cota no representa la capacidad resistente de la sección. Para materiales no homogéneos, como hormigón armado, se podría hablar de módulo resistente referido a cada material, pero se usa poco; referido a la armadura de tracción, es igual al producto de su área por el brazo de palanca de la sección de hormigón.

Mohr, círculo de. Representación gráfica de las componentes de una magnitud tensorial, que, en dos dimensiones, describen un círculo en ejes de componente normal y tangencial. En tres dimensiones cubren la zona entre los círculos definidos por los valores principales. En esta representación se leen directamente las características como máximos y mínimos de cada componente, pero debe deducirse para qué dirección se produce cada valor.

Mohr, teoremas de. Formulación de giros y flechas como integración de momentos o momento de momentos, lo que permite una analogía con el cómputo de reacciones y momentos procedentes de las cargas. El modelo, sugerente en su forma gráfica, ha perdido actualidad, y sobrevive sólo como giro igual al área de momentos y flecha igual al producto de área de momentos en su centro de gravedad por la distancia al punto considerado.

momento. Término ambiguo, que, en estructuras, se suele referir a momento flector de una sección. Para las demás acepciones, como estático, de inercia, de segundo orden, torsor, etc, se suele usar la locución completa. / En lenguaje coloquial instante o periodo corto de tiempo. / El momento flector se mide habitualmente en edificios en m^2kN , pudiéndose desprestigiar los decimales.

momento negativo. El que tracciona la parte superior de la barra. Se da sistemáticamente sobre apoyos en continuidad y en todo el desarrollo de un vano corto extremo o entre dos más largos. En pilares verticales esta denominación es confusa.

momento positivo. El que tracciona la parte inferior de la barra. Se produce en vigas apoyadas, o en la parte central, el vano, de las continuas mientras el tramo tenga luz parecida a la de los contiguos. En pilares sería confuso.

momento tope. Nombre de una formulación simplificada para cálculo de armaduras a flexión, hoy en desuso, que supone que con sólo armadura de tracción no se puede pasar de un momento, denominado tope, debiendo disponer para valores mayores armadura de compresión. / Elegir la sección para que no haya que disponer armadura de compresión no conduce a la solución óptima, que, en sección rectangular suele encontrarse aproximadamente en la mitad de ese momento tope. Para las secciones tipo de edificación, en el dimensionado óptimo interviene decisivamente el ancho de la capa superior de hormigón que se pueda computar como resistente.

momento torsor. Esfuerzo procedente del momento de las tensiones tangenciales en la sección. En barras es propiamente torsor. / Algunos autores usan este término para el que resulta en las losas como par entre las tensiones tangenciales paralelas al plano directriz, que se puede denominar momento cruzado. / La denominación de torsión es equívoca ya que puede entenderse como el término geométrico; véase **retorcimiento**.

muro. Término que otrora se destinaba sistemáticamente a los de carga y hoy se refiere igualmente a los de cerramiento, sin papel estructural. Abarca desde los de tierra apisonada, tapial, adobe, mampuestos, fábricas de ladrillo y bloques, y todo tipo de sillerías.

muro de contención. Muro destinado a impedir el derrumbe de un talud pronunciado o corte del terreno. En campo abierto, para evitar su vuelco y equilibrar el momento en base debe empotrarse o prolongarse hacia dentro o hacia afuera. Si es de traza lineal, la comprobación puede hacerse en dos dimensiones, y los esfuerzos son básicamente los de flexión. La condición crítica suele ser la de deslizamiento.

muro de sótano. Muros dispuestos en el perímetro de la edificación con plantas bajo rasante, destinados a independizar el sótano del terreno, sostener su empuje, y en general a servir de elemento intermedio entre los soportes que nacen de su cúspide y el terreno donde se cimentan. En muchos casos se incluyen en la categoría de cimientos. Los muros de sótano, están acodados cada planta, por lo que la flexión procedente del empuje del terreno es muy pequeña, siendo más peligrosa la situación provisional de construcción que la de la obra acabada. Si el muro se prolonga bajo el plano inferior de sótano se denomina apantallado. Los muros de sótano tienen esfuerzos de compresión vertical, flexión transversal como los de contención, y en ocasiones flexión longitudinal. En general los momentos transversales procedentes del empuje no son decisivos ni de su ancho ni, en el caso de hormigón, de su armado. La condición crítica suele ser la de compresión vertical, y la de empuje es residual.

N

nervio. Resalto inferior de las losas nervadas o forjados, aunque en éstos se halla enmascarado por las bovedillas. / Sección rectangular de canto igual al del forjado y ancho igual al mínimo del alma o del nervio. / Elemento analítico de un forjado, independientemente de la solución constructiva del mismo: vigueta, hormigón in situ, etc.

no lineal. Locución; en español sería más propio decir alineal, pero no lineal está ya muy implantado. / En general dicese del análisis que tiene en cuenta aspectos no lineales. / En sentido estricto sólo los aspectos no lineales de índole mecánica, dejando a un lado los geométricos, denominables, para evitar confusiones, de segundo orden. Los aspectos mecánicos se derivan de que la deformación no es estrictamente proporcional a la tensión. / En madera la no linealidad es poco importante. / En hormigón armado la mayor falta de linealidad se presenta al tener en cuenta la fisuración y la colaboración entre fisuras. Desde el punto de vista del análisis no lineal, los resultados de un análisis clásico, adoptando como rigidez sólo la del hormigón, sin contar las armaduras, fisuración, etc, no son fiables.

nominales, valores. Véase **característicos**.

normal. Término ambiguo que coloquialmente significa habitual o usual y que en estructuras significa perpendicular, aplicado a tensiones o solicitaciones.

núcleo central. Zona de la sección, alrededor del centro, en la que la actuación de una compresión no ocasiona tracciones, en hipótesis de reparto lineal de tensiones. Para sección rectangular alargada, en muros, es el tercio central. Para pilastras rectangulares es un rombo de diagonales iguales al tercio de los lados de la sección. El trazado de arcos y pilastras de materiales frágiles obliga a comprobar que la trayectoria de las cargas en cualquiera de sus hipótesis pasa por el núcleo central de todas las secciones. El núcleo central es la figura antipolar del contorno envolvente convexo de la sección respecto a la elipse de radios de giro de la inercia.

núcleos rígidos, Véase **pantallas**.

O

orden, segundo. En general el análisis de las estructuras se hace planteando el equilibrio en la posición original, como si las deformaciones no causaran alteración geométrica significativa para el equilibrio. En los casos de cables o piezas que se cortan con un ángulo muy tendido no es posible esa simplificación. En todo tipo de estructuras, si los desplomes son importantes, no se puede despreciar el incremento de momento que se origina por el producto de la compresión y debe hacerse un análisis de segundo orden considerando el equilibrio en la posición deformada. / Aunque, en el análisis de segundo orden, a doble causa no hay doble efecto, el término no lineal se refiere exclusivamente a las demás alinealidades.

óptimo. Cuando no hay datos suficientes para obtener el valor de una variable en función de las demás ya decididas, el que conduce a que, tras los cálculos estrictos (cuando se pueda), se obtenga un mínimo menor que con cualquiera otra solución, se dice que es el óptimo. Véase **estricto**.

P

pandeo. El problema de la estabilidad de una barra, en la que, las compresiones amplían cualquier pequeña imperfección que hubiere, se denomina pandeo. Frecuentemente el problema se procesa como un coeficiente que refiere el comportamiento de flexión compuesta a simple. El verbo pandear, como fenómeno físico, se refiere a cambios aparatosos que avisan o acusan fallo por pandeo.

pantalla. Elemento superficial de tipo muro que en estructuras de pisos con soportes aislados atrae y concentra la mayor parte de la resistencia a acción horizontal. Se necesitan al menos tres de ellas para resolver por completo el tema, y aunque es mejor disponerlos en la periferia, con frecuencia aparecen juntas en núcleos rígidos. Dos pantallas en prolongación, unidas en cada piso mediante vigas cortas muy dúctiles se denominan pantallas acopladas, con gran efectividad ante acciones sísmicas, cuando los demás soportes son también de hormigón. / En el contexto de cimientos, el término pantalla se reserva para muros realizados desde arriba, sin excavar a cielo abierto.

patología. Etimológicamente estudio de las enfermedades. No es sinónimo de daños, fallos o lesiones, y mucho menos en plural.

peralte. Referido a un arco, la diferencia de cota entre la cúspide y la línea de apoyos; en general relativo a la luz. Cuanto más peraltado es un arco (hasta un óptimo, que se sitúa ente el tercio y la mitad de la luz), menores son las solicitaciones y empujes, y mejor es la solución. / En ocasiones se usa el adjetivo peraltada como inverso de esbelta, aplicado a vigas.

periodo de oscilación. De un edificio o estructura, el tiempo que tarda en una oscilación completa no forzada. El valor de las fuerzas generadas por el seísmo depende sobremanera de lo próximos que sean los periodos de edificio y terreno. Dado que cada estructura tiene varios modos de oscilación, se denomina fundamental al mayor de todos, con el que se disipa la mayor parte de la energía de oscilación. Se mide en segundos.

perfil. Forma de la sección de una viga o soporte, aplicado sobre todo a las piezas de acero. Para vigas la clásica es la IPE, y para soportes el tubo o el HEB.

pésimo. Referido a esfuerzos, el máximo en un punto entre los de diferentes casos de carga. El diagrama de esfuerzos pésimos es la envolvente de los de todos los casos de carga.

placa, modelo de. En arquitectura, por aplacado, tiene el sentido de elemento vertical con cargas en su plano. / En otros casos se refiere a elementos planos con carga transversal, para los que este glosario reserva, por la connotación de enlosado, el término de losa, opción que aparece en la reglamentación de forjados que incluye la norma de hormigón. / Véase **laja**.

plana, viga. Dícese de la viga de hormigón armado que tiene el mismo canto o altura que el forjado que sustenta. Las vigas planas ponen en crisis algunos conceptos clásicos en hormigón: con vigas planas, las zonas alrededor de los soportes son casi indistinguibles de los de losas; con vigas planas no se puede suponer en su entronque con un soporte extremo una sección superior al ancho de éste y con los interiores se necesita un modelo híbrido no muy bien formulado; con vigas planas el ancho no es el de los estribos, sino que alcanza también al macizado por fuera de ellos, con vigas planas el ancho puede ser variable simplemente retirando algunas bovedillas, pero no puede variar sino en un múltiplo de su tamaño. En los últimos años no se hacen tanto vigas planas, del mismo canto que el del forjado, cuanto forjados del mismo canto que las vigas.

plasticidad. Propiedad, en principio no deseable a tensiones bajas, opuesta a la elasticidad, por la que, al cesar la acción, la deformación persiste sin recuperarse. Si el fenómeno sucede a tensiones elevadas suele coincidir con la deformación dúctil y es una cualidad deseable: la ductilidad.

plástico, cálculo. Método, en general de comprobación, que, con materiales y disposiciones que presenten ductilidad, estudia la capacidad resistente última como la correspondiente a un mecanismo. Con ductilidad elevada, el modelo más simple de material es el rigidoplástico, suponiendo que cada punto tiene o rigidez infinita o nula. En barras el método se denomina de rótulas plásticas, y en losas, líneas de rotura. / Puede usarse para dimensionado, eligiendo arbitrariamente las solicitaciones redundantes, para posteriormente calcular secciones que sean capaces de resistirlas todas.

piel, armadura de. Armaduras que se disponen en las caras laterales de una viga de canto importante, con objeto de mejorar el reparto de acero, comportamiento a retracción, etc.

pilar. Véase **soporte** o **columna**.

Poisson, coeficiente de. Propiedad de un material que mide la relación entre la dilatación transversal y el acortamiento longitudinal producido por una compresión. Su valor debe estar comprendido necesariamente entre 0 y 0,5. / Si el material es anisótropo, como la madera, dicho coeficiente varía con la dirección considerada.

polígono de fuerzas. Figura poligonal que describe el sumatorio de fuerzas y que, de estar en equilibrio, debe cerrarse.

polígono de presiones. Línea poligonal que define la trayectoria de las fuerzas por el interior de una pieza que sólo es capaz de soportar compresiones, como un arco de mampostería. La intersección de la línea con cada sección es la excentricidad de la compresión. Si las acciones son todas paralelas, el polígono de presiones es simultáneamente el diagrama de momentos flectores.

polígono antifunicular. Véase **polígono funicular**.

polígono funicular. De un sistema de fuerzas, la figura del cable que las soportaría a todas. Puesto que el cable sólo soporta tracciones centradas, el funicular coincide con el polígono de presiones, o más propiamente de tracciones, y su separación de la directriz real es una buena medida del momento. Por ello se puede utilizar la construcción funicular para trazar el diagrama de momentos de una viga. / De los diferentes polígonos funiculares que se pueden trazar, unos corresponden a más o menos tracción y otros a compresión. Estos últimos son los denominados antifuniculares, o polígonos de presiones, y corresponden a la forma que deberían tener las soluciones en arco.

ponderar. Véase **seguridad**.

pórtico. Elemento estructural formado por soportes, en general verticales y paralelos, conectados por dinteles. Pueden ser simples, con un nivel de dintel, o múltiples, con varios. Y a su vez pueden ser de un tramo o de varios. Los dinteles pueden estar simplemente apoyados en los soportes, o ser pasantes continuos sobre ellos; en ambos casos la estabilidad y resistencia a acción horizontal exige pantallas o planos triangulados; propiamente el primer caso no se denomina pórtico. / Pórtico, en sentido estricto, implica soportar la acción horizontal por rigidez a flexión de soportes, dinteles, y la unión rígida entre ambos.

pórtico virtual. Los pórticos como tal se dan raramente en edificación, ya que los dinteles son superficiales (forjados), conectando varios sistemas de pórticos entre sí. El estudio de las estructuras de edificios con soportes aislados obliga a adoptar pórticos virtuales, formados por alineaciones de soportes y la parte del forjado que se supone puede colaborar como dintel. En el caso de una trama dislocada, con embrochalados y vigas quebradas en planta, debe considerarse el conjunto de todos los soportes con la totalidad del forjado como un sólo pórtico virtual (sin que sea definible su número de tramos).

postesado. Técnica de dejar vainas huecas dentro del hormigón por donde se introducen cables o tendones de acero, que se tensan una vez producido el fraguado, anclándose con dispositivos en los extremos de la pieza. Es una técnica compleja y difícil de calcular, sobre todo con trazados curvos y

en piezas hiperestáticas. No se usa mucho en edificación.

predimensionado. Dimensionados previos, de tanteo. Algunos autores denominan predimensionar a la operación de decidir las dimensiones de las piezas. Véase **dimensionado**.

presilla. En soportes de acero compuestos de cañas o cordones separados, chapas rectangulares que conectan todos ellos a un mismo nivel, descomponiendo el soporte en varios subtramos. Es una solución en desuso.

pretensado. Técnica consistente en tensar alambres, verter hormigón en derredor, y cortar tras el fraguado. Los alambres se adhieren por rozamiento en los últimos decímetros de cada extremo; en forjados apoyados sobre muros o cuando es inviable el sopandado, como en forjados sanitarios, se usa habitualmente la solución de viguetas pretensadas.

puntual. Referido a cargas, las que actúan en un punto o zona muy acotada. Las cargas no puntuales son las repartidas o distribuidas. El término local se puede referir indistintamente a una carga puntual, o a una repartida en una parte del elemento; en el límite ambas acepciones coinciden.

punzado. Efecto mecánico producido por una acción o reacción puntual transversal a un elemento superficial. / Aunque las tensiones producidas sean del tipo de las de cortante, reciben un tratamiento y formulación diferente, ya que teóricamente, en un perímetro mínimo alrededor de la acción, supuesta puntual, las tensiones serían infinitas. Al no respetarse el principio de Saint Venant, sólo tienen sentido físico a una cierta distancia del perímetro de la acción, denominado crítico.

punzonado, punzonamiento, véase **punzado**

Q

R

radio de giro. Dimensión transversal de una sección donde concentrada toda ella daría el mismo momento de inercia, es decir la raíz cuadrada del cociente de inercia y sección. Oscila entre el 30% y el 40% del lado en secciones usuales. El problema de pandeo depende de la esbeltez mecánica, cociente de la longitud de pandeo entre el radio de giro mínimo de la sección.

rasante. Cuando una viga está compuesta de varias capas, chapas, o elementos yuxtapuestos o engarzados, todos ellos de la longitud de la viga, el estudio de tensiones tangenciales por cortante debe concentrarse en las existentes en la interfase de materiales o capas diferentes, en la que la resistencia es habitualmente baja; la resultante de dichas tensiones recibe la denominación de esfuerzo rasante, aunque no es un término de sección. Si la capa exterior a la interfase es un cordón completo, el rasante coincide con la compensación; en otro caso es una fracción

de ella. / Por extensión se considera que puede haber problemas de rasante en todo estrangulamiento de sección como en la unión de alas a alma. / Dado que ese término tiene, en construcción y urbanismo, otro significado muy distinto, de tipo geométrico, puede usarse desgarrado.

recubrimiento. La protección del hormigón al acero exige, dependiendo de la agresión del entorno, diámetro de la armadura y vida útil, un mayor o menor recubrimiento. Un dedo es poco, dos suele ser suficiente, y tres es generalmente excesivo.

redistribución. En general, lo que se denomina análisis en hormigón no es tal, dado que no se declara más que la sección de hormigón, por lo que, lo que obtiene, no son las solicitaciones reales de la estructura, y menos aún lo son las deformaciones. Para paliar ese error, se aconseja redistribuir, variando ligeramente, al alza o baja, los momentos flectores obtenidos, manteniendo el equilibrio. La redistribución permite descongestionar las zonas de más densidad de armadura y unificar armados de varias piezas parecidas. El valor aceptable se suele establecer como un cierto porcentaje del obtenido. No está definido cómo redistribuir en caso de acción horizontal, ni en arcos o forjados reticulados. Es mediante cálculo plástico con lo que se puede concluir que las solicitaciones redistribuidas son seguras. Existiendo la posibilidad de cálculo plástico, carece de sentido analizar y redistribuir, que da menos margen de maniobra.

relación de tensión a deformación. Cada material posee un comportamiento peculiar definido por la función de tensión a deformación, en el hormigón diferente con la edad, tensión previa, grado de humedad ambiente, y duración de la carga. / Por extensión el modelo de una estructura debe incorporar relaciones tensión a deformación para adherencia, modelos de fisura, uniones, etc. / La relación puede ser de un parámetro de tensión al correspondiente de deformación, pero en rigor debe ser tensorial, de manera que cada tensión depende de todas las componentes de deformación. Para muchos materiales, como hormigón, dicha información no está disponible. Véase *ecuaciones constitutivas*.

requisito. Cada uno de los objetivos que se le exigen desde un punto de vista estructural. Se denominan asimismo "estados límite". Los hay de resistencia, estabilidad y rigidez, aunque pueden considerarse como tales los del durabilidad, aptitud al servicio, y economía.

resiliencia. Propiedad de un material que mide la energía de deformación antes de romper, en la hipótesis de que dicho valor caracteriza el material. Al menos en acero se cumple que a más resistencia menos deformación de rotura, de forma que la resiliencia tiene un valor parecido para una gran variedad de aceros. La resiliencia aumenta con la resistencia y con la amplitud del rango dúctil.

resistencia. Propiedad de un material que mide la tensión a la que rompe. Se expresa en unidades de tensión, pero no debe confundirse con la magnitud tensión que es una propiedad de un punto de una estructura cargada. / En el método de tensiones admisibles se trata de verificar que, en ningún punto, de ninguna sección, en ningún caso de carga, las tensiones alcanzan el valor de la resistencia con la reducción de seguridad requerida. / En los casos en que la seguridad no esté gobernada por el punto

peor, la resistencia se comprueba comparando la sollicitación existente con la capacidad resistente de la sección, con la seguridad establecida. / Con el método de 'estados límite', en general, en soluciones hiperestáticas, como las imperfecciones impiden conocer con exactitud la sollicitación que realmente existe, la comprobación se realiza comparando directamente la carga prevista contra la que es capaz, con seguridad, de soportar la pieza o estructura —capacidad resistente segura— en situación última.

retorcimiento. Para evitar confusiones, al giro por torsión puede denominarse retorcimiento. Es notorio que, en los casos en los que esta sollicitación es indirecta, —y casi siempre lo es—, cuanto más retorcimiento se produce, menos torsión hay.

retraso. En las secciones con alas acusadas o con fuertes estrangulamientos, los puntos alejados del nervio están conectados a él a través de una gran longitud sometida a tensiones tangenciales, lo que origina una deformación longitudinal retrasada y una pérdida de tensión normal, de manera que a los efectos prácticos es como si sólo trabajara efectivamente una parte, denominada ancho equivalente.

rigidez. Cualidad deseable de una estructura por la que ésta debe presentar deformaciones pequeñas ante la carga que debe soportar. / En general relación de acción, sollicitación, o tensión, a su correspondiente término geométrico de deformación o desplazamiento. / Referida a un punto no es sino su módulo de elasticidad. / Referida a sección hay tantas rigideces como términos de sollicitación o esfuerzos. / Referida a una barra, en el sentido del análisis, se dice de la respuesta mecánica en un extremo ante un desplazamiento o giro de cualquier tipo en ese o en el otro, siendo nulos todos los demás, y son justamente los coeficientes necesarios para el planteamiento de las ecuaciones que resuelven el análisis. / Referida a una estructura, barra, agrupación de ellas, losa, etc, la relación entre una acción y el desplazamiento de su punto de aplicación o un desplazamiento significativo, por ejemplo la flecha de una viga.

rigidez, matriz de. El conjunto de coeficientes que relacionan acciones mecánicas con resultados geométricos de los puntos que caracterizan el modelo de análisis de una estructura, (nudos de encuentro en las de barras, nodos en continuos analizados por elementos finitos), es su matriz de rigidez. / De una barra es el conjunto ordenado de coeficientes entre acción y deformación en extremos. Si la barra es una biela, la rigidez se define mediante un único coeficiente. Para los momentos de flexión hacen falta dos coeficientes por extremo, siendo los cruzados iguales. / La matriz de rigidez de una estructura se forma ordenando o ensamblando las de todos sus elementos. Frecuentemente se simplifica la matriz tomando sólo los términos significativos, por ejemplo ignorando el acortamiento de barras o suponiendo pequeña la influencia del cortante en la rigidez a flexión.

rígido, nudo. Dícese del nudo en el que las barras concurrentes están solidariamente enlazadas de manera que el giro de una es obligadamente giro para las demás. Puede confundir el uso para este fin de los términos de empotramiento o empotramiento perfecto que no dependen del resto de piezas concurrentes. / Caben soluciones en las que dos barras estén rígidamente unidas pero articuladas a otras dos

asimismo rígidas entre sí, como en los pórticos de vigas pasantes, o los forjados de hormigón sobre soportes metálicos.

Ritter, método de. Método para determinar directamente la solicitación de una barra en una estructura triangulada plana si existe un corte que secciona sólo tres de ellas no concurrentes. El equilibrio de una de las partes que define el corte suministra tres ecuaciones, que bastan para las tres incógnitas. Tomando momentos respecto al punto de intersección de dos de ellas, se obtiene directamente una cualquiera de las incógnitas.

rodaja. Sección infinitesimal de barra entre dos secciones próximas, en la que se pueden plantear las ecuaciones de equilibrio elemental, y las relaciones entre solicitaciones y carga.

S

Saint Venant, hipótesis de. Es la conjetura de que la sección de una barra o losa se mantiene plana tras su deformación. Esa conjetura permite relacionar los valores de tensión de punto con los de solicitación de tensión, dando lugar a las formulaciones clásicas. En piezas cortas, en las proximidades de los extremos de piezas o inmediaciones de cambios bruscos de dirección, sección o composición, no se cumple dicha hipótesis y por tanto no son aplicables las expresiones citadas.

sanitario, forjado. El que se dispone a poca distancia del terreno, sustentado en muretes o zanjas, y que no puede apuntalarse..

segundo orden. Véase **orden**

segura, tensión. Dícese del valor de resistencia) de cálculo, es decir dividida por el coeficiente de seguridad del material) reducida además con el coeficiente de seguridad correspondiente a las acciones, para el caso de carga considerado. Si se usa este valor, no es preciso que las cargas y solicitaciones se multipliquen por dicho coeficiente de seguridad.

seguridad, coeficientes de. Para que las comprobaciones de resistencia sean concluyentes debe operarse con margen de seguridad. Para ello se introducen coeficientes, afectando a los valores característicos de la resistencia de los materiales y de las acciones / Si la comprobación se hace multiplicando las acciones y reduciendo la resistencia del material se dice que se opera a nivel de cálculo. Puede también hacerse reduciendo la resistencia con todos los coeficientes aplicables, obteniendo valores seguros, comparables directamente con las acciones. En acero laminado el coeficiente de seguridad global es del orden de 1,5; el del acero de armar 2,0; el del hormigón 2,5 y el del terreno 3,0. Con ladrillo se llega frecuentemente a 4,0. / El valor del coeficiente de seguridad depende del tipo de acciones y del material estructural, y en ocasiones del tipo de solicitación, modelo de cálculo, nivel de control. / Si el coeficiente de seguridad de cada acción es distinto, puede operarse con un coeficiente promedio del de todas ellas.

servicio. Situación ante la que se comprueban las condiciones o requisitos de rigidez y deformación, ante las que no hace falta margen de seguridad alguno. / Propiamente, para estados de servicio, debe usarse, de las acciones variables, el valor equivalente a largo plazo, que es menor que el usado para comprobaciones de resistencia, pero en general se toma igual. / En hormigón, dado que las componentes diferidas son importantes, se considera que, a esos efectos, la sobrecarga de uso tiene nulo el valor equivalente a largo plazo.

servicio, estado límite de. Toda situación a la que no debe llegar el edificio, ya que afectaría a su aspecto, funcionalidad o confortabilidad, tal como deformaciones, desplazamientos desplomes o vibraciones intolerables. La comprobación de este tipo de estado puede denominarse de rigidez, geométricas o de deformación, y no necesitan seguridad, por lo que se toman los valores característicos de las acciones, y los valores medios de las características de deformabilidad; los valores de resistencia no operan. La locución es una traducción directa del inglés.

simultaneidad, coeficientes de. Cuando se considera que actúan simultáneamente dos acciones variables, tales como viento y nieve, o viento y uso, o sobrecargas de uso en plantas que lo tienen distinto, para tener en cuenta que los valores máximos no suceden, estadísticamente, al mismo tiempo, el máximo probable del efecto combinado de ambas se obtiene como el de una acción más una fracción de la otra; el valor de la fracción se denomina coeficiente de simultaneidad.

situación de dimensionado. En ocasiones aparece como situación de proyecto, situación de diseño o situación de cálculo. Se refiere a cada una de las combinaciones de carga con las que debe analizarse una estructura. En lenguaje más llano sería caso de carga. En reglamentos diferentes de los de edificación se usa hipótesis de carga.

sobrecarga. Hace años, cualquier acción variable, como uso, nieve o viento. Hoy día se reserva para la de uso. / Las cargas variables en el tiempo se representan para resistencia con su valor característico al 95%, o uno nominal que se supone que conduce a una seguridad equivalente. / En mecánica de suelo el término se usa para la acción, permanente, de peso de tierras.

solape. Longitud en la que una armadura puede entregar toda su tensión a otra adyacente. En ocasiones se usa solapo, y longitud a solapar.

solidario. Véase **rígido**.

solicitación. El conjunto de las componentes de la resultante de las tensiones en un corte de un elemento seccionable)hilo, barra, losa, placa, cáscara, lámina) como: axial, cortante, flexión y torsión. Por equilibrio, los valores de solicitación son iguales a la resultante de las acciones a un lado u otro del corte, que es la manera como, en barras, se calculan las solicitaciones. En elementos esbeltos las solicitaciones se pueden luego repartir en las tensiones del corte mediante leyes simples, aunque para proceder a la comprobación de resistencia resulta más usual obtener la capacidad resistente de la sección integrando en ella las tensiones máximas posibles de acuerdo con la resistencia del material.

soporte. Véase **pilar** o **columna**

T

te, doble te. Para expresar en texto la forma de un perfil se puede acudir a una mayúscula apropiada. Se puede decir perfil en C, U, L o T. Los perfiles con dos alas responden a una forma en I,) aunque, si se usa una base tipográfica inadecuada puede aparecer como l) .

tensión. Interacción mecánica a través de un elemento de superficie de sección de un cuerpo. Es vectorial; su componente normal da origen a la tensión con el mismo nombre. La componente en el plano de la sección se denomina tensión tangencial, y si no es nula indica que la dirección elegida no es principal del estado de tensión del punto. Las tensiones se miden generalmente en N/mm^2 , antiguamente en kp/cm^2 . / Aunque su nombre parezca indicar tracción, cuando se usa como término general se refiere indistintamente tanto a tracción como a compresión.

tensor. Representación de una magnitud tensorial. Algebraicamente se representa por la matriz de sus componentes en un sistema arbitrario. El más clásico es el de tensiones, del que procede el nombre de tensor. Otros tensores clásicos son los de deformación, curvatura e inercia, todos ellos simétricos. Referidos a las direcciones principales sólo son no nulos los términos de la diagonal principal o valores principales. En el espacio un tensor tiene 3×3 términos, en el plano 2×2 .

tirante. Pieza a tracción que puede servir para soportar tracciones o para arriostrar un punto en una dirección dada.

tolerable. Dícese de las flechas, deformaciones, desplomes, fisuras, etc, en las comprobaciones de deformación) estados límite de servicio) cuando su valor indica que la estructura tiene suficiente rigidez o no se alcanzan valores peligrosos. / En ocasiones se usa, no muy acertadamente, el adjetivo admisible, que se utiliza con propósito similar en las comprobaciones de resistencia) estados límite últimos).

torsión. Momento torsor. Solicitación resultante del momento de las tensiones tangenciales en una sección de barra, igual a la componente en la dirección de la barra del momento resultante de las acciones a un lado de la sección. Si la torsión es imprescindible para el equilibrio se denomina directa y es obligada su consideración. Si la torsión aparece como consecuencia de la compatibilidad de deformación de las barras, dada la baja rigidez a esta sollicitación, en general puede despreciarse. / Algunos autores denominan, no muy propiamente, torsión a la resultante de tensiones tangenciales paralelas al plano directriz de una losa en un corte dado.

trabajos virtuales. Ecurridizo enunciado, unas veces teorema, otras veces principio, que, debido a su rancia antigüedad, ha tenido innumerables versiones, y formulaciones equivalentes. / En mecánica clásica manera alternativa de plantear el equilibrio en su forma escalar, a partir de que si la posición es la de equilibrio, un ligero movimiento alrededor de ella no implica trabajo. / En mecánica elástica o análisis de estructuras, la manera de obtener el desplazamiento de un punto a base de incrementar levemente allí las acciones e igualar el incremento de trabajo exterior al elástico. / En procesos de análisis último, como rótulas plásticas o líneas de

rotura permite calcular si las capacidades resistentes previstas son suficientes.

tracción. Se aplica a tensión o a sollicitación axial, cuando la resultante de las tensiones normales es de tracción. Véase **compresión**.

tramo. En una viga continua cada uno de los trozos entre dos apoyos consecutivos. En ocasiones se dice vano.

transversal. Referido a sollicitación, las de cortante en barras y losas. / Para acciones las perpendiculares a la directriz. / Para armaduras en forjados y losas es término ambiguo ya que se refiere tanto a estribos como a las armaduras perpendiculares a las longitudinales en un plano paralelo al de la directriz.

traslacional. Dícese de una estructura porticada sensible a los desplomes, en la que la acción del viento produce efectos de segundo orden, que es preferible obtenerlos como tal que por medio de una longitud de pandeo traslacional. / En general, las estructuras ordinarias que cumplen el requisito de desplome se pueden considerar intraslacionales.

trayectoria de cargas. Lo equivalente a polígono de presiones en un elemento vertical, tal como soporte o muro, indicando el punto de aplicación de la sollicitación en cada sección. La oblicuidad indica la relación de cortante a compresión, y la excentricidad la de momento a compresión. / Si el elemento tiene peso propio no despreciable, la trayectoria de cargas puede no coincidir con la dirección de la resultante.

triangulación. Operación de fijar uno tras otro varios puntos en el plano, enlazando cada uno a dos previamente fijados, definiendo una estructura formada por triángulos. / Solución de alma aligerada de viga formada por diagonales que conectan ambos cordones, arrancando cada una donde acaba la anterior. La triangulación puede ser simple o múltiple) entrelazada). Una viga triangulada se denomina también en celosía. / En una estructura porticada se llama plano triangulado a la solución de pantalla para aumentar la rigidez lateral a desplome o para soportar las acciones horizontales, formada por cruces entre dos soportes contiguos, enlazando la cabezas de cada uno con los pies del otro. Los soportes pueden ser de hormigón, acero o madera. Si las cruces son de madera trabaja sólo la comprimida como codal o tornapuntas; si es metálica se supone en general que sólo trabaja la traccionada.

truncado. Tras obtener los esfuerzos a flexión de una barra referidos a la luz total entre ejes de nudos, éstas deben truncarse para reducirlos a las que tienen sentido en la barra como tal. / El truncado no sólo afecta a la parte ocupada por el nudo, sino que abarca también hasta un canto fuera de él, produciéndose en esa zona una situación transitoria del desplazamiento de momentos. / En ocasiones se usa redondeo, por el tipo de corrección que hay que hacer, que es un término de uso general en el ajuste final de todo proceso numérico.

tubo. Perfil de acero formado por una sección cerrada de pared relativamente delgada, de forma redonda, cuadrada o rectangular. Se obtiene generalmente por conformación en frío de un tubo redondo a su vez obtenido de una chapa soldada longitudinalmente.

U

última. Adjetivo referente a propiedades resistentes de sección o estructura. Se dice así momento último o carga última. Las comprobaciones de resistencia suponen verificar que los valores procedentes de las cargas no alcanzan con un margen de seguridad los correspondientes términos últimos. Si el coeficiente de seguridad se aplica al valor último resulta el admisible o seguro; si se aplica a los términos procedentes de las cargas se dice que son los de 'cálculo'.

último, estado límite. Todo estado al que no debe llegar la estructura, sección o punto, ya que pelagra el equilibrio o la resistencia. La comprobaciones de estos estados pueden denominarse mecánicas o de resistencia. Para la comprobación de estos estados se requiere seguridad, adoptándose acciones y resistencias afectadas de los coeficientes de seguridad apropiados al caso. La locución es una traducción excesivamente literal del inglés. En plural es 'estados límite últimos'.

uniforme. Se dice de la carga cuando ésta es distribuida y con el mismo valor en cada punto. Para cargas físicas, como el peso propio, la consideración de uniforme tiene una base real. Para sobrecargas de uso, el carácter de uniforme es convencional.

uso, sobrecarga de. Valor convencional, en general uniformemente distribuido, con sentido de equivalente, es decir que se supone que produce iguales máximos de sollicitación que los pésimos debidos a las cargas reales procedentes del uso del edificio. Aunque en rigor debiera ser un valor diferente para cada punto, sollicitación y elemento, se toma como único para toda la estructura, con sólo ligeras reducciones por superficie acumulada o número de pisos. Para comprobaciones de deformación, fisuración, o combinación con acción sísmica o incendio debe tomarse un valor específico para ello, obtenido por aplicación del coeficiente de simultaneidad aplicable al caso.

V

vano. Literalmente la parte que carece de apoyos. / Por extensión, en las soluciones de vigas apoyadas sucesivas, se denomina así a cada tramo. / En vigas continuas, pasantes o de pórticos la parte central de cada tramo. Momento máximo de vano se refiere al positivo.

viga. Barra fundamentalmente sometida a flexión, como son las horizontales de piso.

vigueta. Viga secundaria de un piso, sustentada en las vigas principales, a su vez soportadas en pilares. / Elemento físico de un forjado, cuando la solución es de nervios prefabricados, aunque en general complementan su resistencia con armaduras adicionales y hormigón vertido en obra. Antiguamente se usaba en ese caso semivigueta, adjetivada incluso de autárquica o semiresistente. / Con la casi ineludible disposición de encofrado continuo, por mor de la seguridad en obra, las viguetas como tales, cuya justificación fundamental era la de dar autoportan-

cia, evitando el encofrado, han perdido su razón de ser, como no sea en los forjados sanitarios.

voladizo. Tramo de viga prolongado en continuidad de otro, sin apoyo en el extremo.

vuelo. Luz de un voladizo. Sinónimo de voladizo.

W

Williot, diagrama de. Método gráfico, hoy en desuso, que permite obtener el desplazamiento de los nudos de una estructura triangulada. Aunque teóricamente es impecable, resulta en la práctica demasiado sensible a imprecisiones. Con dibujo manual sólo es recomendable en su variante elemental para uno o dos nudos. Hoy día es más eficaz el método equivalente, numérico, procedente de aplicar trabajos virtuales.

X, Y, Z

zanca. Viga o losa con directriz quebrada, en general como estructura de los tiros de una escalera. Aunque no parezca formar parte de la estructura fundamental del edificio, en ocasiones es un elemento esencial, dada su extraordinaria rigidez comparada con la del resto de la estructura.

zuncho. Elemento que circunda a otros para evitar que se despeguen entre sí. Es clásico el de los aros de un tonel. / En un soporte de hormigón se denomina zuncho a una armadura, generalmente helicoidal, que rodea al hormigón y aumenta notoriamente su capacidad resistente a compresión al evitar que estalle. / En forjados clásicos de madera, para evitar el que se abran hacia fuera, debe disponerse un zuncho que enlace las cabezas sobre el muro de apoyo, que se denomina también cadena o encadenado. / Los forjados de hormigón se encuentran ya zunchados por la continuidad de la capa superior armada, y es del todo innecesario el zunchado, sólo imprescindible en los extremos de las viguetas en voladizo. / Algunos autores denominan (no muy acertadamente) zuncho, al elemento paralelo a las viguetas que se dispone en el borde del forjado, que no zuncha nada, y que si hubiera que soportar el muro de cerramiento sería sustituible por un nervio más ancho, tal como un duplicado de viguetas. / Los muros de hormigón, armados en ambas caras, cuando no reciben un forjado en su coronación, poseen por lo general un zuncho en dicho punto para evitar su deshoje.

BARBARISMOS

asumir. Anglicismo. En español significa aceptar un cargo, una responsabilidad, una deuda o un delito. La palabra similar inglesa se traduce por suponer.

chequear. Anglicismo. Verificar, comprobar, probar, ensayar o supervisar.

consistente. Anglicismo. Como forma verbal equivale a 'consiste en'; como adjetivo significa espeso, pero, aplicado a una teoría o formulación pretende significar lo que su homófono inglés: coherente, lógica, bien establecida.

decalaje. Galicismo. Se refiere al desplazamiento o prolongación del diagrama de momentos para obtener el de tracciones. Aparece en ocasiones escrito como decalage. En español la desinencia francesa 'age cambia a 'aje, como en garaje o bricolaje.

diseño. Anglicismo. Se refiere a cálculo, y de ahí el subíndice 'd' para las variables en ese nivel. En ocasiones aparece traducido por proyecto. Tanto proyecto como diseño tienen, en castellano, unas connotaciones completamente distintas.

ecuación constitutiva. Traducción literal incorrecta del inglés, cuyo sentido es el de función de tensión a deformación, aunque puede estar generalizada a cualquier otro término mecánico y su correspondiente geométrico.

escenario. En inglés significa secuencia temporal de sucesos. En castellano disposición espacial de objetos. Aparece en documentos de incendio.

estimar. Anglicismo. Evaluar aproximadamente, pero en las lenguas romances significa tener aprecio o estima; en catalán incluso querer o amar.

eventual. Anglicismo. El término homófono inglés significa posible o en su caso. En español significa provisional o temporal.

serviciabilidad. Anglicismo. Se refiere a funcionalidad en estado de servicio.

implementar. Anglicismo. Ejecutar, realizar, o aplicar.

requerimiento. Anglicismo. En español significa acto o documento de requerir; el sentido del término homófono inglés es el de requisito o lo que se requiere.

sofisticado. A diferencia de la palabra similar inglesa, en español sofisticado no significa avanzado, perfeccionado, elaborado, prolijo o moderno, que es lo que en ocasiones pretende decirse, sino, por el contrario, es un adjetivo peyorativo que significa artificial, rebuscado, adulterado, falso, falta de naturalidad, afectado o exagerado.

sumario. Anglicismo. En español fuera del ámbito jurídico es adjetivo y significa rápido; sumarísimo es muy rápido. El término inglés derivado de la misma raíz latina se traduce por resumen.

testear. Anglicismo. Se quiere decir probar, ensayar o comprobar. Algunos autores usan testar, que en español es hacer testamento.

LETRAS GRIEGAS

"	<i>alfa.</i> Ángulo, parámetro adimensional
\$	<i>beta.</i> Ángulo, parámetro adimensional
(<i>gamma.</i> Coeficiente de seguridad, peso específico del terreno
*	<i>delta</i> (minúscula). Ángulos, rozamiento, y parámetros adimensionales, flechas
,	<i>epsilon.</i> Deformación unitaria adimensional
0	<i>eta.</i> Parámetro, coordenada
2	<i>teta</i> (minúscula). Ángulo, dilatación cúbica
8	<i>lambda.</i> Esbeltez, constante elástica
:	<i>mu.</i> Rozamiento, parámetro, constante elástica
<	<i>nu.</i> Coeficiente de Poisson. Algunos autores lo simbolizan con :
B	<i>pi.</i> Relación de perímetro a diámetro
D	<i>ro.</i> Densidad
F	<i>sigma.</i> Tensión normal
J	<i>tau.</i> Tensión tangencial
N	<i>fi.</i> Ángulo, diámetro
n	<i>fi</i> (cursiva). Ángulo, diámetro
P	<i>ji.</i> Coeficiente (de reducción) por pandeo
R	<i>psi.</i> Ángulo, coeficiente de simultaneidad
T	<i>omega.</i> Ángulo, frecuencia, coeficiente de pandeo (antiguo)
)	<i>delta</i> (mayúscula). Prefijo de incremento
1	<i>teta</i> (mayúscula). Ángulo
E	<i>sigma</i> (mayúscula). Símbolo de sumatorio
>	<i>csi.</i> Parámetro, coordenada
.	<i>zeta.</i> Parámetro, coordenada

SUPERSTICIONES ESTRUCTURALES

superstición. Del latín superstare; algo que perdura o sobrevive sin que se comprenda bien, sin saber para qué sirve, o cómo se usa correctamente; al haber cambiado el contexto es posible que muchas de sus cualidades beneficiosas no se manifiesten o que incluso sea contraproducente. / Manifestación o juicio que no tiene base racional.

absorber. Antes de existir un modelo cabal del comportamiento estructural, éste se explicaba a menudo con imágenes. Si a ambos lados de un soporte hay vigas con diferente luz y carga, el equilibrio de momentos involucra al soporte, que acaba teniendo un momento igual a la diferencia de los de las vigas en su entronque con él. Expresarlo como que los pilares pueden *absorber* los momentos desequilibrados de las vigas es una superstición.

análisis lineal. Mientras, como criterio de comprobación se usaba el de tensiones admisibles, o se aplicaba la seguridad a cada punto o sección por separado, era imprescindible analizar la estructura, para obtenerlas. Cuando se pudieron realizar cálculos automáticos encadenados con una máquina, sólo se pudo sistematizar cuando eran lineales, lo que provocó el que las soluciones se redujeran a lo que, aunque fuera forzosamente, se pudiera tratar con *análisis lineal*. En paralelo, se pudo comprobar que en la realidad no se constataba lo que predecía el análisis, cuyos resultados quedaban afectados, a veces fuertemente, por las imperfecciones, cosa que no sucedía con el valor de la carga última. Así que se reformuló la seguridad, en lo que pasó a denominarse comprobación de estados límite, para que pudiera ser la distancia a la carga última, para la que, en la mayoría de los casos, basta un cálculo plástico, dejando al análisis lineal casi sin contenido. Pero se había dedicado tanto esfuerzo a resolverlo, que se sigue usando de manera supersticiosa. Suponer que, la comprobación de una estructura exige ineludiblemente su análisis lineal o que el análisis lineal sirve de mucho es una superstición.

ancho de apoyo. En estructuras de muros, la lógica constructiva, y la economía para procurar la estabilidad, apunta a ir reduciendo su ancho según se pasa de un tramo al superior; la transmisión de compresiones de uno al otro no exige comprobaciones si el ángulo de derrame es, por ejemplo, menor de 45°. Pero esa propiedad no procede de una orientación peculiar; vale igualmente cabeza abajo. No hay inconveniente en que el ancho de la base de un elemento sea mayor que la del inferior, siempre que quepa en un cono de 45° de apertura, teniendo en cuenta el grueso del elemento interpuesto, forjado o viga. Creer que la superficie de apoyo de un soporte debe caer dentro de la planta del elemento inferior es una superstición.

ancho de viga. Cuando las vigas de hormigón eran de descuelgue, se acotaba su ancho. Era la medida que el carpintero tenía que dejar entre costeros de encofrado, y el ferralla debía apañarse para fabricar la jaula de armadura de manera que entrara. Con las primeras vigas planas, que se encofraban con tablo-

nes longitudinales, el ancho lo usaba el carpintero para fabricar el encofrado, tras dotarlo del sobreancho suficiente para presentar las viguetas. Al pasar a encofrado de tableros, de ancho normalizado, al carpintero dejó de serle útil que en el plano apareciera el ancho de la viga, dato que sólo servía al ferralla, que seguía, supersticiosamente fabricando la jaula para unos centímetros menos. Por entonces el ancho de cálculo de la viga podía incorporar los macizados, y poco tenía que ver con el ancho acotado en planos, o el que usaba el carpintero. Con la implantación, casi obligada por seguridad laboral, de encofrado corrido, en muchos casos hasta las viguetas han desaparecido como tales, de manera que las únicas cotas que son órdenes para algún oficio son las de ancho de ferralla y la del límite de bovedillas. Pero supersticiosamente sigue apareciendo en muchos documentos una extraña cota de *ancho de viga*, cuyo único fin es que el ferralla le quite unos centímetros a cada lado para obtener el ancho de jaula, pero que ya nada tiene que ver con ninguna de las acepciones del ancho de viga a efectos de cálculo. Incluso, supersticiosamente, pueden encontrarse detalles constructivos que, a ambos lados de la jaula, representan unas líneas de trazos, reminiscencia del antiguo ancho de viga, y que ahora limitan hormigón contra hormigón. En vigas planas, la cota del ancho es una superstición clamorosa.

anclajes de espera. En la construcción de una estructura de piezas de hormigón se ahorra mucho elemento auxiliar si la armadura de cada una se enlaza a esperas dejadas en la anterior. En edificios, la rigidez entre un tramo de soporte y la losa de piso o zapata de la que arranca, está más bien encomendada a la excentricidad de la compresión, por lo que son innecesarias esperas ancladas, que sólo son imprescindibles mientras el soporte no tiene peso porque todavía no se ha construido el siguiente forjado, cualidad encomendada en la construcción clásica de muros a puntales, que se eliminaban en cuanto el muro entraba en carga. Decidir, con carácter general, que todo soporte debe arrancar con esperas iguales en número y diámetro a su armadura es una superstición.

angular de fachada. El análisis y cálculo del comportamiento estructural se dedicó inicialmente a la principal del edificio: soportes y vigas, y con cierta independencia y retraso, el forjado. Hasta muy adelantado el siglo pasado, los cerramientos de fachada, —que son los que reciben directamente acciones como la de viento—, no se calculaban de ninguna manera. Se construían con reglas de buena práctica, sin racionalizar. Y funcionaban. Probablemente, por la competencia en introducir avances, hizo que se pasara a calcular el comportamiento

mecánico de la fachada. Pero en vez de partir de calibrar los métodos para explicar, en primer lugar, porqué lo de antes funcionaba, se pasó a aplicar la panoplia de modelos usados en otros sistemas constructivos y materiales, que, si se utilizaban en las fábricas existentes, precedían lo contrario. A las fábricas no les es de aplicación fácil tópicos como coeficiente de seguridad, análisis matricial, empotramiento, estados límite de servicio, etc. En España se había producido un buen avance con el código de fábricas, pero lamentablemente estaba reservado a lo que entonces parecía el campo a regular, el de los muros de carga. Y la reciente codificación europea, o el CTE, que ha incluido el problema de acciones horizontales, no llegó a tiempo. Para la fachada circulan todo tipo de explicaciones supersticiosas, poco fundamentadas, hechas por quienes no entienden la albañilería. En estos instantes o la fachada pasa sin pena ni gloria, y se construye como siempre, o se cuestiona que debe salir airosa de cálculos, que las más de las veces sólo encuentran explicación a su viabilidad tras la implantación de múltiples e innecesarios artilugios, perfiles, anclajes y refuerzos. Lo que se ha propalado más es la necesidad de disponer un angular en el frente del forjado, dicen, para ampliar el apoyo de la fábrica. Y dicen apoyo, porque en paralelo deben estar preconizando la disposición de juntas horizontales (véase esa superstición) en la hilada superior de cada planta. Si la fábrica está apoyada abajo y suelta arriba, se cae, aunque apoye en todo su ancho, y si se dota de anclajes superiores, le basta un apoyo de un par de centímetros para albergar cómodamente la reacción que la sustenta. Para alturas de planta usuales, no hacen falta angulares si hay unos seis centímetros de entrega, y existe acodalado, retacado o anclaje superior. Creer que toda fachada, por el hecho de serlo, necesita angulares para apoyarse, es una superstición.

ángulos de cara. El acero se popularizó como material estructural en cuanto se pudieron laminar angulares, lo que permitió confeccionar secciones complejas, como vigas en forma de doble te. Debido a que las uniones se confiaban a roblones, los ángulos se presentaban de cara, para albergarlos cómodamente. Era la única solución, a pesar de la excentricidad que generaban en la transmisión de solicitaciones. Con la aparición de la soldadura, pasó a ser preferible disponerlos al biés, lo que permitía un enlace al menos simétrico. La posterior aparición de tubos permitió ya la unión, incluso centrada, de piezas de sección pequeña con rigidez aceptable. En la actualidad, usar ángulos como cordones o triangulaciones de celosía, y, sobre todo, disponerlos de cara, subsiste como una superstición.

armadura de compresión. En vigas de hormigón armado, el momento flector para *no necesitar* armadura de compresión no es el momento a partir del que *debería* disponerse armado de ese tipo. Aunque no sea necesaria, para momentos menores, poner armadura de compresión minimiza el total de acero. Es fácil demostrar que en cuanto la profundidad de la cabeza comprimida rebasa la mitad de la altura de la pieza, *conviene* poner armadura de compresión, porque con ello se resiste lo mismo con menos armadura total. Tardar más en hacerlo es otra superstición al respecto.

arriostrado. La estructura debe ser suficientemente resistente y rígida. Al principio, ambas cualidades eran intuitivas, y sometidas a reglas de buena práctica. Aun tras la aparición del acero, sólo se comprobaba explícitamente la resistencia, ya que la rigidez

estaba confiada a muros dimensionados con reglas ancestrales. Al desaparecer los muros como tales, debieron definirse con exactitud las acciones horizontales desestabilizantes. Pero no la necesidad de rigidez lateral. Los elementos que se ocupan de ello, —tales que si no se ponen serían necesarios, y si existen no se sabe cuánto sobran—, se denomina en conjunto el arriostrado, y se deciden y dimensionan todavía por reglas de buena práctica, aunque si además deben soportar el viento, para eso sí hay reglas. Cuando se piense en disponer algo para arriostrar, es preciso preguntarse antes si falta, cuánto y en qué dirección. Las más de las veces, se habla del arriostrado en forma supersticiosa.

articulaciones. Técnicamente una estructura se desmorona cuando se han formado demasiadas articulaciones. Ponerlas explícitas es pues tentar la suerte. En algunos casos, como puentes de gran luz, el estado actual del tratamiento de las imperfecciones en el análisis, y la determinación de acciones no son demasiado fiables, por lo que, muy a su pesar, el proyectista, aun sabiendo que es algo inconveniente por sí mismo, opta, como mal menor, por disponer articulaciones, ya que sin ellas no sabe calcular la estructura o no puede creerse los cálculos. Poner articulaciones como recurso formal, suponiendo que, al tratarse de un elemento altamente técnico, la solución gana en eficacia, es una superstición.

banqueos. Cuando no hay más remedio que cimentar a profundidades diferentes, si las zanjas se aparejan con hiladas de fábrica, es lógico disponer banqueos, entre los que se cimenta en horizontal. Si la cimentación se realiza con hormigón vertido, nada impide que cada zapata se disponga en un nivel diferente, mientras no interfieran entre sí, o que las zanjas o zarpas de muro se dispongan con un plano inferior inclinado, lo que simplifica mucho la construcción. En edificios, sospechar que un plano inclinado de asiento propende al deslizamiento es una superstición.

brochal. En forjados de madera, el brochal es una pieza de sección igual a la de las viguetas, que se dispone para recoger varias de ellas, descargando en otras, y todo ello sin salirse del canto del conjunto. Hace falta ser muy hábil para ensamblar el brochal, pero en cualquier caso, es evidente que se calcula como doblemente apoyado. En hormigón brochal designa una pieza con la misma función, pero se le puede dotar de continuidad, que es algo muy valioso, de manera muy sencilla, al menos desde que se dispuso capa de compresión corrida. Para ello basta disponer, en sus extremos, de armadura longitudinal superior, anclada por prolongación hasta la siguiente vigueta. Si es imprescindible para la resistencia a cortante, basta retirar la bovedilla que hay debajo, algo asimismo simple desde que se usa encofrado corrido. Con algunos sistemas, que no consideran la existencia de la capa superior que enlaza a las viguetas, no se puede conseguir esa tan deseable continuidad, casi implícita en la condición de planta, a menos que el lugar se describa como *un pórtico*. Considerar que todo embrochalado debe considerarse apoyo, es una torpeza y una absurda superstición.

canto de vigas de hormigón. Determinar la mínima armadura para un momento y sección dados, tiene solución dentro del estricto ámbito mecánico. El problema de la sección de hormigón para un momento dado, no. Para resolver el problema es imprescindible añadir condiciones, por ejemplo, económicas, buscando la sección que con armadura

estricta, conduzca al conjunto menos costoso. Los libros son renuentes a plantear esas cuestiones. Hay un canto peculiar, que es el mínimo para no necesitar armado de compresión, que conduce a una expresión con momento a un lado, y canto al otro. El canto de coste global mínimo es generalmente mayor. En muchos casos, se suministra la expresión citada, sin fundamento alguno, como la fórmula del canto de las vigas de hormigón, que es meramente supersticiosa.

canto del soporte. La sustitución de los muros interiores por pórticos se hizo inicialmente con machones, por tanto, piezas con el canto en la dirección del pórtico. Cuando la estructura pasó a ser pórtico de vigas y soportes, para facilitar la descripción del modelo, frecuentemente se daba un ancho común a todas las piezas en su plano, distinguiéndolas por el canto, que era pues necesariamente, en dirección del pórtico. En puentes o edificios con vigas de descuelgue, el desplome es mucho menor si el canto se dispone en el plano de pórtico. En edificios con forjados planos, lo que se gana en una dirección se pierde en la otra, por lo que es indiferente cómo se disponga cada soporte. En estas soluciones, incluso pierde sentido la propia denominación de pórticos; los hay en las dos direcciones, más o menos virtuales –por ejemplo, unos con soportes y vigas, y otros con soportes y viguetas–. En las soluciones actuales, empeñarse en disponer el canto de los soportes en la dirección de las vigas, porque esa es la dirección del pórtico, es una superstición.

centrado de zapata. Si se dispone una zapata bajo el soporte situado en una linde, queda excéntrica, y debe aportarse un momento a base de robar carga de un punto cercano y llevarlo con una viga, denominada *centradora*. Como usualmente el análisis se ha hecho considerando los soportes empotrados a las zapatas, el momento del soporte es tal que la compresión de descentra hacia afuera, incrementando el problema de centrado. De ordinario esa excentricidad puede ser del orden de la mitad de la que hay en el extremo superior del tramo. Algo se puede hacer con el artificio de declarar que el soporte está articulado abajo—lo que no compromete a nada, ya que puede construirse como siempre—. Otro recurso es el de considerar que la zapata tiene una franquicia de excentricidad, lo que permite, sin aumento de tamaño, suponer que la reacción se desplaza hacia el exterior, del lado favorable, un 5% del lado. Pero lo definitivo es considerar que si hay centrado, y la reacción de la zapata es excéntrica al soporte, ésta gira, y el soporte gira, de manera que la excentricidad de su compresión puede, sin incremento de armadura, suponerse del lado contrario al usual y de valor doble, como la que hay en su extremo superior. Eso es tanto como considerar zapata y viga centradora formando parte del análisis de la estructura. Con ello el problema de centrado puede reducir una tercera parte de la armadura de la viga, que en primera instancia suele ser enorme. Suponer que, porque se ha hecho siempre, en todos los casos hay que seguir considerando los soportes empotrados a las zapatas no es más que una superstición.

cerchas triangulares. En madera lo complicado son los nudos y empalmes, por lo que en las cerchas prima la sencillez de la forma, por ejemplo, de triángulo. En acero debe prestarse más atención al dimensionado y las solicitaciones. La forma triangular provoca una enorme concentración, poco eficaz, de solicitaciones en torno al extremo, dando lugar a una gran disparidad de su valor a lo largo de los

cordones, lo que quita rentabilidad a la sección constante, que es la óptima desde el punto de vista constructivo. En acero, proyectar cerchas con forma de triángulo es una superstición.

cimentación. En las construcciones antiguas, a base de muros, se llegaba a planta baja con tensiones en la fábrica en la banda del centenar de kilonewtons por metro cuadrado, por lo que la experiencia indicaba que se podía arrancar del mismísimo terreno, en cuanto éste era de mediana calidad, con la sola precaución de elegir un nivel sano, a lo sumo, y dada la natural falta de precisión en esta unidad, partiendo de un ancho algo superior al del muro, disponiendo una zanja enterrada, realizada asimismo de fábrica, denominada *fundación*. Con soluciones de soportes en acero u hormigón, no es infrecuente que éstos concentren, en la sección aparente, compresión a razón de hasta cuarenta o cincuenta veces el valor anterior, lo que obliga a un retallo de orden mucho mayor, denominado *zapata*. Suponer que un edificio antiguo es incorrecto o se encuentra en mal estado por no disponer de cimentación o zapatas formales es una superstición.

coeficiente de pandeo. Euler mostró que una pieza, independientemente de la capacidad resistente a compresión que tuviera, podía fracasar al alcanzar una cierta carga crítica, variable con la esbeltez, y con el módulo de elasticidad del material. El problema era crucial en acero, y la primera solución fue una función de interpolación matemática entre ambas cargas, corrigiendo la capacidad resistente eficaz en función de lo cerca que estuviera la carga de la crítica, que se denominó *coeficiente de pandeo del acero*. La explicación física de esa corrección eran las imperfecciones, que provocaban un incremento de las tensiones teóricas. Para no alcanzar la resistencia del material, la incidencia del pandeo resultaba diferente según la clase resistente del acero, así que la función tuvo que transformarse en el *coeficiente de pandeo de cada clase de acero*. Pero, midiendo las imperfecciones, se descubrió que dependían fuertemente del proceso de laminación, o sea, del tipo de perfil. La función se transformó en el *coeficiente de pandeo de cada tipo de sección de cada clase de acero*. Y tampoco. Cada tipo de problema, en términos de ley de compresión y flexión, o cada condición de extremo daba lugar a que el pandeo provocara un cambio distinto. De lo que se disponía era del *coeficiente de pandeo de cada tipo de sección de cada clase de acero en compresión simple*. Aun hoy día, la formulación de un problema genérico de pandeo en términos del coeficiente de compresión simple es artificioso. Pero la locución *coeficiente de pandeo del acero* es una superstición.

coeficiente de seguridad. Al aparecer los materiales modernos, altamente resistentes, y sobre todo tenaces, es decir con resistencia a tracción, la seguridad estructural, se formuló en forma de coeficiente de seguridad de tensiones. Se decía que había suficiente seguridad, si multiplicando las acciones por un coeficiente, las tensiones eran soportables. Con el hormigón, en el que hay que permitir su rotura para que trabaje el acero, se reformuló en términos de sección, pero asimismo como coeficiente de seguridad mecánico. Aun cuando, con cálculo plástico, se refiera a pieza, sigue siendo un coeficiente aplicado a las acciones. Las estructuras antiguas, son relativamente insensibles al incremento de acciones, y la condición que suele indicar el comienzo del fracaso es la aparición de tracciones.

En otros casos la condición crítica es que la trayectoria de carga se salga de la sección. Por ello el colapso se produce en clave de *estabilidad*, y la seguridad no puede establecerse en forma de coeficiente, o al menos no de factor mecánico, siendo más un problema geométrico. Menos tensión se puede conseguir siempre; menos inclinación, no, si ya se ha llegado a la verticalidad. Intentar comprender el problema estructural de un edificio antiguo en forma de coeficiente de seguridad aplicado a las acciones es una superstición.

contrapeado de forjados. Con la solución de muros de carga, la estabilidad depende de disponerlos con dotación similar en ambas direcciones, e incluso de que estén parecidamente cargados, lo que aconseja disponer cambios de dirección de los nervios del forjado en planta para mejor arriostrar *los muros*. El sobreprecio de prescindir de la continuidad en las viguetas no existía mientras eran de madera. En las construcciones modernas, la continuidad de viguetas de acero u hormigón es crucial, y la carga de cada soporte no depende de mantener o no la dirección de los nervios, por lo que contrapear la dirección de los paños de forjado es una superstición.

desplome. En la construcción con muros de carga, la pérdida de verticalidad o desplome de un elemento no lo pueden compensar los demás y es un problema de crecimiento progresivo acelerado. Una vez que se pone en marcha, es imparabile, por lo que resulta vital detectarlo y corregirlo en fase temprana, cuando sólo hay indicios. De ahí la preocupación por medir el desplome de lo que se iba haciendo. En las construcciones modernas, con soportes de acero u hormigón, rígidamente unidos a los forjados de planta, el conjunto tiene funcionamiento de pórtico de nudos rígidos, ayudándose mutuamente todos entre sí, transformando las cargas verticales en solicitaciones oblicuas si es necesario para que sean compresiones. Por ello el desplome de un soporte aislado es algo irrelevante por sí mismo, inofensivo, y sin ese carácter. Lo que importa como desplome es el promedio de todos; si estadísticamente, cada soporte está desplomado hacia un lado diferente, es como si fuera nulo. Lo mismo sucede con los pilotes. Aunque se dibujen verticales y se ordene ejecutarlos así, en tanto están unidos entre sí, el que cada pilote esté inclinado al azar en una dirección diferente no sólo no es inconveniente, sino que hasta podría interpretarse como una ventaja. Dedicar esfuerzo a controlar los desplomes de tramos de soportes o pilotes es una superstición.

dintel sobre soporte. El dintel se disponía, en la construcción clásica, *sobre* el elemento soportante, columna o muro. Había reglas para ambos elementos, pero no análisis como tal. Al formularse la teoría de barras, surgieron, para las condiciones de extremo, términos como los de apoyo, articulación o empotramiento, que se aplicaron con mejor o peor fortuna a lo que se venía haciendo. Si el dintel se presenta en parte de la testa del elemento soportante, el nudo se podría calificar como apoyo o articulación para el dintel, pero por el principio de acción y reacción, el elemento soportante recibe carga excéntrica, es decir, con momento, sin que el nudo sea rígido. En hormigón ese nudo parecía tan rígido como los demás, y, para cada tipo de carga, se asemejaría a articulación o empotramiento según la rigidez relativa de ambas piezas. Al sustituirse los soportes de piedra o madera por fundición, hubo que inventar artilugios y estribos para que la viga de madera descansara de lado en el soporte, ya que

había que prever que encima se dispusiera otro. Cuando se pasó todo a acero, ya había costumbre de que el dintel acometiera de lado, y así no había discusión: era empotramiento o nudo rígido si se enlazaba a momento, y articulación en caso contrario. El nudo clásico, de dintel *sobre* soporte, quedó sin clasificar. Y sin decidir cómo se analizaba. Y se eliminó del catálogo de recursos de la estructura metálica. Cuando el dintel se dispone sobre el soporte no es infrecuente que se califique lisa y llanamente de apoyo. Incluso hoy día, es muy difícil encontrar en la literatura técnica de acero, detalles en los que la viga se presenta sobre el soporte, que es por otro lado lo más eficaz, rentable y constructivamente simple, en actitud claramente supersticiosa.

dirección de las vigas. Con materiales como madera o acero, fuertemente dependientes de la flecha, y por tanto golosos de concentrar carga, la solución de una planta extensa pasa por una jerarquía de familias de vigas, en las que altura, carga y luz crezcan simultáneamente. En hormigón, en el que no está acopladas la altura y la sección de acero, y en edificios usuales, sobre todo con forjados planos, la regla deja de ser válida con carácter general. Unas veces es mejor disponer las vigas en la dirección larga y las viguetas en la corta y otras al revés. En teoría, no sólo la cantidad de armadura sino hasta su despiece puede ser idéntico al intercambiar las direcciones de vigas y viguetas. Y en cortante o flecha tampoco hay diferencias. En muchos casos hay que esperar a definir totalmente la planta y a valorar las dos soluciones alternativas para concluir cuál es la mejor, que puede depender de variables oportunistas, como en dónde hay vuelos, o cómo está dispuesta la escalera, o qué interrumpe el hueco del ascensor. En forjados planos, tratar a toda costa de disponer las vigas en la dirección de más luz, es una superstición.

eje del apoyo. En el extremo apoyado de una viga de hormigón, aunque el momento flector sea nulo, la armadura inferior traccionada no lo puede ser. Debido a que el alma funciona a base de bielas oblicuas, en el extremo subsiste la tensión correspondiente al momento uno o dos cantos más allá. Para las proporciones habituales se formula como que hay llevar al extremo apoyado del orden de la tercera parte de la armadura máxima de vano, y además queda pendiente de anclar. La regla no suele aparecer traducida al caso de ménsula, pero potencialmente pasa lo mismo. Si se dispone un tramo apoyado tras una ménsula, se tiene una pieza continua, y lo dicho se traduciría en que en el punto de momento nulo no pueden ser nulas ninguna de las dos armaduras, superior e inferior, que deben llegar a ese punto con una fracción significativa de su sección máxima y pendientes de anclar. Como en la construcción clásica, de tramos aislados, extremo era sinónimo de apoyo, la regla se ha venido traduciendo, supersticiosamente, como la de llevar una fracción de armadura inferior hasta el eje del soporte. Aunque algún otro código explicita lo de punto de momento nulo y la última versión del de hormigón lo ha cambiado por *eje del aparato de apoyo*, la superstición sobrevive. Si un soporte recibiera en su cúspide dos aparatos de apoyo, para las vigas que le acometen por los lados, la armadura inferior de cada una podrá llegar al eje de su aparato de apoyo y anclarse, pero al eje del soporte no, porque ahí ni siquiera llega la viga. No es pues el eje del elemento soportante sino del soportado. Traducir eje de aparato de apoyo por eje de soporte es una superstición.

elementos finitos en ladrillo. Los métodos de análisis lineal se automatizaron primero para estructuras de barras, como *cálculo matricial*. Para elementos superficiales, como losas, cáscaras, etc, era preciso un proceso previo de aplicar una malla, para transformar el continuo en un número discreto de elementos. Los elementos de fábrica, se habían venido procesando a base de la trayectoria de cargas. Para los casos más simples, de muros de ladrillo, se había llegado a formulaciones que condensaban, casi de un golpe, el análisis y la comprobación. Con el argumento de que menos es nada, se empezó a aplicar el método de elementos finitos a fábricas, sin más que meter como dato su módulo de elasticidad. Ante la vistosidad de los resultados, sobre todo en colores, ha prosperado el papanatismo de defender que, si no es perfecto, al menos da pistas. Y nada es menos cierto. Al ser un material que, en su equivalente analítico, tiene una rigidez a tracción mucho menor que la de compresión, es muy posible que suponerlo igual, ya que el método no admite más que uno, conduzca a disparates, buscando el resultado en dirección opuesta a la correcta. Suponer que se puede aplicar directamente el método de elementos finitos a fábricas, y que eso conduce al menos a una aproximación razonable, no es correcto; es una superstición.

empotramiento de zapatas. De acuerdo con la formulación disponible, la presión admisible bajo una zapata depende de manera relevante del peso que hay en derredor, que funciona como contrapeso. El ejemplo más claro es el de edificio con sótano cimentado en losa. Si, lo que es muy probable, el edificio pesa menos que las tierras que desaloja, no hace falta conocer ninguna propiedad del terreno, ni hacer cálculos de ningún tipo, porque sólo con el término de contrapeso ya hay presión admisible de sobra. Como además el terreno en superficie suele estar meteorizado, contaminado y suelto, y el de alrededor, si no hay solera, podría lavarse, desaparecer inadvertidamente etc, se supone que el plano de asiento de la zapata va a estar unos decímetros bajo rasante, profundidad que muchos libros e informes califican, no muy correctamente, de empotramiento. Es frecuente que la solución de zapatas se ligue a que haya un empotramiento mínimo, que no es tal, sino que es la profundidad con la que se ha obtenido el valor de la presión admisible, y lógicamente no podría haber menos sin revisar el valor, pero podría revisarse. Y además no tiene que ser terreno. Lo que entra en la fórmula es el peso que hay alrededor, y por tanto cuenta el terreno, el encache y la solera. Y todo lo demás que haya, siempre que pese. Pero expresarlo como que la zapata debe estar empotrada en el terreno, es una superstición.

empotramiento en el firme. Cuando se ha decidido cimentar en un tipo de terreno distinto del que se hay en la superficie, hay que encontrarlo. No es infrecuente que, en alguna zapata, aparezca más profundo de lo esperado. En ese caso debe confirmarse fehacientemente que se ha llegado al terreno que se buscaba y no está entreverado con el anterior. Por eso es recomendable excavar algún decímetro más hasta que no haya ninguna duda. Pero eso no debe confundirse con que haya que penetrar en el terreno firme. En ocasiones se pide que, al llegar a firme, haya que empotrarse en él una cierta cantidad. Es una superstición, arrastrando a este caso, el asimismo mal llamado empotramiento en el terreno. La propiedad que tiene que tener el plano inferior de la zapata es estar inequívocamente asentado en el terreno buscado, y, alrededor tener al menos el peso

supuesto. Del terreno a los lados de la zapata, la única cualidad que interesa es su peso. Creer que además de llegar al firme, hay que empotrar la zapata en él, es una superstición.

enfrentamiento de viguetas. En los antiguos forjados de madera, las viguetas eran de un tramo, sin continuidad. Y lo mismo las de acero. Los forjados de hormigón compitieron con éxito gracias a que podían conseguir continuidad. Los primeros métodos de cálculo de forjados operaban nervio a nervio, suponiendo continuidad porque había enfrentamiento. Con el tiempo, el cálculo pasó a hacerse por paños, o por metro de ancho, sin exigir explícitamente enfrentamiento, aunque se disponía el mayor posible. Con la aparición de programas matriciales de barras suficientemente potentes, el forjado volvió a simularse nervio a nervio, considerando todos, como elementos independientes, y si no había en-frentamiento se complicaba sobremanera el análisis, y aparecían torsiones y sobrecostos que eran más bien fruto de la perversión del modelo. El resultado era que el usuario tendía a pagar cualquier precio por el enfrentamiento. El paño como tal, e incluso la colaboración de la capa superior entre nervios, no tenían cabida en el programa matricial, y aun hoy día sigue sin poderse tener en cuenta. Con el tratamiento del forjado como paño, y la incorporación de modelos plásticos de líneas de rotura, que tienen en cuenta la colaboración transversal entre viguetas, el enfrentamiento no tiene ventajas, y la falta de enfrentamiento no tiene los inconvenientes que predicen los programas de barras. Y sobre vigas de acero o sobre muretes de forjado sanitario es casi inevitable entreverarlas. Creer que es fundamental enfrentar los nervios de forjado a un lado y otro de la viga o muro es una superstición.

epoxi y fibra de carbono. Una superstición muy extendida es creer que si el medicamento es caro, su eficacia es alta. O, en intervenciones estructurales, que si el material es de técnica refinada, tiene que ser maravilloso. Pasa con la resina epoxi. Dentro de un taco químico, o para adherir dos caras de elementos macizos, ese adhesivo queda a resguardo, y no tiene contraindicaciones. Usado superficialmente, o tras una ligera chapa metálica o una banda de fibra de carbono, en el interior de edificios, es fatal. El problema es el incendio. En madera, la encolada no se pudo usar hasta que se descubrió un pegamento que resistía a incendio al menos tanto como la madera –en la actualidad ya hay varios–. Si el acero resulta crítico a 700°C, la resina epoxi fracasa por debajo de los 100°C, y tras una ligera capa de los materiales citados, lo alcanzaría casi al mismo tiempo que el conato pasara a ser incendio declarado. Y la fibra de carbono, directamente expuesta no es mucho mejor. Para que con las temperaturas del incendio el acero no llegue a 700°C, bastan unos centímetros de material protector. Para proteger a la resina en las mismas circunstancias, se necesitarían gruesos decimétricos. Inviabile. Suponer que la resina epoxi o la fibra de carbono pueden usarse sin más en el interior de los edificios, es una superstición.

estribos de cuelgue. Los esfuerzos cortantes se refieren a la idealización de cuando la carga acomete en la mismísima directriz de la viga. Si la carga entra físicamente por encima de ese punto, se traslada por compresión del alma hasta su centro, algo que no alivia la necesidad de estribos, ya que, por lo que respecta a la mitad inferior de la viga, deben seguir siendo los mismos. Pero si la carga

acomete físicamente por debajo, se precisa tracción adicional desde se punto hasta el centro de la viga, lo que exige estribos adicionales o de *cuelgue*. En el forjado puede aceptarse que buena parte de la carga acomete por arriba, pero las vigas planas la reciben del forjado, mediante bielas oblicuas que acometen en su borde inferior. La diferencia de carga en medio y carga por abajo es, a 45°, medio canto, por lo que los estribos de *cuelgue* suponen lo mismo que los que resulten de desplazar el diagrama de cortantes medio canto en el sentido desfavorable, regla, que debido a su poca repercusión y a que el caso es el más habitual, es de aplicación general. Por tanto los estribos para vigas planas que respetan las reglas generales establecidas, ya incluyen el efecto de *cuelgue*. Creer que en las vigas planas se necesita añadir estribos por *cuelgue* es una superstición.

estructura de hormigón. Las construcciones clásicas tienen en cada punto y para cada función el material más idóneo, y casi siempre se usan varios, como en el caso de muros de fábrica y forjados de madera. La fundición sustituyó a los soportes, pero no pudo resolver vigas. El acero comenzó por solucionar vigas y viguetas, y consiguió finalmente ser competitivo en soportes. Los cimientos siguieron siendo de fábrica. El hormigón armado surgió para competir con el acero, y en efecto, con él es posible hacer tanto vigas como soportes, e incluso muros de sótano y zapatas, pudiéndose plantear la cuestión de si la estructura debe ser de hormigón o no. Es un falso dilema; que sea posible hacerlo todo en hormigón o acero no quiere decir que haya que optar por una cosa u otra. En rigor, el hormigón armado no es un material, sino dos, hormigón y acero, y es evidente que en cada sitio se dispone el más adecuado al caso. Basta pues generalizar eso; cada pieza, parte o elemento debe ser del material que más convenga, sin supersticiones.

excentricidad o descentramiento. En un soporte o muro excentricidad es el cociente de momento a compresión. Indica a qué distancia de su centro se sitúa la resultante de tensiones. No tiene que ver mucho con descentramiento. Si encima y debajo de un forjado los dos tramos de soporte tienen la misma sección y están uno sobre otro, no hay descentramiento. Si se trata de un soporte de borde, el superior tiene excentricidad hacia afuera, y el inferior hacia adentro. No hay descentramiento, pero sí excentricidad. Y puede ser al revés. Basta que el soporte superior se disponga algo volado respecto al inferior. Buscando el punto exacto, pueden anularse las excentricidades, a base de descentramiento. La confusión puede provenir de que mientras los antiguos analizaban con trayectoria de cargas, y hablaban de excentricidad, el análisis enfatiza el momento como término matemático, independiente de la compresión, prescindiendo del sentido físico de excentricidad. Si en obra se detecta que un soporte se ha desplazado de su posición teórica, se ha descentrado. Pero sólo puede saberse si eso ha generado excentricidad por análisis. Y cabe que la excentricidad que se haya añadido sea perjudicial o ventajosa. No porque un soporte se haya movido de sitio, necesariamente la estructura ha salido perjudicada. Estadísticamente la mitad de las veces mejora y la otra mitad empeora. Lo que importa de un soporte no es dónde se encuentra su centro, sino dónde puede o debe estar la posición de la resultante de tensiones. Lo que importa no es el soporte geométrico, sino el mecánico. Identificar un descentramiento con excentricidad es una superstición.

fachada separada de la estructura. Inicialmente los muros eran estructurales, de carga. En la actualidad la estructura resistente está diferenciada; hay soportes, por lo que el cerramiento de fachada parece que debe sustentarse y depender de ellos. No es cierto. Por un lado, en tanto la fachada es continua con la de la planta inferior, se puede sustentar sobre ella, y es lo que generalmente acaba haciendo hasta abajo del todo. Además, la fachada es un elemento muy rígido en su propio plano, y aunque no parezca desempeñar un papel estructural resistente, de ella sigue dependiendo en buena medida la rigidez y estabilidad del conjunto. La norma sísmica dice que debe tenerse en cuenta en la deformabilidad del edificio. Al igual que cuando los soportes suplantaron a los muros, hubo que pasar a considerar acciones hasta entonces ignoradas, como el viento, si la fachada se separa completamente del resto de la estructura, ésta debe calcularse para poseer mucha mayor rigidez que lo habitual, ya que su fracaso no contará con la fachada para suplirla correctamente. Conviene recordar que estructura no es lo que uno desearía que fuera, sino lo más rígido de entre lo que haya, y la fachada y las carpinterías lo son habitualmente. De ahí que lo de separar fachada de estructura sea una antinomia casi imposible: buena parte de la estructura está siempre en la fachada. Fachada es un objeto, y estructura una propiedad, resultado del análisis. Querer separar la fachada de la estructura es una superstición.

forjados y acción horizontal. Las primeras construcciones con hormigón armado tenían vigas de descuelgue. El forjado tenía un canto exiguo, y a veces ni capa superior, o no armada. Era pues un elemento secundario, que recibía la carga vertical y se la entregaba a las vigas. La acción horizontal se asignaba a pórticos de vigas y soportes. Para esa acción en la dirección del forjado, se disponían vigas adicionales. Como debían conectar soportes alineados, y era mejor que tuvieran carga, se disponían preferentemente en las fachadas laterales. Debido a que la inercia depende del cubo del canto, en el análisis, el forjado, con mucho menos grueso, no podía competir y se despreciaba. Al introducirse las vigas planas, los pórticos con esas vigas de borde, o *pórticos anti viento* como se denominaban, pasaron a tener una rigidez similar a la de los demás, virtuales, formados por soportes y forjado, que ya tenía capa superior armada. Supersticiosamente se siguió considerando a viento sólo los pórticos que tenían elementos rotulados como vigas, independientemente de su rigidez. Incluso algunos programas tenían configurada una instrucción para enmascarar la rigidez de las viguetas de forjado y que nunca contaran a viento. Lo habitual era, para el forjado, o no tenerlo en cuenta a viento, o esperar a que lo definiera el ofertante de las viguetas, que sólo hacía cálculos ante acción vertical. O incluso calcular la acción horizontal sólo en una dirección de la planta: en la de los pórticos de carga. No pocos edificios deben estar contruidos sobre la base de la mitad del análisis ante acción horizontal, que además puede haberse hecho en la más benigna. El guño del código, indicando que en el forjado se tuviera en cuenta las solicitaciones de acción horizontal cayó en saco roto, y en la actualidad, incluso se ha perdido. No calcular la acción horizontal en la dirección del forjado, o hacerlo sin considerar que las viguetas son elementos resistentes ante esa acción, subsiste como superstición.

hormigón visto. Antaño, la forma de pedir el hormigón era por dosificación, teniendo siempre una

elevada concentración de componente Portland, cuya presencia confería una importante protección pasiva para el acero. En la actualidad el hormigón se pide y recibe por resistencia, habiéndose encontrado recetas para conseguir mucha resistencia con poca protección. La regla por la que la resistencia es una indicador indirecto de otras cualidades deseables del hormigón ya no funciona: el hormigón puede, al mismo tiempo, ser muy resistente y poco duradero. De manera que en la actualidad se exige una resistencia mínima no por sí misma, ya que sobra, sino para forzar a que el hormigón sea durable. Pero en general, más vale pensar que los hormigones armados a la intemperie deben pintarse y protegerse superficialmente como casi cualquier otro material, entendiéndose por pintura lo que se puede volver a aplicar de tiempo en tiempo. El hormigón armado visto estructural está pasando a ser una superstición.

hueco de escalera. En los edificios de muros, la escalera se construía con otras reglas y materiales, y con otros oficios, como carpinteros más avezados, sin engarce con las plantas, sustentada en los muros de alrededor de lo que, en una fase incluso avanzada de la obra, era el *hueco de la escalera*. En la actualidad, la escalera se forja como el resto de la planta, en continuidad con ella, y simultánea o sólo algo retrasada del resto de la obra gruesa de soportes y forjados, sin discontinuidad entre la parte de meseta a nivel de planta y el resto de ese piso, disponiéndose con posterioridad el cerramiento entre escalera y locales de planta. La escalera es, posiblemente una zona local de concentración de resistencia y rigidez. Representar la estructura dibujando un hueco en el lugar de la escalera es una superstición, y tratar de analizar la estructura, prescindiendo de la escalera, es otra.

juntas en cerramientos. Al pasar a hornos lineales, en algunos casos, las piezas cerámicas de algunas fábricas empezaron a mostrar efectos aparatosos de expansión por humedad, que no habían aparecido en el tiempo en que se usaban los hornos clásicos de rotación. Como el cambio estaba propiciado por el ahorro de energía, —aparte de variar la composición de la pasta para que tuviera menos expansión potencial—, se intentó eliminar la disfunción, incorporando juntas en la fábrica. En horizontal, en muros de carga era imposible, y los cerramientos, las más de las veces estaban emparejados entre forjados, de manera que generarían tensiones, pero no acumulaban deformaciones. Y además, dadas las proporciones y el aparejo de las piezas, la expansión se producía en mayor medida, y con peores efectos, en dirección horizontal. Se pasó así a prescribir y ejecutar juntas verticales para que la fábrica respirase y no se dañara a sí misma. Pero en ocasiones este celo por liberar de tensiones la fábrica, y por dotarla de, dicen, libertad de movimiento, —la máxima libertad se traduce en caerse— lleva a ordenar juntas horizontales, claramente atentatorias de la estabilidad, y que no es sino una superstición.

junta de retracción y dilatación. En los muros de contención de albañilería no se dejaban juntas. Al pasar a construirse de hormigón, se constató que si la longitud era grande y se hormigonaban de una sentada, se rajaban espontáneamente. La causa era la retracción, y por eso se prescribió dejar interrupciones del hormigonado, que con el paso del tiempo se manifestaban como ranuras. A la intemperie, en verano o con el sol, los muros dilataban y empujaban en sus extremos violentamente, por lo que se prescribía dejar holguras, que los días calurosos se cerra-

ban. Los de sótano son muros, por lo que cabría que hubiera que hacer lo mismo. Pero las disponibilidades de encofrado limitan la cantidad de muro que se hormigona conjuntamente, y por bataches no se ejecutan trozos seguidos, sino intercalados. Por otro lado, ni la acción del verano ni el cambio estacional les afectan mucho, ya que en poco tiempo quedan a cubierto. Y, sobre todo, se dispone por encima un forjado corrido, que en caso de haber dejado juntas en el muro, no deja que respiren. Las juntas sólo operarían como tales, para retracción o dilatación, el tiempo que se tarde en disponer el forjado, habitualmente semanas, y sólo en caso extremo unos pocos meses. Las juntas no se predicen de un elemento. Son una propiedad del objeto, en este caso del edificio, y para contención en campo abierto, del muro. Disponer en los muros de sótano juntas que no se prolonguen en el forjado y edificio que hay encima, hasta cubierta, sólo tiene una explicación supersticiosa.

ladrillo 2/3, plaqueta 1/3. En los primeros documentos europeos de muros de carga, se establecía que, para considerar el nudo como rígido, y aplicarle esa formulación, el forjado que se sustentaba en el muro, debía penetrar al menos 2/3 de su grueso. Probablemente se copió el dibujo del detalle, donde aparecía una fábrica y un forjado, con la acotación de 2/3, y se tomó como criterio obligado, no ya para algo, sino obligado a secas. Cuando se publicó la ponencia europea específica de la acción horizontal sobre muros, no aparecía nada similar; sólo había un procedimiento racional y analítico para determinar si la fábrica era viable. La regla del 2/3 reapareció en el CTE, asociada a la satisfacción de un requisito diferente, el de protección frente a la humedad, y enunciada al revés, que cuando el ladrillo se sustentara en el forjado, debía asentarse al menos 2/3 de su grueso. Absurdo. Porque, por un lado si era por humedad, el valor de 2/3 sería un máximo, no un mínimo. Y por otro porque, sin dibujo que lo aclarara, se refería a si la fábrica estaba en *vuelo*. Y vuelo significa que hay aire por debajo. Supersticiosamente se ha venido aplicando a cuando no hay vuelo, sino aplacado delante de la tabica del forjado, y hay continuidad sólida bajo todo el grueso de la fábrica. La regla tendría sentido, por estabilidad, en caso de vuelo en petos, que dependen de la base de sustentación. Y 2/3 podría ser un valor prudente, aunque no para cualquier altura. Pero no tiene ningún sentido, ni siquiera en fábrica volada, si la fábrica se sustenta entre dos forjados, porque lo hace por acodamiento o efecto *arco*. Y como se deduce de la formulación existente acerca de la estabilidad, la regla del 2/3-1/3 ni siquiera tiene las variables oportunas. Como puede comprobarse, lo que sale, es que, por succión de un valor habitual de acción de viento, debe asentar del orden de 1/45 como mínimo de la altura entre los forjados, sin importar el grueso que sobresalga. Para una altura libre de 2,8 m debe asentar al menos 6 cm. Todo apunta a la regla del 2/3 se copió de un documento que no estaba escrito por requisitos, sino por elementos, el relativo a fachadas, e intentaba cubrir requisitos de estabilidad de fábrica sustentada, pero sin hacer los cálculos, limitándose a importarla, de manera desquiciada, de la condición de nudos rígidos de muros sustentantes. Con formato catalán, lo de 2/3 pase, pero con el formato castellano, para un medio pie quedan sólo unos escasos 4 cm para la plaqueta, que, con las imperfecciones de obra, dejan en precario esa unidad de obra, y desde que empezó a implantarse, esa regla ha ocasionado múltiples fracasos. Una superstición en toda regla.

losa. Antigüamente la flexión bidireccional no tenía solución, salvo con losas de piedra, con las que se podían salvar luces muy reducidas. Con piezas de madera, sólo cabía flexión unidireccional. La aparición no tanto del acero, cuanto la del hormigón, permitió plantear losas para salvar cualquier combinación bidireccional de luces. Pero al aumentar la luz es necesario más canto, y con losa maciza, el peso propio incide demasiado desfavorablemente en las solicitaciones y en la eficacia de la solución, que no puede competir con la un forjado, aligerado y con jerarquía entre sus elementos. La losa sigue siendo pues una solución *hasta* una luz determinada, y por tanto adecuada a luces pequeñas; por encima debe dotarse a la solución de *estructura*. Salvo si el peso no es inconveniente, como en losas de cimentación, pensar que el problema de flexión de luz importante puede solucionarse con una losa, es una superstición.

macizados. En las vigas de hormigón que se usaban inicialmente, con canto o descuelgue bajo el forjado, era lógico, desde el punto de vista constructivo, prever unos macizados laterales, como transición entre la viga y el forjado, que no se tenían en cuenta en la capacidad resistente, ya que, a momento negativo y cortante, el ancho que cuenta es el del descuelgue, y a momento positivo la ventaja era marginal, complicando innecesariamente la formulación, para llegar a un resultado muy similar. Al pasar a vigas planas, el macizado ocupa todo el canto, por lo que puede computarse ventajosamente a todos los efectos. En forjados planos, hablar de macizados laterales a las vigas es una superstición: forman parte de las vigas.

ménsula corta. El uso de garaje suele exigir una ampliación de luces, o ajustarlas a otras condiciones, como tamaño de plaza acotado. Eso obliga a eliminar o desviar soportes de sitio, disponiendo vigas de descuelgue específicas para ello, que algunos denominan *de apeo*. El cálculo conduce a cantos del orden de magnitud del desvío. Técnicamente el problema es de una carga próxima al extremo, convencional a momento, pero simplificado a cortante, porque las cargas que están a un canto —o, con ciertas interpretaciones, a dos cantos— no computan a ese esfuerzo. El código de hormigón no considera que un soporte esté encima de otro, y menos que arranque de una viga, por lo que algunos afirman que es el apartado de *ménsula corta* —ménsulas que salen del punto intermedio de un soporte para sostener, por ejemplo, los puentes grúa—, el que se aplica al caso. Con esa interpretación, el problema de cortante, en vez de simplificarse, se complica. Por más que en cualquier viga, la parte de momentos de un signo y otro pueda etiquetarse de viga apoyada y ménsula, lo cierto es que nada hay en el extremo de una viga que tiene encima un soporte, que sea una ménsula, y menos corta. Realmente la novedad en el armado de una ménsula corta es la disposición de armadura horizontal en el alma. En una viga de desvío, no cabe esperar tracciones horizontales, ya que el equilibrio puede producirse, de manera más eficaz, por compresiones provenientes del lado opuesto. Sólo sería ménsula corta, si el soporte se desviara en el extremo de una ménsula, con la testa libre. Considerar que una carga cerca del extremo de una viga debe tratarse siempre en clave de ménsula corta es una superstición.

mochetas. Los primeros procedimientos, manuales o automáticos, de estructuras de barras, no podían mezclar pórticos y muros. Cuando había sótano, no se sabía cómo modelar que el soporte extremo de la

planta inferior era en realidad un muro. En otros casos, el método exigía partir de que todos los soportes arrancaban del mismo nivel. Así que para el análisis era frecuente disponer soportes ficticios donde en realidad había muro. Pero para el proceso había que comprometer una sección de soporte, y resultaba un armado, que pocos sabían qué hacer con él, o cómo transformarlo en algo del muro. Durante bastantes años el mal menor fue disponer un soporte embebido en el muro —y el colmo era que a veces con su zapata dentro de la del muro—, o mejor dicho, mal embebido, asomando una incómoda mocheta. Lo razonable es sospechar que la carga del soporte se dispersa rápidamente por el muro, sin usar la mocheta para nada. Por otro lado, es habitual que el muro se encuentre pegado a la linde o línea de fachada, y el soporte que nace sobre el muro esté algo remetido, y con una sección que, en planta, sobresale del muro, algo que, por otra superstición previa, (véase la de **ancho de apoyo**), propició que se creyera indispensable la mocheta. Con los encofrados prefabricados de hoy día, a base de paneles pesados de gran superficie, la disposición de mochetas a distancias no negociables es extremadamente engorroso y de costo desorbitado. Cuando entre soporte y muro se intercala un forjado, no se puede decir que el soporte cae fuera del muro, —el soporte realmente nace del forjado—, y carga excéntricamente sobre él. Simplemente el soporte es, para el forjado una carga cerca del extremo, —bastante inofensiva, ya que cuenta a momento flector, pero no a cortante—, y el forjado se sustenta en el muro. Un problema simple de elemento horizontal a flexión. Y aunque los métodos de cálculo y programas ya saben mezclar correctamente soportes y muros, se ha estado tantos años haciendo, que ha quedado la superstición de las mochetas. Disponer una mocheta en el muro de sótano, allí donde en la planta superior hay un soporte, creyendo que es algo imprescindible, es una de las supersticiones más caras que hay.

momentos en las zapatas. En el análisis estructural de un edificio se suele prescindir de las zapatas, simulando su efecto por un empotramiento al final de los soportes, debido a la enorme desproporción de rigidez entre unos y otras. Pero los momentos de empotramiento de los soportes que resultan del análisis ante carga vertical no son en rigor momentos para las zapatas; son sólo un resultado espurio, procedente de la hipótesis de simplificación del análisis. Por la misma razón, las zapatas se podrían haber analizado como articuladas a los soportes, dada la enorme desproporción de rigidez con ellos. En cualquier caso, en soportes de edificios, esos momentos raramente significan una excentricidad de unos pocos centímetros, que para ellos puede ser relevante, pero para las zapatas es menor que la precisión con la que se ubica y construye, por lo que no son significativos. Calcular zapatas teniendo en cuenta momentos procedentes de acción vertical es una superstición.

muro de hormigón armado. En las construcciones antiguas, la estructura soporte era la de albañilería no resistente a tracción, por lo que la única sección estable era la correspondiente a muros, en las dos direcciones, que además cumplían el papel de cerramiento, aislamiento térmico, acústico, etc. En la actualidad la mayoría de paredes son simplemente elementos de cerramiento sin el papel estructural que tenían antes, de manera que incluso el término *muro* es equívoco. Si el edificio se proyecta con muros de hormigón armado, su dimensionado

estricto conduce o bien a paredes muy delgadas, por debajo de los diez centímetros, inviables con técnicas convencionales, o a machones con cantos diminutos, o sea, con el tamaño de soportes aislados, sin que quepa temer por la estabilidad del conjunto. En general, en edificación moderna, elegir como opción de elementos de soporte, la de muros normales de hormigón armado no se justifica estructuralmente: es una superstición.

nudo de soporte y forjado. En la construcción convencional, con muros y piezas de madera, o incluso cuando pasaron a acero, era simple identificar cada elemento. Con la introducción del hormigón, el nudo pasó a poderse ver simultáneamente como parte de todas las piezas concurrentes. Todavía hoy hay controversia en si el hormigón del forjado entre tramos sucesivos de soportes es de viga o es de soporte. Se hormigona con la planta, pero está comprimido, y no es fácil decidir, cuando se opta por un hormigón para soportes de clase diferente de la de los forjados, qué se hace en ese punto. Y lo mismo con el control de resistencia, o de aceptación. Sólo si se opta por afinar los diagramas de sollicitación de vigas y soportes, truncando a caras de nudo, y enlazando los valores de caras opuestas –cuestión no bien aceptada por reservas supersticiosas al respecto–, se puede comprobar que el nudo está sometido a un único estado de tensión o sollicitación. Pero si por error, daño, o baja de resistencia en un soporte, se opta por reforzarlo con angulares y presillas, además de disponer otros entre fuste y forjados para retacar el refuerzo y facilitar la entrada y salida de carga, hay quienes indican que es imprescindible romper el forjado en las esquinas, para prolongar el refuerzo al tramo sucesivo en actitud claramente supersticiosa con objeto de *conectar* no se sabe muy bien qué, y sin analizar el nudo previamente. En general, al paso del nudo los esfuerzos verticales cambian a la excentricidad opuesta y no hay nada que conectar. Y no hay nada más valioso que la integridad del nudo y su entorno, por lo que nunca es recomendable taladrarlo. Los hay que indican además, que si se refuerza un tramo debe hacerse con el de arriba y el de abajo, y otros llegan a decir que debe siempre continuarse hasta cimentación. Todo un rosario de supersticiones.

núcleos rígidos. Sin hacer números, podría plantearse inicialmente que a una solución estructural usual, a base de soportes y forjados, le falta rigidez lateral o lo que es lo mismo, puede adolecer de demasiado desplome. Pero la simple existencia de un núcleo rígido no es garantía de lo contrario. Una pantalla de rigidización, que atraiga papel resistente a acciones horizontales, para no entrar en tracción, –lo que exigiría zapatas de contrapeso de tamaño desproporcionado–, debe poseer pareja concentración de carga vertical, para lo que es mejor una posición interior, clareando de soportes el entorno inmediato, y ella misma ser soporte. Pero por eficacia a rigidez, los módulos de pantalla deben tener una disposición simétrica y preferentemente perimetral en la planta; no hacerlo así, ocasionaría una respuesta mecánica desproporcionada, dando pie a que su papel fuera suplantado por otros elementos, que en el caso peor, no estarían preparados para ello. Por eso no es fácil tener éxito agrupándolas en un núcleo rígido. Difícilmente un núcleo es rígido es eficaz si no abarca más de la mitad de las dimensiones de la planta. Atribuir la rigidización a un núcleo pequeño suele ser una simple superstición.

patilla en zapatas. Al principio las zapatas de

hormigón no se armaban. Se calculaba la superficie en planta para que la presión sobre el terreno no superara la admisible, y luego había una regla del canto. Tras la disponibilidad de acero barato, se planteó si armando, se podía disminuir el canto y con ello el costo total. La armadura calculada se disponía en la parte inferior de lado a lado. Sin más que una declaración cualitativa de que la zapata funcionaba con bielas directas al extremo, que exigían empezar con tracción, se proponía, supersticiosamente, re-matar el extremo de las armaduras con una patilla, del orden de 5 o 10 cm. Cuando alguien dudó que siempre fuera suficiente, se pasó a disponer 15 cm. Con el mismo razonamiento, se convirtió en usual disponer 20 cm, y los detalles actuales, que aspiran a hacer lo que sea para no tener problemas, vienen ya con una longitud de 30 cm. Todo supersticioso. Los autores que han tabulado el problema, obtienen que es necesario un remate adicional en muy pocos casos, pero la figura, para que cubra cualquiera, viene con patilla. Como parece un recurso adicional, supersticiosamente se supone que es más necesaria cuanto más importante es la zapata. Y es al contrario. La patilla, y de no más de 10 cm, sale como indispensable en el cálculo cuando la zapata está en la banda de los tamaños inferiores, probablemente con canto forzado por mínimo, y el terreno es de calidad alta. Lo que durante muchos años se estuvo haciendo sin siquiera armar. Superstición.

pilotes por pilar. En obra civil lo usual es usar pilotes para sostener pilas. Si se dispone sólo uno, es casi imposible acertar en posición e inclinación. Y como la pila no puede echar mano de nada más, ya que las vigas que soporta suelen estar apoyadas, el equilibrio es imposible. Para ello hay que disponer tres pilotes por pila. Cabe una solución transaccional de sólo dos, que en su plano resuelven perfectamente el problema, pero hay que acudir a vigas en la otra, para aportar lo que falte para el equilibrio: compresiones, cortantes y sobre todo momentos. En edificación el problema es bien diferente, y se disponen pilotes bajo forjados, bajo muros y bajo soportes. Y el soporte está enlazado a los demás a través de los forjados, y en el nivel de conexión con pilotes existe habitualmente una solera. Y las más de las veces hasta un sótano con muro monolítico en derredor. Es esas condiciones, la falta de equilibrio por imprecisión de dirección de pilote contra pilar se corrige automáticamente por compresión o tracción de la solera contra los demás puntos pilotados, quebrando la trayectoria de carga en ese punto. Y eso valdrá asimismo para muchos errores de posición. Sólo para errores de posición muy aparatosos habrá que disponer elementos tipo viga para centrar la carga en al dirección adecuada, –que por cierto no se puede conocer hasta después de la implantación de los pilotes, nunca en proyecto–. Y bajo un muro de carga o sótano, sucede otro tanto, bastando disponer una fila de pilotes, y no dos como es casi imprescindible en los de contención sueltos. Suponer que en obras de arquitectura hay que disponer al menos dos pilotes por cada pilar o parejas perpendiculares al muro es una superstición.

planta libre. En la construcción antigua, de muros de carga, la trama arquitectónica era la estructural. La introducción de la solución moderna, de soportes, y más aún, posteriormente, la del forjado plano, permitió la liberación de la planta. Pero no sin contrapartidas. Si se disponen soportes y vigas, sin ninguna relación con la distribución arquitectónica, o al revés, si se organiza la planta con absoluto

desprecio de cómo está resuelta la estructura, es incontrolable la interacción entre ambas. Las paredes, más rígidas que la estructura de forjados, pueden suplantarla. Se produce así, con el tiempo, una sustitución del sistema de bajada de cargas, que opta por hacerlo por las paredes, y esa concentración, cuando se ve interrumpida, como cuando la trama arquitectónica cambia, o la planta se diafaniza, ocasiona concentraciones de sollicitación inesperadas, con deformaciones imprevistas, que en sentido inverso, al no poder ser seguidas por la albañilería, provocan su rotura. Este tema se ha estado tratando en clave de control de flecha de los elementos horizontales, con éxito más que dudoso. Independientemente de la relación de canto a luz, o del sobredimensionado, si los soportes se disponen con crujías dobles y no digamos triples de las de la arquitectura, o de manera sumamente dispar con ella, o sea, cuanto más se use el recurso de planta libre, más se acentúa el grado de acumulación de carga y más impredecible es el grado de suplantación del comportamiento estructural, con consecuencias no deseables. Creer que las flechas, o los daños por flecha son cosa sólo del cálculo estructural, y nada de la relación entre estructura y albañilería es una superstición.

pórtico. La formulación del análisis estructural de barras comenzó por la viga continua. Se abordó luego el conjunto de un dintel sobre dos soportes con nudos rígidos: el pórtico simple. En el plano. Parecía que ese modelo, por ampliación, podría llegar a mucho. Así que todo se expresó en clave de pórtico. Incluso podría ser espacial, con soportes en las dos direcciones. Pero la denominación base seguía siendo pórtico. Y eso propició supersticiones. Que no era posible disponer pórticos en una dirección con zapatas corridas en la otra, uniendo soportes de distintos pórticos. Que si en varias plantas la estructura principal era porticada en una dirección, no se podía cambiar de dirección una planta más abajo. Que un pórtico arriostrado sólo lo era cuando el arriostramiento se disponía entre sus propios elementos y no en los de un pórtico paralelo, ligados ambos mediante planos de cubierta o forjado. Que no podía disponerse una viga quebrada que enlazara dos pórticos no enfrentados. Incluso se produjeron, supersticiosamente, criterios para definir cuándo una alineación no recta de soportes era o no un pórtico. Siendo pórtico un modelo, o un ente de razón, pasó a denominar un objeto. Hoy por hoy la manera de tratar los conjuntos de soportes y forjados en los que hay vigas, está teñido de una amplia colección de supersticiones.

pórticos contra fachada. Inicialmente los pórticos sustituyeron a los muros interiores, y, sobre todo con vigas y viguetas metálicas, había una diferencia clara si se disponían en una dirección u otra. En la actualidad, cuando todo son pilares, la cuestión no tiene sentido: todo pórtico es siempre paralelo a una fachada y perpendicular a otra. Detenerse a discutir cómo son los pórticos con respecto a fachada, es una superstición.

presión admisible. Hasta casi finales del siglo pasado el terreno se caracterizaba por su tensión admisible, que se daba con valores redondeados, en función del tipo de suelo, y en algunos casos de la profundidad. Multiplicando esa tensión admisible por el tamaño de la zapata se obtenía su capacidad resistente. Hoy día se admite que el problema es más complejo, y que, cada tamaño de zapata, dispuesta a una profundidad dada, en un terreno determinado, se

caracteriza por una carga de hundimiento distinta. El cociente de esa carga entre la superficie de la zapata y el coeficiente de seguridad, es la presión admisible de ese problema. Parece lo mismo pero no es igual. Se ha llegado a establecer, por análisis dimensional, la expresión polinómica de esa carga para el caso de zapata aislada, —a mucha distancia de otras—, en un terreno homogéneo, y con peso alrededor. Para casos no homogéneos se cuenta con formulación experimental en función de los resultados del ensayo de penetración en el bulbo de presiones de la zapata, y expresamente de su tamaño. Al día de hoy no hay formulación disponible de cómo mejora el resultado para los casos de zapatas próximas, o cuando existe un elemento rígido por encima, tal como una solera, u otras variantes. Aunque el valor que resulta de estas expresiones depende fundamentalmente del tipo de terreno, el peso en derredor, o el tamaño de la zapata, influyen lo suficiente como para que no deba hablarse de una presión admisible como propiedad del terreno, sino como una propiedad del problema. El terreno por sí no tiene una presión admisible, sino que cada tamaño de zapata, con un peso en derredor diferente, permite alcanzar un valor distinto. Pero sigue circulando, supersticiosamente, la incorrecta expresión de *presión admisible del terreno*.

programa matricial. El ignaro suele atribuir valor mágico a las palabras, creyendo que la simple enunciación de atributos de técnica refinada o especialización, confiere propiedades valiosas al objeto final. Se trata en general de artificios para desbancar al competidor o meros reclamos comerciales. En productos de cosmética y belleza corporal es llamativo. En el campo estructural, durante años gozaron de gran predicamento las soluciones *hiperestáticas*, que, según sus voceros, prometían ser mejores que las otras. Hoy día se anuncia como el no va más, las soluciones obtenidas a través de un *programa matricial*, e incluso deben ser mejores las que proceden de un modelo *espacial*, o el que se considera cada vigueta *individualizadamente*, y el colmo es haber usado *elementos finitos*, métodos que ni sirven para dimensionar ni para saber lo resistente que es un dimensionado hecho. Y en general, al tratarse de hormigón armado, ni siquiera se ha descrito correctamente la sección resistente, ya que se ha simulado la solución como hormigón en masa. Es todo una patraña. Creer a piés juntillas que usar programas matriciales o de elementos finitos garantiza que la solución sea buena, es una superstición.

punto térmico. La simple existencia del elemento que la hace posible no garantiza una cualidad en grado deseable. Que haya algo que dificulte una propiedad, no quiere decir automáticamente que la impida. CTE define puentes térmicos como puntos con transmisión peculiar. Si una zona es puente térmico, por sí mismo eso no implica nada, a menos que se mida cuánto se pierde con él, y se contraponga ese sobrecosto a lo que se gana en simplificación constructiva, o a poner más aislamiento en otro sitio. Pasar el aislamiento térmico por delante del forjado puede reducir la transmisión total de calor, pero debilita el nudo, perjudica la estabilidad del chapado, de rebote la del cerramiento, y hasta la del edificio queda en precario si depende de su integridad. En climas es que se mantienen durante varios días sucesivos temperaturas muy bajas, puede ser crucial, para el ahorro de energía, la continuidad del aislamiento por delante del forjado. Pero en nuestras latitudes se puede sacrificar algo en ese punto, y

compensarlo, a costo razonable con algo más de aislamiento en el resto. El CTE, recientemente aprobado, partiendo de que la transmisión térmica se mide *por* el interior del edificio, dice explícitamente que el frente de forjado no tiene carácter de puente térmico. En climas como el de Madrid, empeñarse en lo del puente térmico del forjado es una superstición.

resistencia del hormigón. El hormigón surgió como competidor del acero, y le interesa figurar como material resistente. En vigas y forjados, y losas, zapatas y encepados, es decir en todo tipo de elementos sometidos a flexión, la capacidad resistente del elemento o sección depende muy poco de la del hormigón, hasta tal punto que puede establecerse una formulación simplificada razonable para el cálculo de la armadura, en la que no interviene esa variable. En los elementos citados, prácticamente todos, menos los soportes, –y aún en éstos, tampoco los de edificios de pocas plantas–, la resistencia del hormigón importa casi exclusivamente como indicador indirecto de durabilidad. En edificios, preocuparse de la resistencia del hormigón, es en general, una superstición.

robustez. Entiéndase por este término la propiedad de ser inmune a detalles o pequeñas alteraciones. Además de los requisitos clásicos de resistencia, rigidez y estabilidad, hace falta robustez. Sea un paño de muro cortina de altura importante. Para que soporte la acción horizontal de viento se dispone un montante separado del acristalado, con directriz parabólica, unido con codales horizontales al mainel. Según haya presión o succión estará en compresión o tracción. Y se calcula para ello. Pero no se triangula –podría ser la T4 de Barajas– Si se calcula ante acción de viento uniforme, pueden ir todo bien. Pero en cuanto la acción de viento sea no uniforme, o se considere una presión en parte de la superficie, como el montante no tiene la forma antifunicular de la carga, no tienen más remedio que producirse desplazamientos aparatosos, o entrar en juego sutiles auxilios de la rigidez de los nudos, no previstos. La solución no es *robusta*. Se ha considerado la acción de viento como está establecido, pero se ha trampeado. Es así como está establecido considerar la acción de viento, y no de otra manera, pero porque se supone que la solución es robusta. Si es sensible a que la carga no sea uniforme, hay que considerar esa posibilidad. No debe sacarse partido torticero de las reglas establecidas, que están enunciadas de manera convencional, para el caso de soluciones robustas, no sensibles a pequeñas alteraciones. Suponer que basta cumplir las reglas tal cual están enunciadas, cuando la solución no es robusta ante ellas, es una superstición.

soportes circulares. En los soportes exentos de piedra, material muy sensible a las tracciones, las esquinas salientes son puntos débiles, hasta tal punto que, a partir de una sección cuadrada, achaflanar las esquinas, reduciendo sección, aumenta su capacidad resistente, si esta propiedad se mide como el dominio de excentricidad que es capaz de resistir. El máximo achaflanado lleva a sección circular, con una clara ventaja sobre la sección cuadrada circunscrita. Tal regla era conocida de antiguo, quizá por copia de la forma de los árboles, que llegan espontáneamente a esa solución, aunque con una explicación diferente. En materiales como acero u hormigón armado, la capacidad portante de un fuste de sección cuadrada se ve mermada de manera similar para excentricidades en la dirección del lado o de la

diagonal, resultando indiferentes a la existencia de esquinas. Y los de sección circular son mucho más caros, y más difíciles de ensamblar, revestir y rematar. Por eso los soportes de madera se achaflanar en el fuste, recuperando la sección cuadrada en los extremos, donde deben unirse a otras piezas, y las columnas de piedra tienen basas y ábacos cuadrados. Atribuir ventajas estructurales a los soportes exentos de hormigón o acero, si son circulares, es una mera superstición.

soporte empotrado. En origen, empotramiento era introducir profundamente una viga en un muro –de grueso mayor que su canto–, de manera que no permitiera su giro. Con la introducción de la estructura moderna, el término se rescató para indicar condición de extremo de giro nulo en general, y los soportes inferiores de acero u hormigón se analizaban como empotrados a las zapatas. A las fábricas se suponía que no les afectaba esa consideración, ya que se analizaban por trayectoria de cargas, y porque empotramiento significaba momento, y momento, tracción, algo de lo que la fábrica adolecía. Pues no. Momento, en presencia de compresión significa excentricidad, y por tanto hay empotramiento, si la resultante de la compresión puede cambiar de punto de aplicación de la sección. Las columnas de piedras, los postes de madera, o los muros de fábrica, simplemente asentados sobre una zapata, suficientemente cargados, deben analizarse modelando ese punto como un empotramiento perfecto. Suponer que no están empotrados, pero no saber cómo están, es una superstición.

tamaño de zapata. En las representaciones gráficas de zapatas suele aparecer dibujados otros elementos, como soporte o muro, solera, el encache, etc. por lo que, si se acota su ancho, para mayor claridad, suele aprovecharse la parte inferior, donde sólo está la trama del terreno. Aunque las paredes laterales de la zapata se representen de manera realista, con un ligero talud, la cota parece apuntar a la dimensión en el fondo. Y en efecto, no pocas veces se suele ver al que controla la ejecución bajando para comprobar que la zapata tiene la dimensión requerida. No es acertado. Salvo que el terreno a los lados de la zapata sea extremadamente malo, lo que importa para el cálculo de la capacidad de la zapata es su dimensión en la cara superior, y a veces eso es la prolongación del hueco excavado hasta el plano inferior de solera. Creer que el tamaño de la zapata es su fondo es una superstición.

tirantes. Las cargas provenientes del peso se dirigen hacia abajo, provocando en general, compresiones. Sostenerlas mediante un tirante da la impresión de desafiar y ganar la batalla a dichas fuerzas. Pero es un espejismo. Usualmente no hay de donde tirar, y si se tira, lo único que se hace es subir las cargas, que luego deben indefectiblemente bajar desde más alto. Puede ser rentable, si, por efecto de economía de escala, que incide en el pandeo, se usan tirantes para subir cargas y bajarlas luego juntas. En otro caso, un tirante duplica y complica la solución estructural. Cualquier tirante, excepto el de un globo cautivo, ejerce su función contra un codal comprimido. Nada puede solucionarse sólo con tirantes; la mitad o más de las piezas deben estar comprimidas. Además, si se disponen tirantes, es muy probable que la alternancia de alguna carga, como sucede con el viento, provoque inversión de esfuerzos. Y como el tirante no puede soportar compresiones deben usarse dos piezas, partiendo pues siempre de una duplicación del coste. Paradójicamente, sólo si la

solución es pesada, es razonable usar tirantes. Si es ligera será sensible a la alternancia e inversión. Podría forzarse que siempre quedaran tracciones residuales, a costa de pretensar el tirante, añadiéndole tracciones iniciales, lo que de nuevo incrementa el coste, y un codal que las equilibrara, incrementándolo más aún. Sólo si hay mucho peso y peralte, y se puede prescindir del tirante para algunos casos de carga, es eficaz usar este tipo de elementos. Calificar y representar piezas como tirantes suele ser una superstición.

triangulada o articulada. Una articulación en la unión de dos o más barras, permite garantizar que la interacción mecánica en ese punto es una fuerza. Si una pieza tiene articulaciones en ambos extremos, la fuerza actúa necesariamente según su directriz, o sea que está en compresión o tracción simple. Pero en ese caso, sólo hay estructura –rígida–, si, en el plano, la configuración del conjunto de barras es de triángulos. Las primeras celosías estaban articuladas en sus encuentros. Pero si la configuración es triangulada, las articulaciones no permiten ningún juego como tal, así que no tardó en deducirse que era la condición de triangulada y no de la articulada, la que permitía la simplificación del análisis de considerar que las barras sólo tienen o compresión o tracción simple. Con ello se pasó a construir celosías trianguladas igual de seguras y fáciles de calcular, pero sin el sobreprecio fortísimo de tener que articular sus nudos. Si se articula algo que no está triangulado, no se sostiene en pie, y si lo que se articula esta ya triangulado, se trata de una superstición.

vigas aligeradas. En una viga, sobre todo de acero, en igualdad de condiciones, el peso es un indicador básico del coste y la eficacia. En el diseño de una viga debe pues intentarse eliminar sección y peso en donde no se necesite, o elegirla de manera que acabe pesando lo menos posible. Pero no por peso, por coste, y carece de sentido quitar peso a base de incrementar su coste. Una viga, cuanto más altura tiene, menos sección necesita, lo que condujo a producir, por desplegado, vigas de acero con altura como vez y media la del perfil original. Su aspecto es, necesariamente, con alvéolos exagonales. Puede que la perversión se originara porque en la representación simbólica o a pequeña escala parecieran círculos, pero lo cierto es que, en la actualidad, se pueden ver, con cierta frecuencia, unas extrañas vigas de alma llena, a las que –se dice que para aligerar– en el perfil del que proceden, se han recortado huecos circulares, difíciles de realizar, que no suponen aligeramiento –de costo– alguno, sino más bien encarecimiento, y una pérdida de capacidad portante apreciable a cortante, que se debe compensar partiendo de un perfil original más pesado. Conclusión: una viga con más coste y peso que la de un perfil normal. Denominar esas absurdas vigas como aligeradas es una superstición.

vigas de atado. Con estructuras de muros, la fundación acababa siendo una trama de zanjas en las dos direcciones. Al pasar a soportes aislados, que ocuparon lugares de la encrucijada de las zanjas, se debían mantener al menos las perimetrales, bajo los cerramientos, y en muchos casos bajo las demás paredes de partición interior, debido a su rigidez y a la ausencia de solera. Con estructuras de soportes, sobre zapatas, no se justifica la supervivencia de zanjas hormigonadas, denominadas vagamente *de atado*. En general no hay nada que atar, y si hay solera, ésta ata mucho más que las vigas. Puede que al dibujar el detalle, si se deja una junta entre solera

y soporte, parezca que éste puede moverse sin llevarse tras de sí la solera. Pero basta reconstruir mentalmente el detalle en tres dimensiones para percibir que acabará empujando la de su lado, y por continuidad alrededor suyo, tirará de la del lado opuesto, de manera que siempre ata. La explicación de que esas extrañas vigas, reminiscencia de las antiguas zanjas de cimentación, sirven para corregir asientos diferenciales, transfiriendo carga del soporte que se hunde más rápido a los contiguos, no se sostiene en cuanto se hagan números. No hay viga que pueda hacer frente a la transferencia de carga que ocasionaría una diferencia perceptible de asiento. Incluir vigas de atado en la solución estructural es una superstición.

viga liviana. La sección de una viga se elige para que soporte sus solicitaciones y no deforme más de lo tolerable. Dentro de las opciones posibles, la más liviana en un material dado es la que cuesta menos. Por eso el cálculo se dirige a obtener la más liviana. Si, a partir de una que cumple todo, se reduce la altura a la mitad, para mantener la capacidad resistente, la sección de cordones debe duplicarse, y la sección total probablemente aumenta. Pero si además se encontraba en el límite de deformación, aun haciendo eso, la flecha, dependiente de la esbeltez, se duplica, por lo que es obligado reducir las tensiones a la mitad, lo que significa otra nueva duplicación, con el resultado de una sección cuádruple. Es decir que, cuanto menos altura tiene, más sección necesita, y a veces, muy velozmente. Reputar una viga de liviana porque en el alzado es esbelta es falso; las más delgadas son las más pesadas. Sólo un ignorante cree en la superstición de que la delgadez es signo de liviandad.

vigas en dos direcciones. Cuando la estructura era de muros de carga, el forjado, de madera, era un elemento secundario, y, salvo un efecto de acodalado de unos contra otros, el conjunto de muros debía estar en condiciones de sobrevivir por sí mismo, sin el forjado. Al insertarse la estructura de soportes, sustituyendo a la de muros, el forjado siguió siendo un elemento secundario, y durante mucho tiempo todavía de madera. Aun mucho después de pasarse al hormigón, el forjado siguió siendo considerado un elemento secundario, calculado en su caso por separado de la estructura principal, formada por vigas y soportes. Cuando se intentó calcular en tres dimensiones, si se seguía dejando el forjado aparte, la estructura adolecía de inestabilidad. Y si se quería que todos los soportes recibieran parte de la acción de viento, fuera cual fuera la dirección en que actuara, y colaboraran a resistirlo, había que disponer elementos –aunque fuera virtuales– en todas las posiciones que enlazaran soportes contra soportes. Para cuando se pasó al cálculo expreso de toda la estructura, viguetas incluidas, ya era tarde, y se mantuvo la regla supersticiosa de cuajar la planta con elementos convencionales del hormigón armado, en las dos direcciones, hasta dejar los paños de forjado totalmente rodeados por vigas u otras piezas herederas de las virtuales, que algunas veces se denominan, impropriamente, zunchos. No es frecuente encontrar esos zunchos discurrendo al lado de vigas, pero en cambio es muy habitual encontrarlos paralelos al forjado, al lado de viguetas, como práctica claramente supersticiosa.

viguetas sobre viga. Cuando la vigería de una planta era de madera, las viguetas se disponían sobre las vigas para poder entregarle su carga. En las primeras soluciones en hormigón armado, con vigas

de descuelgue, las losas o forjados se enrasaban por su cara superior y, en el detalle constructivo, la armadura inferior de esos elementos entraba dentro de las vigas. Al pasar a soluciones planas, en las que vigas y viguetas tienen el mismo canto, la regla de que las viguetas debieran descansar sobre las vigas, parece haberse traducido en que los pelos inferiores de las viguetas pasen por encima de la armadura de la viga, lo que complica el detalle y la ejecución, que siempre queda mal. Ese pie forzado sigue apareciendo hasta en la última norma, recientemente publicada. En forjados reticulados, sin antecedente en madera, no existe la prevención supersticiosa de elegir, en cada cruce, cuál es la que jerárquicamente debe ir por encima. En ambos casos, la carga que un elemento deposita en otro, lo hace por compresión en bielas oblicuas que apuntan al borde inferior, algo que no tiene que ver con lo que se haga con la armadura inferior. En el caso de vigas planas, puede ser perfectamente factible, y constructivamente más simple disponer primero las viguetas con los pelos asomando, para que la ferralla de la viga descansa sobre ellos, sirviendo además de separadores, quedando en el mismo plano que las ramas horizontales de los estribos de la viga. Quebrantar los pelos de las viguetas de mala manera, para que entren por encima de la armadura longitudinal de la viga es una superstición.

vuelco y deslizamiento. En las construcciones antiguas, de muros de carga, cada elemento debía ser capaz de sobrevivir por su cuenta, ya que la interacción de los forjados era pequeña. En las edificaciones modernas el conjunto es monolítico, o al menos eficazmente enlazado. Una de las condiciones estructurales es la de equilibrio, y es clásico encontrarla traducida a requisitos de vuelco o deslizamiento. En obra civil hay soluciones en las que cada elemento de soporte o pila es relativamente independiente, es decir que no se puede contar con las vigas para su estabilización. Por ello no es extraño encontrar reglas de comprobación de vuelco o deslizamiento de zapatas o muros de contención. Pero esos estados se predicán de objetos, no de elementos. Cabría estudiar el vuelco o deslizamiento del edificio completo, pero no de una de sus zapatas, ni de uno de sus trozos de muro de sótano, ya que, para que eso sucediera, debería antes haber roto sus vinculaciones con el resto, y por tanto habría antes algún incumplimiento de condiciones de resistencia. Deslizamiento o vuelco de muro de sótano es impensable sin pulverizar previamente el forjado. Suponer que a un muro de sótano o a una zapata de un edificio le son aplicables condiciones de vuelco o deslizamiento, es una simple superstición.

zapatas combinadas. Aun hoy, tras más de unas cuantas versiones de códigos de hormigón, sigue sin haber modelo ni regla sobre zapatas para dos o más soportes. Para el armado inferior cabe una extrapolación de los planteamientos de la simple. Lo habitual es encontrarse que, sin cálculo de ningún tipo, en cuanto sucede eso, y sin averiguar si hay tracciones superiores, —lo que sucede sólo cuando los soportes están más alejados que los centros de sus áreas tributarias—, se denominan *combinadas*, y se aplica automáticamente la regla de disponer supersticiosamente una armadura superior en malla, y cómo no, doblada supersticiosamente por los bordes. Los modelos de bielas lo que predicen es, como mucho, y no siempre, que lo que hace falta es una armadura concentrada de soporte a soporte, anclada por pinzamiento. Las zapatas de dos soportes se arman de manera supersticiosa.

zapatas en planta. En el caso de estructuras de fábrica, la fundación era un recedido del muro o pilastra, por lo que tenía su forma, aunque si era muy compleja podía estar algo suavizada. Con soportes de acero u hormigón, la diferencia de tamaño con la zapata es tan grande que permite que ésta pueda tener cualquier forma, cuadrada, rectangular, circular, trapecial, triangular, etc, y con cualquier orientación respecto al soporte, con tal que su superficie sea la adecuada, y coincidan los centros de ambos elementos. Al ser de hormigón vertido, el problema es la excavación, no la propia zapata; a lo sumo que el armado obliga a acopiar redondos de longitudes diferentes. En cualquier caso, lo que exige menos armadura es que el vuelo sea lo más pequeño posible en todas direcciones, lo que, cuando el soporte no es muy alargado, confiere ventajas a la forma redonda sobre las demás, si no fuera porque el costo de excavación es mayor. Cuadrada es perfecto, pero que las zapatas deban necesariamente tener esa forma es una superstición.

zapatas pegadas. En arquitectura es frecuente que dos zapatas contiguas dejen entre sí un estrecho muerte de terreno que se desmorona, o simplemente que acaben quedando pegadas. Como se supone que la formulación aplicada es la de zapatas *aisladas*, algunos son renuentes a permitir que el hueco común se hormigone de un golpe, ya que en ese caso no parece que lo sigan siendo, y temen una incidencia desfavorable. Si se reflexionara sobre lo que sucedería, se puede comprobar inmediatamente que o no pasa nada, o lo que pasa es favorable. La interacción de los bulbos de presiones sucede desde mucho antes, cuando no están separadas más de su ancho, y para la formulación de hundimiento, han dejado de ser aisladas si están separadas menos de unas cinco veces su ancho. Al hormigonarse conjuntamente tienen más posibilidades de reacomodo, o de amortiguar asientos. Pero no es inusual que se ordene supersticiosamente disponer entre ambas un elemento, tal como una plancha de poliestireno, —material que no se puede negar que es inequívocamente *aislante*—.

zunchos de borde. Con estructura de muros y viguetas sueltas, el atado del conjunto a nivel de planta dependía de la existencia de zunchos o cadenas, que se disponían en extremo de las viguetas, sobre el muro, y que ataba tanto el forjado como el muro, arriostando el conjunto de todos ellos. En la dirección de las viguetas arriostraban ellas, aunque como en general se contrapeaban los paños, acababa habiendo zunchos en la cabeza de casi todos los muros. Con una solución de soportes y forjados monolíticos, que se construye previamente a la albañilería, ninguna pared de cerramiento o separación zuncha nada, por lo que el atado de las viguetas se encomienda a la capa superior armada, corrida a lo largo de toda la planta. La necesidad de zunchado sólo subsiste, y amortiguada, en el frente de los vuelos. Y si el borde del forjado tiene traza en greca, debido a que se disponen vuelos intermitentemente, disponer zunchos que contornean metódicamente el borde, con ángulos entrantes y salientes, ni siquiera zuncha. En las soluciones actuales de hormigón, disponer zunchos en todos los bordes es una superstición, y no hacerlo con traza convexa, más.