

# ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS NORMAS DE ACCIONES SISMICAS PARA EDIFICACION, DE VARIOS PAISES

JAVIER LAHUERTA, Prof. Dr. Arquitecto

## 1

### INTRODUCCION

Todos sabemos que se han producido recientemente en el mundo seísmos importantes que han dañado seriamente algunas ciudades y han motivado la muerte de un número muy elevado de seres humanos. Nuestro propio país ha estado a punto de sufrir las consecuencias de un seísmo fuerte, salvándose, gracias a Dios, porque su epicentro se alejó lo suficiente dentro del mar, para que llegase a las costas completamente amortiguado.

Existe por ello inquietud mundial, tratándose de tomar las precauciones humanamente razonables para que no peligren las vidas de los que habitan zonas sísmicas, y para que los daños materiales que puedan producir los terremotos se reduzcan al mínimo. Esta inquietud la sienten, por un lado, los organismos técnicos de los Gobiernos, que tienen por misión regular las condiciones de seguridad de las construcciones, y, por otro, los que en las zonas sísmicas realizan inversiones inmobiliarias, para mantenerlas a largo plazo.

Las prescripciones para edificios sismorresistentes producen una elevación del coste de sus estructuras, aunque no tan grande como algunos creen, y por ello suelen ser mal recibidas por los que construyen con el fin de vender seguidamente, sin importarles lo que pueda ocurrir en el futuro.

La edificación en las amplias zonas sísmicas de la geografía española se realizaba hasta hace pocos años sin considerar las acciones sísmicas, o haciéndolo solamente mediante reglas empíricas. El Ministerio de la Vivienda estudió ampliamente la cuestión, decidiéndose que era preciso delimitar las zonas y reglamentar las acciones sísmicas. Todo ello se recogió en el Capítulo 7 de la Norma MV 101-1962, *Acciones en la edificación*, redactado con la colaboración del Instituto Geológico Minero, Instituto Geográfico y Catastral. Esta parte de la Norma fué recibida por algunos con recelo, porque encarecía algo el proyecto y la ejecución de edificios en dichas zonas, pero hoy ya no discute nadie su necesidad, y se continúa trabajando en su perfeccionamiento.

La inquietud universal que antes apuntamos se ha traducido en un estudio más profundo de las cuestiones relativas a los seísmos y a las construcciones sismorresistentes, revisando algunos países sus normas sobre estas materias, y habiéndose iniciado estudios comunes, y comparaciones entre los países, en el seno de la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica, para perfeccionar el conocimiento de la cuestión y mejorar las reglamentaciones, incluso con vistas a la posibilidad de llegar a una reglamentación internacional, por difícil que esto parezca hoy.

Aquí se van a analizar de modo somero las normas de acciones sísmicas en la edificación de veinte países que las tienen establecidas, por padecer zonas sísmicas, y va a hacerse un estudio comparativo, que sirva para tener conocimiento del estado actual de esta cuestión.

## 2

### NORMAS CONSULTADAS

Se han estudiado las normas de los veinte países siguientes:

Alemania Occidental	DIN 4149, 1957.
Argelia	Recomendaciones AS, 1955.
Argentina	Código de edificación de la provincia de San Juan, 1962. Ordenanzas de la municipalidad de Mendoza, 1961.
Austria	ONORM B 4000 3.ª parte, 1961.
Canadá	Building Code, 1960.
Chile	Ordenanza general de edificación, 1960.
Filipinas	Ordenanza 4131.
Grecia	Regulación antisísmica, 1959.
India	Recomendaciones, ISI, 1962.

Italia	Norma técnica de edificación, 1962.
Japón	Normas de construcción sísmica. Orden y NO 1074, 1962.
Méjico	Código del Distrito Federal de México.
Nueva Zelanda	Normas N Z, 1955.
Portugal	D. 44041, 1961.
Rumanía	Regulaciones sísmicas.
Turquía	Reglamento para regiones sísmicas, 1953.
U.S.A.	Recomendaciones de la S.E.A. de California, 1959. A.S.A. A 58.1, 1955.
U.R.S.S.	Reglamento 1959.
Venezuela	Normas para el cálculo de edificios, 1959.
España	Norma MV 101-1962.

### 3 CUESTIONES OBJETO DE COMPARACION

Todo el que haya realizado un estudio comparativo sobre normas, conoce que una de sus grandes dificultades radica en que en distintas normas se enfocan las cuestiones de modos diferentes y la comparación sólo es posible mediante estimaciones que hagan homogéneas cuestiones de por sí heterogéneas. Para ello se precisa establecer un esquema común al que se vayan adaptando, más o menos forzosamente, las estructuras de las distintas normas.

Este esquema, compuesto por las cuestiones que van a ser objeto de análisis, será aquí el siguiente:

- Clasificación del territorio en zonas sísmicas y grado de sismicidad de cada zona.
- Sustitución de la acción dinámica de los seísmos por sobrecargas estáticas equivalentes: coeficiente sísmico.
- Factores que influyen en la determinación del coeficiente sísmico de cada caso.
- Con cargas y sobrecargas gravitatorias que se consideran en el cálculo de las sobrecargas sísmicas.
- Seguridad a la rotura y al vuelco.

### 4 CLASIFICACION DEL TERRITORIO EN ZONAS SISMICAS

En la mayoría de los países la norma establece una división del territorio nacional en zonas de diferente sismicidad, marcando, cuando existe, la zona en que no se juzga preciso considerar acciones sísmicas. Se exceptúan Argentina, Méjico y Filipinas, en que no se trata de una norma para todo el territorio del país, sino localizada a una provincia o una ciudad.

Algunos países: Alemania Occidental, Rumanía, U.R.S.S. y España ajustan la división zonal a los grados sísmicos de la clasificación internacional de Mercalli, modificada. Pero la mayoría establecen divisiones zonales sin hacer referencia a esta clasificación, y por ello sólo estimativamente puede compararse la sismicidad de cada zona de un país con la de los demás a través de una ciudad común. Quizá se debe a que la citada clasificación es demasiado subjetiva y su traducción a cifras objetivas, tan necesaria, no es una cuestión aún bien resuelta.

Apoyándose en otros datos de los que figuran en cada norma, se ha realizado un intento de estimación del grado sísmico, que se ofrece en la fig. 1.

En ella se ve que el intervalo de sismicidad que separa las distintas zonas es variable. En Argelia, Italia y Portugal parece ser superior a un grado sísmico. En muchas es sensiblemente igual a un grado sísmico. Japón, India y Turquía tienen intervalos que parecen ser inferiores a un grado sísmico.

En la Norma MV 101-1962 para la edificación en España, las capitales de provincia están incluidas en los grados sísmicos III a VIII. Las zonas IX y X corresponden a pequeñas comarcas situadas en Málaga, Granada, Alicante, Murcia y Badajoz.

Un acuerdo internacional sobre el establecimiento de zonas con características iguales parece posible, y desde todos los puntos de vista sería deseable.

### 5 EL COEFICIENTE SISMICO

Las acciones de los seísmos sobre los edificios son, como todos sabemos, fundamentalmente dinámicas y muy complejas, y es muy difícil, por no decir imposible, prever cómo van a producirse en un seísmo, pues éste es un fenómeno esencialmente variable, sólo parcialmente previsible, y en cuya distribución topográfica influyen tantos factores, tan poco o nada conocidos, que casi puede decirse que, en toda estimación de sus efectos, cualquier parecido con la realidad es pura coincidencia.

Sin embargo, se han hecho esfuerzos considerables para acercarse lo más posible a la realidad de los hechos,

### 1. COMPARACION DE ZONAS SISMICAS

PAIS	ESTIMACION DE LA INTENSIDAD DE LA ZONAS DE LA NORMA, EN RELACION CON LOS GRADOS SISMICOS (MERCALLI MOD.)				
	≤ VI	VII	VIII	IX	X
ALEMANIA OCC.	I	II	I		
ARGELIA	A	B			
ARGENTINA				S JAMA.MENO	
AUSTRIA	TOTAL				
CANADA	I	II	III		
CHILE				TOTAL	
FILIPINAS				MANILA	
GRECIA	I	II	III		
INDIA	D	E	F	IV	V
ITALIA		II	I		
JAPON				C	B
MEJICO			D F.MEX		A
NUOVA ZELANDA				TOTAL	
PORTUGAL	C	B	A		
RUMANIA		VII	VIII	IX	
TURQUIA	II	I			
U. S. A.		I	II	III	
U. R. S. S.	VI	VII	VIII	IX	
VENEZUELA			B	C	
ESPAÑA	≤ VI	VII	VIII	IX	X

### 2. COEFICIENTE SISMICO: FACTOR DE ZONA

PAIS	COEFICIENTE SISMICO BASICO Z EN LA ZONA				
	≤ VI	VII	VIII	IX	X
ALEMANIA OCC.	0	0.025	0.050		
ARGELIA	0	0.035	0.070		
ARGENTINA				0.075	
AUSTRIA	0.005				
CANADA		0.023	0.046	0.092	
CHILE				0.100	
FILIPINAS				0.100	
GRECIA		0.040	0.060	0.080	
INDIA	0	0.009	0.018	0.035	0.042
ITALIA		0.050		0.100	
JAPON				0.096	0.108
MEJICO			0.030		0.120
NUOVA ZELANDA				0.060	
PORTUGAL		0.050		0.100	
RUMANIA		0.025	0.050	0.100	
TURQUIA		0.020	0.030		
U. S. A.		0.023	0.046	0.092	
U. R. S. S.		0.025	0.050	0.100	
VENEZUELA			0.046	0.092	
ESPAÑA	0	0.030	0.050	0.070	0.100

partiendo de supuestos teóricos basados en un ingente número de datos experimentales. No es objeto nuestro este tema, bien desarrollado en la conferencia del profesor Corro, sino únicamente señalar que la dificultad del cálculo con unas secciones dinámicas obliga a su sustitución por acciones estáticas que se estima producen un efecto equivalente; y así se hace en todas las normas actuales.

El movimiento vibratorio que constituye el seísmo pone en vibración la estructura del edificio, y las aceleraciones que aparecen en cada elemento estructural dan lugar a fuerzas variables en dirección, sentido e intensidad, proporcionales a la masa unida a este elemento estructural. Estas fuerzas variables tienen componentes en las tres direcciones ortogonales: vertical y horizontales, y se sustituyen por fuerzas constantes, estáticas, en las mismas tres direcciones, y de magnitud que tenga en cuenta el valor máximo alcanzado en la variación, el efecto de impacto y la reducción por amortiguamiento.

En los edificios la cuestión se simplifica: la componente vertical en general no es preciso tenerla en cuenta, y las componentes horizontales se consideran separadamente. Se admite de este modo que, sobre cada elemento estructural del edificio, y en su baricentro, actúa una sobrecarga sísmica horizontal  $P_s$ , igual al producto de la carga vertical  $Q$  que gravita directamente sobre el elemento estructural, por un factor  $s$  denominado coeficiente sísmico:

$$P_s = s Q$$

Esta sobrecarga sísmica puede tomar, dentro del plano horizontal, cualquier dirección, y se eligen para el cálculo aquella o aquellas que producen las sollicitaciones más desfavorables.

## 6 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COEFICIENTE SISMICO

El coeficiente sísmico  $s$  aplicable a un elemento depende de muchas circunstancias, entre las cuales las más importantes a tener en cuenta son:

- Grado sísmico de la zona en que está el edificio.
- Uso del edificio.
- Clase del suelo sobre el que asienta.
- Tipo de la estructura y de la cimentación.
- Posición en altura del elemento.

Para poder realizar comparaciones entre las distintas normas, vamos a descomponer el coeficiente sísmico  $s$ , dado en una norma para cada caso, en el producto de varios factores:

$$s = z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \dots$$

como hacen algunas de las normas de forma explícita.

El primer factor  $z$  lo denominaremos coeficiente básico, y es función del grado sísmico de la zona, entendiendo por tal el valor que en cada norma figure para las circunstancias que se han elegido como tipo, que son:

- Uso del edificio: viviendas ordinarias.
- Tipo de suelo: duro, presión admisible  $\approx 4 \text{ kg/cm}^2$ .
- Estructura: autorresistente, período propio  $\approx 1 \text{ seg.}$
- Cimentación: ordinaria, profunda.
- Altura: no influye si la distribución es uniforme; cuando es variable, resulta difícil elegir bien una zona típica, que más adelante se establece al tratar de este tema.

Los valores del coeficiente básico  $z$ , estimados de este modo para cada norma, se dan en la fig. 2.

La variación de los factores  $k_s$ , que toman valor 1 para las circunstancias tipo, se estudian más adelante.

Hay países que entienden que algunas de estas circunstancias no son independientes, sino que están relacionadas entre sí mediante una función, y la dan en forma de tabla de valores. Y hay normas que no consideran la influencia de alguno de estos factores; suponemos que por simplificación, al no juzgarlo demasiado importante.

## 7 USO DEL EDIFICIO

En algunos países se aplica un factor  $k_u$  para tener en cuenta el uso a que va a destinarse el edificio, o su importancia, juzgando probablemente que según sea ésta merece la pena una mayor inversión inicial en su estructura que haga menor la probabilidad de daños en caso de sismo.

En la India se emplea: factor de valor 1 en general, 1,5 en edificios singulares, y 0,8 en ciertos casos de edificios industriales. Méjico: 1 en edificios de habitación, y 1,3 en edificios públicos. Nueva Zelanda: 1 en general, 1,25 para edificios públicos y hasta 2 en casos especiales.

Rumanía y la U.R.S.S. tienen en cuenta esta característica, variando el grado sísmico, con el que hay que calcular según la clase de edificio. En los edificios ordinarios aplican el grado sísmico correspondiente, en los importantes un grado más, y los edificios temporales se calculan con el grado VI en todo caso.

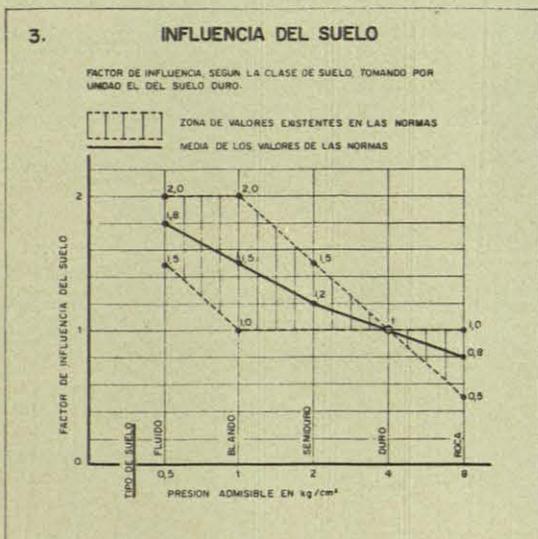
## 8 INFLUENCIA DEL SUELO

Más de la mitad de las normas consideran la influencia de la clase de suelo en el coeficiente sísmico. Existen, sin embargo, ocho en que no la tienen en cuenta, a pesar de que hoy se considera importante su influencia.

En la fig. 3 se representa la zona en que están comprendidos los valores del factor influencia del suelo en estas normas y la medida redondeada, en función del tipo de suelo. La clasificación de los suelos varía de unas a otras normas; en algunas corresponde a los tipos indicados en la fig. 3, y en las demás el acoplamiento a éstos no presenta demasiadas dificultades, salvo en Grecia, que establece una clasificación en cuatro clases de peligrosidad sísmica, que tiene en cuenta la inclinación y espesor de los estratos.

En la fig. 4 figura el detalle de los valores dados en las normas.

Argelia, Argentina, Rumanía y Alemania, salvo en un detalle, consideran esta influencia como un factor independiente de los demás. India y Turquía los hacen depender de la zona sísmica, reduciendo la influencia al aumentar el grado sísmico. Chile de la rigidez de las estructuras, con mayor influencia en las estructuras de período de vibración, superior a 0,4 seg que en las estructuras rígidas de período de vibración inferior.



**4. INFLUENCIA DEL SUELO**

FACTOR DE INFLUENCIA, SEGUN LA CLASE DE SUELO Y LA PRESION ADMISIBLE, TOMANDO POR UNIDAD EL DEL SUELO DURO.

PAIS	FACTOR DE INFLUENCIA, SEGUN LA CLASE DE SUELO Y LA PRESION ADMISIBLE, TOMANDO POR UNIDAD EL DEL SUELO DURO.				
	ROCA $\approx 8 \text{ kg/cm}^2$	DURO $\approx 4 \text{ kg/cm}^2$	SEMIDURO $\approx 2 \text{ kg/cm}^2$	BLANCO $\approx 1 \text{ kg/cm}^2$	FLUIDO $\approx 0,5 \text{ kg/cm}^2$
ALEMANIA OCC	1	1	1,5	2,0	—
ARGELIA	0,75	1	—	1,3	—
ARGENTINA	—	1	1,3	1,7	2,0
AUSTRIA	—	—	—	—	—
CANADA	—	—	—	—	—
CHILE	0,50-0,67	1	—	1,0-1,5	—
FILIPINAS	—	—	—	—	—
GRECIA	1-2 Segun una clasificación por peligrosidad sísmica				
INDIA	—	1	1,2-1,5	1,5-2,0	—
ITALIA	—	—	—	—	—
JAPON	1	1	1,1-1,3	1,3-1,7	—
MEXICO	—	1	—	1,5	—
NUEVA ZELANDA	—	—	—	—	—
PORTUGAL	—	1	—	1,3-1,5	—
RUMANIA	—	1	1	1,3	1,8
TURQUIA	0,50-0,67	1	—	1,3-1,5	—
U. S. A.	—	—	—	—	—
U. R. S. S.	—	—	—	—	—
VENEZUELA	—	—	—	—	—
ESPAÑA	1	1	1,3-1,5	1,7-2,0	1,7-2,0
MEDIA	0,8	1	1,2	1,5	1,8

## 9

En Japón depende también del tipo de estructuras, distinguiendo las de madera, acero, hormigón o fábrica, con máxima influencia en la primera y nula en la última. También en Méjico y en Portugal, con menor casuística.

En la norma española se considera la influencia de la clase de suelo, dependiendo ligeramente del grado sísmico y teniendo en cuenta también el tipo de construcción, en el que se distinguen la entramada y la de muros de fábrica, con influencia nula de la clase de suelo en esta última.

### CONSIDERACION DEL TIPO DE ESTRUCTURA Y CIMENTACION

En la acción de un seísmo sobre un edificio tiene gran influencia el tipo de su estructura resistente y el período de vibración propio de la misma. Como ya se ha visto antes, varias normas consideran la influencia del tipo de estructura relacionándola con la de la clase de suelo.

La Norma S.A.E. de Estados Unidos considera esta influencia con independencia de otras circunstancias y hace intervenir los dos factores apuntados:

— El tipo cuya influencia se estima en:

1,33 en edificios con muros de fábrica.

1 en estructuras, considerando activos los cerramientos.

0,67 en estructuras autorresistentes.

— El período de vibración, T en segundos, cuyo factor de influencia viene dado por la fórmula:

$$k_T = \frac{1}{3\sqrt{T}} \leq 2$$

puediendo determinarse T para un edificio de altura h, y anchura d en dirección de las fuerzas, medidas en metros, mediante la expresión:

$$T = 0,091 \frac{h}{\sqrt{d}}$$

y en estructuras autorresistentes, de N plantas por encima del suelo, mediante:

$$T = 0,10 N$$

Valores deducidos de estas fórmulas se presentan en la fig. 5.

Rumanía y la U.R.S.S. consideran también la influencia del período de vibración propio T, de la estructura, mediante un factor de influencia  $k_T$ , que vale:

$$\begin{aligned} T < 0,3 \text{ seg} & \quad k_T = 3 \\ 0,3 \text{ seg} \leq T \leq 1,5 \text{ seg} & \quad k_T = \frac{0,9}{T} \\ T > 1,5 \text{ seg} & \quad k_T = 0,6 \end{aligned}$$

no dan, sin embargo, indicaciones para determinar el valor de T.

La comparación entre este método y de Estados Unidos se da en la fig. 6.

Rumanía tiene, además, un factor por clase de estructura que vale:

1,0 en general.

1,2 estructuras de hormigón armado.

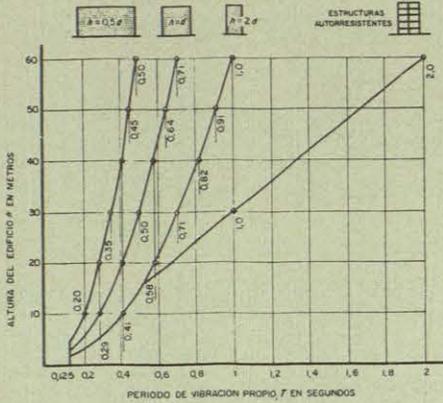
1,5 estructuras muy flexibles, chimeneas, torres, etc.

Argelia considera el tipo de cimentación con un factor de valor 1 para cimentaciones profundas de fábrica o someras de hormigón armado y de valor 1,25 en cimentaciones someras de otra clase.

Argentina establece una limitación para cimentación por pilotes, y Estados Unidos exige en este caso que las cabezas de los pilotes estén interconectadas de modo que puedan transmitir esfuerzos horizontales de tracción o compresión iguales al 10 por 100 de la carga vertical del pilote más cargado.

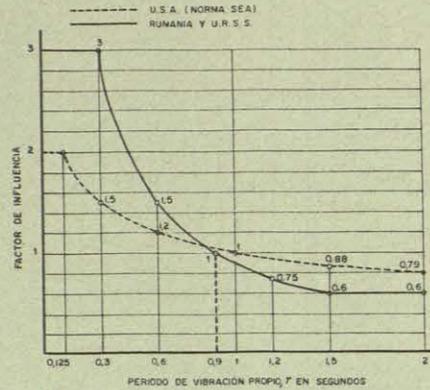
### 5. PERIODO DE VIBRACION PROPIO

VALOR ESTIMADO DEL PERIODO DE VIBRACION PROPIO DE UN EDIFICIO SEGUN LA NORMA SEA, CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS



### 6. PERIODO DE VIBRACION PROPIO

FACTOR DE INFLUENCIA DEL PERIODO DE VIBRACION PROPIO DE UNA ESTRUCTURA



10

### DISTRIBUCION VERTICAL DE SOBRECARGAS

Doce de las normas admiten que la distribución en altura del coeficiente sísmico es uniforme (fig. 7).

Argelia y Japón establecen un coeficiente uniforme hasta una altura dada  $h_0$  y a partir de ella aumenta linealmente.

En Argelia:  $h_0 = 10 \text{ m}$   $k_i = 1 + 0,02 (h_i - h_0)$ .

En Japón:  $h_0 = 16 \text{ m}$   $k_i = 1 + 0,0125 (h_i - h_0)$ .

Se ha tomado como altura típica el valor para  $h_0$ .

Méjico, Nueva Zelanda y la Norma Sea de Estados Unidos admiten distribución lineal partiendo de cero abajo. Si  $Q_i$  es la carga en el nivel  $i$ :

$$k_i = \frac{h_i \sum Q_i}{Q_i h_i}$$

y si la distribución de cargas es uniforme,  $Q_i = \text{const.}$

$$k_i = \frac{2 h_i}{h}$$

Se ha tomado como altura típica  $3/4 h$ .

Canadá, la Norma A.S.A. de Estados Unidos y Venezuela admiten una distribución curva dada por la expresión:

$$k_i = \frac{4,5}{N + 4,5}$$

siendo  $N$  el número de pisos por encima del que se considera, tomando  $k_i$  valor 1 para el piso superior.

India tiene distribuciones curvas parecidas a las anteriores, en función del número total  $N_T$  de pisos y del número  $N$  de pisos por encima del que se considera, mediante las fórmulas:

$$\text{Si } N_T \geq 13 \quad k_i = \frac{4,55}{N + 4,5}$$

$$\text{Si } N_T > 13 \quad k_i = \frac{0,35 N_T}{N + 0,9 (N_T - 8)}$$

Se ha tomado como altura típica la de la tercera planta contada desde arriba.

Rumanía y la U.R.S.S. tienen en cuenta los desplazamientos  $u_i$ , que se producen en cada nivel  $h_i$  en el movimiento vibratorio de la estructura, mediante la fórmula:

$$k_i = u_i \frac{\sum Q_i u_i}{\sum Q_i u_i^2}$$

La determinación de los desplazamientos es problema arduo, pero, como se ve en la fig. 8, no influye su magnitud, sino solamente la forma de la curva y aun ésta no excesivamente.

## 11

### CARGAS QUE SE CONSIDERAN

La carga vertical  $Q$  que se considera para cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal  $P_s$ , en un elemento estructural mediante la fórmula:

$$P_s = s Q$$

se obtiene con la expresión:

$$Q = G + r P$$

siendo  $G$  la concarga que gravita en el elemento,  $P$  la sobrecarga, y  $r$  un factor de reducción de la sobrecarga.

Los valores de este factor  $r$  difieren en las normas de los distintos países, tomando los valores que se indican en la fig. 9.

Con estas fuerzas  $P_s$ , así determinadas se calculan las sollicitaciones: esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores de cada elemento.

No pueden olvidarse los efectos de conjunto, entre ellos la actuación de un momento torsor general en el edificio cuando el baricentro de las cargas  $P_s$  no coincide con el centro de torsión de la planta. Por ello, en zonas sísmicas deben proyectarse los edificios evitando los desequilibrios en altura o en planta: cuerpos demasiado largos, formas asimétricas en T, L o U, aberturas excesivamente grandes.

Algunas normas establecen el modo de calcular este momento torsor general  $D$ , en función de la sobrecarga total  $P_s$ , de la excentricidad o de su baricentro respecto al centro de torsión de la planta, y del ancho  $b$  del edificio en dirección de la sobrecarga, con los valores siguientes:

Filipinas:	$D = P_s e$
Méjico:	$D = P_s (1,5 e + 0,05 b)$
Rumanía:	$D = P_s (0,05 b)$
U.S.A.:	$D = P_s (e + 0,05 b)$

## 12

### SEGURIDAD A LA ROTURA Y AL VUELCO

En la mayoría de las normas se asegura la seguridad a la rotura estableciendo tensiones admisibles que no deben sobrepasarse bajo la acción conjunta de las cargas gravitatorias: concargas y sobrecargas, de la acción del viento en general, afectada por un coeficiente de reducción y de las sobrecargas sísmicas, lo que suele llamarse, como en nuestra norma, Caso III de carga.

Hay dos criterios generales para fijar las tensiones admisibles en este Caso III de Carga:

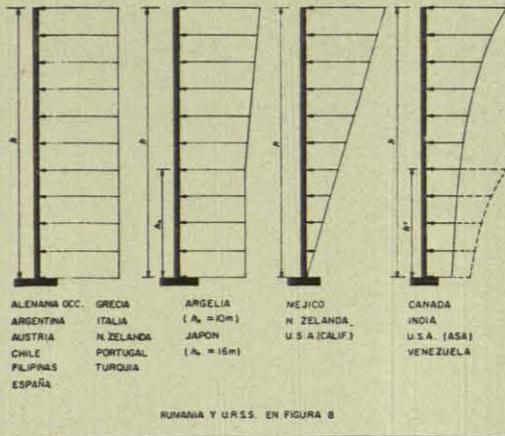
- Por un coeficiente de mayoración sobre las tensiones admisible en el Caso I de carga, que corresponde a la actuación de las cargas gravitatorias.
- Directamente aplicando un factor sobre la tensión última del material: límite elástico aparente en el acero, resistencia a compresión en probeta prismática o en probeta cúbica en el hormigón, etc.

Los criterios varían mucho de unos a otros países, como se ve en la fig. 10.

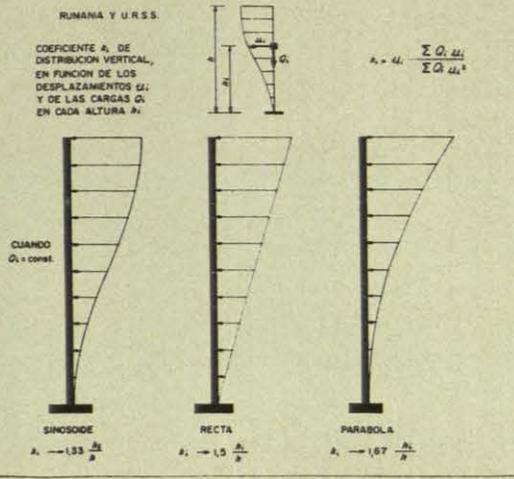
En ciertas normas se exige explícitamente un coeficiente de seguridad al vuelco, del edificio considerado en su conjunto, con los valores siguientes:

Argentina:	1,5
Canadá:	1,5 (precisando anclaje si es menor)
Filipinas:	2
U.S.A.:	1,5
Venezuela:	1,33

7. DISTRIBUCION VERTICAL DE SOBRECARGAS



8. DISTRIBUCION VERTICAL DE SOBRECARGAS



13 EPILOGO

He procurado dar una impresión lo más completa posible de los métodos empleados en la actualidad, para la determinación de las acciones sísmicas que deben utilizarse en el cálculo de edificios sismorresistentes en la mayoría de los países que tienen norma establecida.

Ha podido verse que en general son métodos bastante empíricos, y que las únicas normas en que hacen intervenir de algún modo la teoría vibratoria, son las de U.S.A., Rumania y la U.R.S.S. solamente la incluyen parcialmente y simplificándola mediante fórmulas de grosera aproximación.

Esto se debe fundamentalmente a que no es posible a priori conocer el movimiento vibratorio de un sismo en un lugar determinado, e incluso el conocimiento con carácter general del movimiento vibratorio, con profundidad suficiente para establecer una teoría razonablemente fidedigna, está muy lejos de ser completo, y tiene que seguir siendo estudiado por los sismólogos probablemente durante mucho tiempo todavía.

El problema es muy difícil porque los sismogramas son muy variables de un caso a otro, y ello hace que hasta ahora no haya podido formularse una teoría útil para las aplicaciones.

Finalmente, debe señalarse que la mayoría de las normas dan indicaciones para la elección de los terrenos de cimentación y reglamentan, algunas con mucho detalle, las condiciones constructivas que deben seguirse en el proyecto y en la ejecución.

Estas cuestiones son muy interesantes, pero se salen del tema objeto de este trabajo, y tienen además amplitud suficiente para que se estudien y se traten por separado.

9. FACTOR DE REDUCCION DE SOBRECARGA

PAIS	FACTOR $r$ DE REDUCCION PARA:				
	EDIFICIOS DE HABITACION	EDIFICIOS DE OFICINAS Y COMERCIOS	EDIFICIOS DE ENSEÑANZA Y REUNION	EDIFICIOS INDUSTRIALES	ALMACENES DEPOSITOS SILOS LIBRERIAS
ALEMANIA OCC.	0,5	0,5	0,5	0,5	1
ARGELIA	0	0,5	—	0,5	1
ARGENTINA	—	—	—	—	—
AUSTRIA	—	—	—	—	—
CANADA	1	1	1	1	1
CHILE	0,5	0,5	0,5	0,5	1
FILIPINAS	0,5	0,5	0,5	0,5	1
GRECIA	1	1	1	1	1
INDIA	0,5	0,67	0,67	1	1
ITALIA	0,33	0,33	0,33	0,33	—
JAPON	1	1	1	1	1
MEXICO	—	—	—	—	—
NUOVA ZELANDA	0	0	0	0	0
PORTUGAL	—	—	—	—	—
RUMANIA	0,8	0,8	0,8	0,8	1
TURQUIA	0,33	0,5	1	1	1
U. S. A.	0	0	0	0	1
U. R. S. S.	0,8	0,8	0,8	0,8	1
VENEZUELA	0	0	0	0	1
ESPAÑA	0,5	0,7	1	0,7	1

10. TENSIONES ADMISIBLES

PAIS	TENSIONES ADMISIBLES BAJO LAS CARGAS MAS LAS SOBRECARGAS SISMICAS				
	EN GENERAL $\sigma_s$ = Tens. adm.	ACERO $\sigma_s$ = Tens. adm. $\sigma_s$ = Lam. elast.	HORMIGON $\sigma_s$ = Tens. adm. $\sigma_s$ = Resist. prism $\sigma_s$ = Resist. cub.	FABRICAS $\sigma_s$ = Tens. adm.	SUELO $\sigma_s$ = Tens. adm.
ALEMANIA OCC.	—	10,92 - 0,94 $\sigma_s$	2 $\sigma_s$	2 $\sigma_s$	1,5 $\sigma_s$
ARGELIA	—	$\sigma_s$	(0,8 - 0,6) $\sigma_s$	3 $\sigma_s$	(3 - 1) $\sigma_s$
ARGENTINA	1,3 $\sigma_s$	—	—	—	—
AUSTRIA	—	—	—	—	—
CANADA	1,33 $\sigma_s$	0,8 $\sigma_s$	0,6 $\sigma_s$	—	—
CHILE	—	1,33 $\sigma_s$	1,15 $\sigma_s$	—	—
FILIPINAS	1,5 $\sigma_s$	—	—	—	—
GRECIA	—	1,2 $\sigma_s$	1,2 $\sigma_s$	—	1,5 $\sigma_s$
INDIA	1,33 $\sigma_s$	$\sigma_s$	—	—	(1,5 - 1) $\sigma_s$
ITALIA	—	0,59 $\sigma_s$	—	—	—
JAPON	—	1,5 $\sigma_s$	2 $\sigma_s$	—	2 $\sigma_s$
MEXICO	—	1,5 $\sigma_s$	1,33 $\sigma_s$	—	—
NUOVA ZELANDA	—	1,5 $\sigma_s$	1,33 $\sigma_s$	—	—
PORTUGAL	—	$\sigma_s$	2 $\sigma_s$	—	2 $\sigma_s$
RUMANIA	(1,25 - 2) $\sigma_s$	—	—	—	—
TURQUIA	—	1,5 $\sigma_s$	1,5 $\sigma_s$	—	—
U. S. A.	—	1,33 $\sigma_s$	1,33 $\sigma_s$	—	—
U. R. S. S.	—	1,13 $\sigma_s$	0,72 $\sigma_s$	—	—
VENEZUELA	—	—	—	—	—
ESPAÑA	—	—	—	—	—