

# I. Disposiciones generales

## PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

DECRETO 106/1969, de 16 de enero, por el que se aprueba la aplicación de la «Norma sismorresistente PGS 1 (1968), parte A».

Análogamente a lo que se viene realizando en otros países afectados por la posibilidad de terremotos, cuyos daños deben y pueden paliarse mediante normas sismorresistentes, procede la adecuada aplicación de las mismas en ciertas zonas del territorio nacional, de acuerdo con las recomendaciones de las Organizaciones internacionales con las que España coopera decididamente, y con base en el detenido estudio realizado por la Comisión Interministerial creada por Orden de la Presidencia del Gobierno de diecisiete de mayo de mil novecientos sesenta y dos («Boletín Oficial del Estado» de dos de junio), prorrogada por la de veinticuatro de abril de mil novecientos sesenta y tres («Boletín Oficial del Estado» de siete de mayo) y ampliada por la de diecisiete de enero de mil novecientos sesenta y siete («Boletín Oficial del Estado» de trece de marzo).

En su virtud, a propuesta del Vicepresidente del Gobierno y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diez de enero de mil novecientos sesenta y nueve.

### DISPONGO:

Artículo primero.—Se aprueba el adjunto texto de la «Norma sismorresistente PGS-uno (mil novecientos sesenta y ocho), parte A», que será aplicada en todo el territorio nacional con carácter provisional y por el plazo de dos años de vigencia a partir del presente Decreto.

Artículo segundo.—La Comisión Interministerial de Normas Sismorresistentes continuará sus trabajos como Órgano Consultivo de Ingeniería Sísmica y vinculada a la Presidencia del Gobierno, Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral.

Artículo tercero.—Durante el plazo de un año a partir de la vigencia del presente Decreto, todos los Departamentos ministeriales afectados, los Colegios y Asociaciones profesionales de Titulados superiores de Ingeniería y Arquitectura y otras Corporaciones competentes a juicio de la Presidencia del Gobierno podrán dirigirse a la Comisión Interministerial con cuantas consultas y propuestas consideren de interés plantear con el fin de que pueda perfeccionarse el texto de la Norma sismorresistente.

Artículo cuarto.—Durante el segundo año del plazo de vigencia provisional antedicho, la Comisión Interministerial preparará el texto enteramente corregido de la Norma (parte A) y habrá publicado también la parte B, apéndices aclaratorios, y parte C, índices bibliográfico y tecnológico, de manera que la Norma sismorresistente, revisada y completa, quede elevada a definitiva al expirar los dos años mencionados.

Artículo quinto.—Quedan derogadas cuantas disposiciones vigentes se opongan a lo preceptuado en la Norma sismorresistente PGS-uno (mil novecientos sesenta y ocho), o que dificulten o entorpezcan su obligatoria aplicación.

Artículo sexto.—La Presidencia del Gobierno queda facultada para dictar las órdenes y proveer los medios complementarios que fueren necesarios para el debido cumplimiento de cuanto se establece en este Decreto.

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a dieciséis de enero de mil novecientos sesenta y nueve.

FRANCISCO FRANCO

El Vicepresidente del Gobierno,  
LUIS CARRERO BLANCO

## «Norma sismorresistente PGS-1 (1968), parte A»

### CAPITULO PRIMERO

#### Generalidades

##### 1.1. AMBITO DE APLICACIÓN

Esta Norma sismorresistente será aplicada en el proyecto y en la obra de todas las construcciones del territorio nacional, cualquiera que sea su clase y su destino, de conformidad con lo que se señala en el epígrafe 2.5 para las acciones sísmicas.

En el caso de que por distintos Organismos se fijen normas particulares para los proyectos y ejecución de las obras que les afecten, deberán incluir en esas normas prescripciones sismorresistentes obtenidas de la presente Norma.

##### 1.2. APLICACIÓN DE LA NORMA EN LOS PROYECTOS

El facultativo autor del proyecto de una obra está obligado a tener en cuenta la presente Norma de acuerdo con 2.5; pero bajo su personal responsabilidad puede adoptar valores de las acciones sísmicas o sistemas de cálculo diferentes a los que se señalan en ella, debidamente justificados.

En la Memoria del proyecto figurará un apartado con el título «Acciones sísmicas», en el que se detallarán los valores adoptados, reseñando explícitamente que se ajustan a la Norma o justificando, en su caso, las disposiciones y procesos de cálculo que se adopten.

Todos los Organismos competentes para autorizar proyectos de construcciones, bien sean del Estado, de las Provincias, Municipios, Colegios profesionales u otras Entidades o Corporaciones legalmente facultadas para ello, comprobarán que en la Memoria del proyecto figura el apartado indicado en el párrafo anterior y que se ajusta a lo establecido en la presente Norma.

##### 1.3. APLICACIÓN DE LA NORMA EN LAS OBRAS

El facultativo encargado de la dirección de una construcción está obligado a comprobar, previamente a la ejecución de la obra, el contenido del apartado «Acciones sísmicas» de la Memoria del proyecto, y es responsable de la ejecución correcta de las soluciones adoptadas en la obra.

Si dicho facultativo no estuviese conforme con el contenido del citado apartado de la Memoria, actuará de acuerdo con lo preceptuado en las disposiciones legales.

##### 1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES

Con el exclusivo objeto de facilitar la exposición de la presente Norma, las obras especificadas han sido agrupadas del siguiente modo:

- Grupo I: Edificaciones en general.
- Grupo II: Caminos y construcciones hidráulicas, excepto depósitos de agua.
- Grupo III: Centrales y conducciones de energía, depósitos y obras diversas.

##### 1.5. CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA

En la presente Norma se puntualizan las prescripciones sismorresistentes obligatorias para las obras especificadas en los diferentes Grupos, con las excepciones a que ha lugar en los casos correspondientes.

1.5.1. Para cualquier tipo de obra o estructura no especificada, el facultativo autor del proyecto o encargado de la dirección de su construcción considerará la posible aplicación que proceda teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- i) Estructuras cuya construcción tiene un alcance económico limitado y que solamente afectan a sus propietarios, sin probabilidad razonable de que su destrucción produzca víctimas humanas o de interrumpir un servicio primario.

ii) Estructuras cuya destrucción puede ocasionar víctimas humanas, interrumpir un servicio necesario para la colectividad o capaz de producir importantes pérdidas económicas.

iii) Estructuras cuya destrucción no solamente puede originar gran número de víctimas, sino también interrumpir un servicio imprescindible inmediatamente después de ocurrir un terremoto.

Según la ubicación y de conformidad con 2.5, 3.11.1, 3.11.2 y 3.11.3, la consideración de las prescripciones sismorresistentes que deben tenerse en cuenta para el proyecto de estas obras será como sigue:

- para las obras del tipo i) es potestativa la aplicación de esta Norma;
- para las obras del tipo ii) han de ser aplicadas las prescripciones mínimas especificadas en esta Norma, y
- para las obras del tipo iii) es obligatoria la aplicación de esta Norma realizando estudios detenidos.

1.6. RECOMENDACIÓN PARA LAS OBRAS NO ESPECIFICADAS

Para las estructuras no especificadas y del tipo ii) del epígrafe 1.5.1, si fueran potestativas a causa de su ubicación, se aconseja, sin embargo, adoptar las prescripciones mínimas que son obligatorias en obras racionalmente similares.

Para las obras no especificadas del tipo iii), epígrafe 1.5.1, es obligatorio razonar y aplicar la Norma que corresponde a otras obras similares especificadas, de conformidad con los epígrafes 1.1, 1.2 y 1.3. Si por su ubicación fuesen potestativas, es muy recomendable aplicar las prescripciones apropiadas al tipo de que se trate.

COMENTARIOS DEL CAPITULO I

1.1. En la «Norma MV 101-1962», del Ministerio de la Vivienda, y en la «Instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas», del Ministerio de Obras Públicas, se han tenido en cuenta las acciones sísmicas. En esta Norma se recoge cuanto obliga respecto a los posibles movimientos sísmicos.

CAPITULO SEGUNDO

Clasificación del territorio

2.1. ZONAS SÍSMICAS

El territorio nacional, en cuanto atañe a las acciones sísmicas, ha sido dividido en tres zonas correlacionadas con el grado de intensidad, que figuran en el mapa adjunto (figura 1) y que se definen como sigue:

Zona A.—De sismicidad baja, sin efectos dañosos para la construcción.

Zona B.—De sismicidad media, que puede ocasionar desperfectos en las construcciones, y

Zona C.—De sismicidad acusada capaz de ocasionar daños graves en las construcciones.

El mapa de la figura 1 define oficialmente las zonas sísmicas del territorio nacional y anula cualquier otro mapa sísmico publicado anteriormente a la aprobación de la presente norma.

2.2. ZONA SÍSMICA A

Está delimitada en el territorio peninsular e incluye las islas de Menorca, Ibiza y Formentera y todos los restantes territorios sin datos de sismicidad.

El límite superior en esta zona es el grado de intensidad VI, según indica la figura 1.

2.3. ZONA SÍSMICA B

Está delimitada en el territorio peninsular. Además, incluye las dos provincias insulares de Canarias, las islas de Mallorca y Cabrera, las ciudades de Ceuta y Melilla, las islas Ohafarinas, el peñón de Vélez de la Gomera y la isla de Alborán.

Esta zona comprende desde el grado de intensidad VI al VIII, ambos inclusive. Para considerar el que corresponde a un punto concreto se admite la interpolación lineal en la figura 1.

2.4. ZONA SÍSMICA C

Comprende tres regiones del territorio peninsular: Una en el Pirineo Central, otra en Levante y la tercera en Andalucía. Dada la complejidad de estas regiones, que están representadas en el mapa de la figura 1, es aconsejable una información complementaria y en algún caso obligatoria, en atención a la importancia de la obra.

En esta zona la intensidad puede superar el grado IX, como se aprecia en la figura 1.

2.5 APLICACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

Las acciones sísmicas son de aplicación potestativa para las construcciones localizadas en la zona A, y de aplicación preceptiva en las zonas B y C, salvo casos especificados en esta misma norma.

2.6 ESCALA OFICIAL MACROSÍSMICA

En esta Norma todas las referencias oficiales de intensidad se expresan en la escala internacional macrosísmica (MSK). El grado VII de la escala de Wood-Neumann, citado como el primero, amparado por el Seguro de Riesgo Catastrófico («Boletín Oficial del Estado» del 3 de mayo de 1952) se corresponde con el punto medio entre los grados VI y VII de la escala oficial macrosísmica (MSK).

2.7. CORRESPONDENCIAS MECÁNICAS DE LOS GRADOS DE INTENSIDAD

En la tabla I se dan los valores característicos de la velocidad (X'), de la aceleración (X'') y del desplazamiento (X) de la partícula del suelo tipo, para cada grado de intensidad (G).

TABLA I (2.7)

Valores característicos de la velocidad, aceleración y desplazamiento del suelo tipo para cada grado de intensidad de la escala internacional, desde G = V a G = X

Intensidad MSK (Grado G)	Velocidad (X' en cm/s)	Aceleración (X'' en cm/s <sup>2</sup> )	Desplazamiento (X en cm)
V	1,5	18,9	0,12
VI	3,0	37,7	0,24
VII	6,0	75,4	0,48
VIII	12,0	150,7	0,96
IX	24,0	301,4	1,91
X	48,0	602,9	3,82

2.8. COEFICIENTE SÍSMICO BÁSICO C

Se define como tal la relación entre la aceleración máxima del suelo tipo y la aceleración de la gravedad normal:

$$C = \frac{X''}{g}$$

Los valores del coeficiente sísmico básico se dan en la tabla II.

TABLA II (2.8)

Valores de coeficiente sísmico básico para cada grado de intensidad, desde G = V al G = X, y T = 0,5 segundos

Grado de intensidad, G	Coficiente sísmico básico, C
V	0,02
VI	0,04
VII	0,08
VIII	0,15
IX	0,30
X	0,60

Para otros periodos pueden calcularse los coeficientes C por las fórmulas:

$$C_V = \frac{0,010}{T} \quad C_{VI} = \frac{0,020}{T} \quad C_{VII} = \frac{0,040}{T}$$

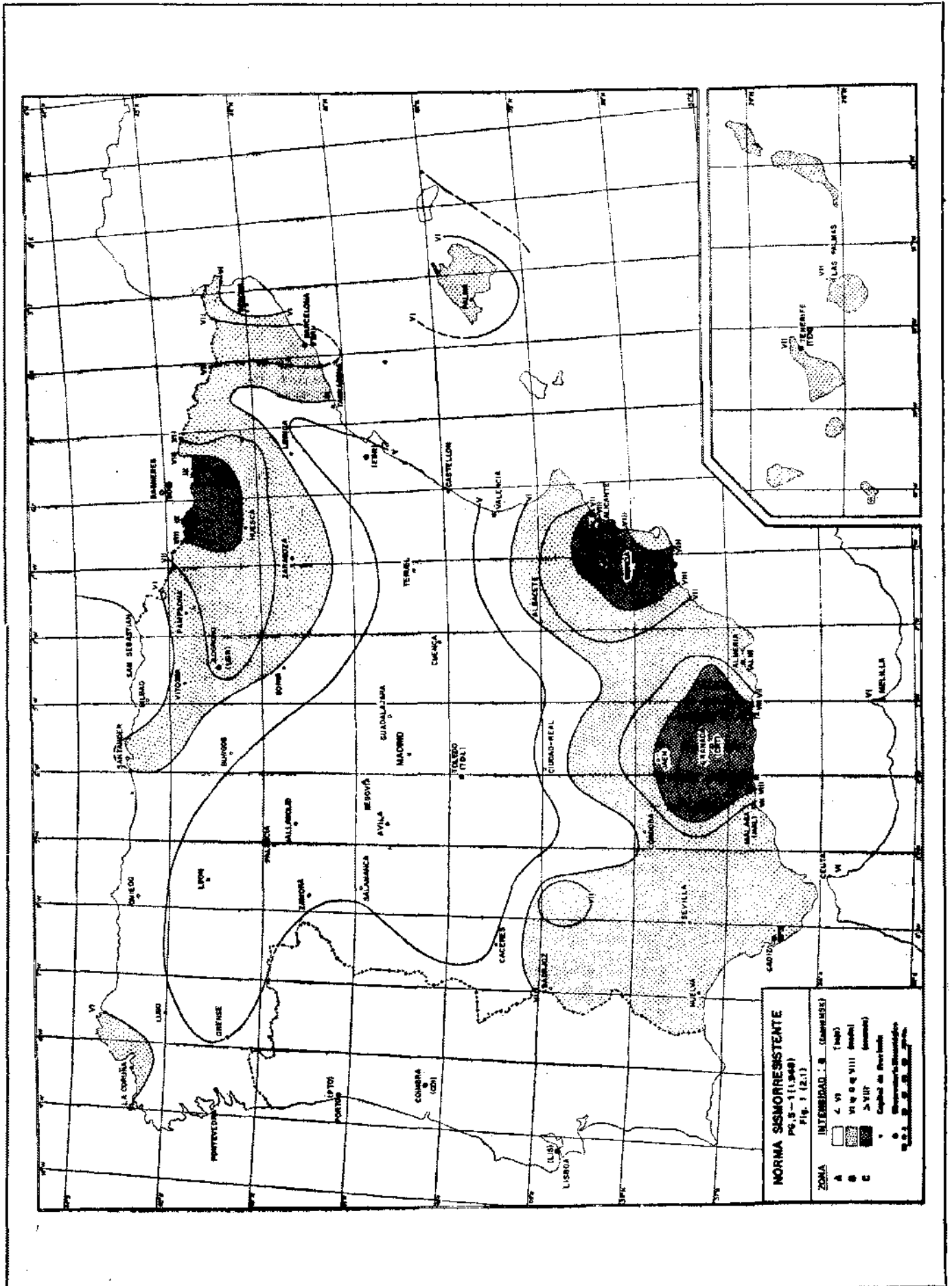
$$C_{VIII} = \frac{0,075}{T} \quad C_{IX} = \frac{0,150}{T} \quad C_X = \frac{0,300}{T}$$

expresando T en segundos.

COMENTARIOS DEL CAPITULO II

2.1. Sismicidad nula no puede decirse de ningún territorio.

— Sismicidad apreciable o media es la que puede ocasionar daños calificados de clase 2-4 en las construcciones de tipo A, de clase 2-3 en las de tipo B y de clase 1-2 en



las de tipo C. Ver anejo con la escala oficial macrosísmica, MSK.

- Sísmicidad acusada es aquella que produce daños superiores a los antedichos en las construcciones de los tipos A, B y C.
- Para localidades cuya longitud geográfica está dada con respecto al meridiano de Madrid, se recuerda que la longitud del Observatorio Astronómico es de 3° 41' 16", 5 W con respecto al meridiano de Greenwich al que viene referido el mapa de la figura 1.

2.2. En esta zona son de temer pocos movimientos sísmicos y los localizados hasta el presente no han causado daños de consideración.

2.3. No existen datos sísmicos completos para otros territorios no mencionados y de latitud inferior a 35° N.

2.4. El mapa de la figura 1 presenta una información de orden general. En cada caso concreto, y según la importancia de la obra, es necesario un conocimiento proporcionado del terreno de cimentación y de las estructuras geológicas locales, e incluso de la situación e importancia de focos sísmicamente activos, fallas, etc. A estos efectos pueden consultarse los mapas publicados por el Instituto Geológico y Minero y por el Instituto Geográfico y Catastral.

2.5. Se recuerda que, aun en el caso de una obra emplazada en zona sísmica A, todos los proyectos han de incluir en su Memoria el apartado previsto en 1.2, de conformidad con lo señalado en el epígrafe 1.1.

2.6. Ver el anejo, donde se define la escala oficial macrosísmica.

2.7. La correspondencia de valores mecánicos de la escala macrosísmica ha sido establecida después de un estudio del estado de esta cuestión. Se ha partido de las ordenadas de la velocidad que se manifiesta en la forma general de algunos espectros.

La expresión analítica siguiente se admite para  $X'_0$  como un ajuste aproximado del espectro considerado como típico (grado de intensidad  $G = 5$ ),

$$X'_0 = 2^{G-5} [e^{-\pi T} (\sin \pi T - \cos \pi T) + 1.3]$$

Los máximos se consideran característicos del grado correspondiente de intensidad. Los valores característicos figuran todos en la tabla I y se han obtenido para  $T = 0.5$  segundos. Desde este pico ( $T = 0.5$ ), la amplitud disminuye del siguiente modo:

- para períodos que aumentan puede considerarse amplitud constante a partir de  $T = 2$  segundos, o antes;
- para períodos que disminuyen, la amplitud sigue sensiblemente una variación lineal hasta un valor mitad para  $T = 0.1$  segundos.

Las aceleraciones se han obtenido por la fórmula

$$X''_0 = X'_0 \frac{2\pi}{T}$$

y los desplazamientos por

$$X_0 = X'_0 \frac{T}{2\pi}$$

Los mínimos de un grado son precisamente los característicos del grado inmediato inferior, lo que determina bandas de valores mecánicos que se indican en la tabla I bis.

TABLA I BIS (2.7)

Bandas de valores para la velocidad, aceleración y desplazamiento del suelo tipo

Intensidad M. S. K. (Grado, G)	Velocidad (X' en cm/s)	Aceleración (X'' en cm/s²)	Desplazamiento (X en cm)
V	0,8 — 1,5	9,5 — 18,9	0,06 — 0,12
VI	1,5 — 3,0	18,9 — 37,7	0,12 — 0,24
VII	3,0 — 6,0	37,7 — 75,4	0,24 — 0,48
VIII	6,0 — 12,0	75,4 — 150,7	0,48 — 0,96
IX	12,0 — 24,0	150,7 — 301,4	0,96 — 1,91
X	24,0 — 48,0	301,4 — 602,9	1,91 — 3,82

Se destacan en negrita los valores que caracterizan cada uno de los grados. Tales valores son directamente aplicables, en primera aproximación o para el período del suelo  $T = 0.5$ ; ver tabla I.

2.8. Suelo tipo es, en esta Norma, aquel terreno que en el capítulo III se le asigna un coeficiente de fundación igual a 1. Análogo, por su comportamiento sísmico, a gravas cuaternarias poco comentadas, cuya velocidad de propagación de las ondas elásticas longitudinales es de unos 1.000 m/s. Para valor de la gravedad normal se ha adoptado  $g = 980 \text{ cm/s}^2$ . Para X' deben tomarse los valores máximos subrayados en la Tabla I bis.

Las fórmulas dadas al pie de la Tabla II corresponden a las hipérbolas equiláteras que pasan por los puntos dados en la segunda columna de dicha tabla ( $T = 0.5 \text{ s}$ ).

CAPITULO TERCERO

Cálculo

3.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El autor de un proyecto puede realizar los cálculos justificativos siguiendo uno de los dos criterios siguientes:

- i) Estudio estático de la construcción sometida a una sollicitación considerada como equivalente a los efectos que producen las succedidas sísmicas.
- ii) Estudio dinámico de la construcción sometida a las succedidas sísmicas.

La presente Norma establece métodos y fórmulas de cálculo de acuerdo con el criterio i), excepto cierto número de casos limitados que taxativamente se indican en esta misma Norma.

3.2. SISTEMA EQUIVALENTE

Los efectos de un sismo sobre una construcción quedan establecidos, a efectos de cálculo, por el sistema mecánico de las fuerzas que se analizan a continuación, y que constituyen las acciones sísmicas.

3.3. ACCIÓN SÍSMICA HORIZONTAL F

Se calculará en cada elemento con la fórmula

$$F = s \cdot Q$$

Siendo Q la carga vertical que gravita directamente en el elemento, calculada según 3.5, y s el coeficiente sísmico, calculado según 3.6.

Dentro del plano horizontal, la fuerza puede tomar cualquier dirección. Para el cálculo se elegirá la dirección más desfavorable. Se admite la comprobación en dos direcciones ortogonales.

3.3.1. En el caso de estructuras entramadas puede admitirse que las fuerzas actúan en los nudos.

3.4. ACCIÓN SÍSMICA VERTICAL V

La acción sísmica vertical se calculará, en cada elemento, con la fórmula

$$V = \pm \gamma \cdot Q$$

en la que

Q es la carga soportada por el elemento que se estudia, calculada del modo indicado en el epígrafe 3.5.

$\gamma = \gamma \cdot s$ , siendo s el coeficiente sísmico definido en 3.6 y  $\gamma$  un factor de corrección que figura en la tabla III.

TABLA III (3.4)

Zonas sísmicas	Intensidad (Grados)	Factor de corrección	
		Caso I (3.6.3)	Caso II (3.6.3)
A	VI	1,60	2,00
B	VII	1,30	1,50
C	VIII	0,90	1,20
	IX	0,80	1,00

3.4.1. En general, se puede prescindir de los efectos debidos a las fuerzas sísmicas verticales, salvo en las ménsulas, en las vigas de grandes luces, en estructuras abovedadas, cupuliformes

y laminares, en las grandes obras públicas especificadas en los capítulos V y VI de esta Norma y en todos los otros casos que racionalmente lo requieran. Tampoco se podrá prescindir de considerar las fuerzas sísmicas verticales en aquellos tipos de obras específicamente indicados en los Reglamentos, normas o instrucciones para el proyecto y construcción emanados de los Organismos competentes.

3.5. CARGAS VERTICALES PARA EL CÁLCULO DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

La carga  $Q$ , de los epígrafes 3.3 y 3.4 se calculará con los siguientes sumandos:

- concarga;
- sobrecargas de uso, afectadas del coeficiente reductor especificado en la tabla VIII (3.9);
- sobre cargas de nieve, reducidas en un 50 por 100.

3.6. COEFICIENTE SÍSMICO  $s$

El coeficiente sísmico  $s$  queda definido por un producto de cuatro factores,

$$s = a \cdot \eta \cdot \beta \cdot \delta$$

siendo

- $a$  el factor de intensidad.
- $\eta$  el factor de distribución.
- $\beta$  el factor de respuesta,
- $\delta$  el factor de fundación;

los cuales se analizan a continuación.

3.6.1. Factor de intensidad  $a$ .—El factor de intensidad se define por  $a = C \cdot R$ , siendo  $C$  el coeficiente sísmico básico, definido en 2.8, y  $R$  el riesgo sísmico.

Los valores de  $R$  se dan en la tabla IV, para cada grado de intensidad.

TABLA IV (3.6.1)

Riesgo sísmico

Intensidad escala MSK (grado)	Riesgo sísmico en 50 años
VII	1,00
VIII	0,90
IX	0,73
X	0,52

3.6.1.1. Para el territorio nacional es admisible la siguiente aproximación:

$$a_n = a_{99} \cdot \frac{n + 100}{150}$$

donde  $a_n$  es el factor de intensidad para un periodo de riesgo de  $n$  años, siempre que  $50 \leq n \leq 200$ .

3.6.2. Factor de distribución  $\eta$ .—En una estructura que sea asimilable a un oscilador lineal múltiple, con distribución de masas en altura:  $q(z)$  y con unos desplazamientos horizontales:  $x(z)$ , debidos al sismo, el factor de distribución en cada punto de cota  $z$  está definido por

$$\eta(z) = x(z) \frac{\int_0^H q(z) \cdot x(z) \cdot dz}{\int_0^H q(z) \cdot x^2(z) \cdot dz}$$

En el caso de una distribución discreta de las masas, el factor de distribución es

$$\eta_i = x_i \cdot \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot x_i^2}$$

siendo:  $n$  el número de masas discretas consideradas,  
 $\eta_i$  el coeficiente de distribución en el punto,  
 $Q_i$  la carga en el punto de cota  $z_i$ , y  
 $x_i$  el desplazamiento del punto de cota  $z_i$ .

Los desplazamientos  $x_i$  se calcularán para el modo fundamental de vibración y los distintos armónicos que se considere necesario

3.6.2.1. Simplificación referente a la estructura.—Para el cálculo de los desplazamientos en una construcción con estructura de entramado puede hacerse el estudio correspondiente con un sistema de masas concentradas en los niveles de los nudos, según muestra esquemáticamente la figura 2.

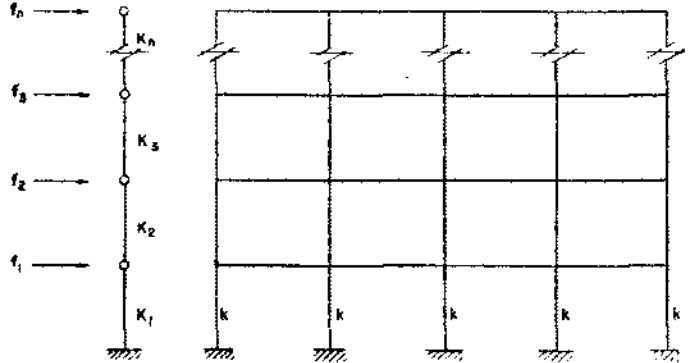


FIG. 2

3.6.2.2. Simplificación referente a la deformación.—Para el cálculo de  $\eta$  correspondiente a una estructura en la que no haya anomalía en la distribución de masas, ni cambios bruscos en la rigidez de los elementos verticales, el cálculo puede simplificarse considerando los dos siguientes casos, según que el periodo del modo fundamental de vibración sea:

- i)  $T < 1$  segundo
- ii)  $T \geq 1$  segundo

3.6.2.2.1. Caso i):  $T < 1$  s.—Corresponde a estructuras de altura moderada. Si se supone que la deformación es una recta, la expresión de  $\eta$  es:

$$\eta(z_i) = (z_i) \frac{S}{I}$$

siendo  $S$  el momento estático e  $I$  el momento de inercia de las masas respecto a la base.

En construcciones corrientes, con alturas entre los distintos pisos iguales y cargas en ellos semejantes, la expresión para la planta  $k$  será

$$\eta_k = \frac{3k}{2n + 1}$$

siendo  $n$  el número total de plantas.

3.6.2.2.2. Caso ii):  $T \geq 1$  s.

A) Corresponde a estructuras esbeltas, en general. En este caso, además del modo fundamental de vibración, deben considerarse los dos modos siguientes, simultáneamente.

Las fuerzas sísmicas se obtendrán por la suma algebraica de las deducidas para cada uno de los modos de vibración.

B) En las hipótesis de simplificación para el cálculo del factor de distribución correspondiente a cada modo se pueden suponer aceptables las deformaciones de la figura 3, a).

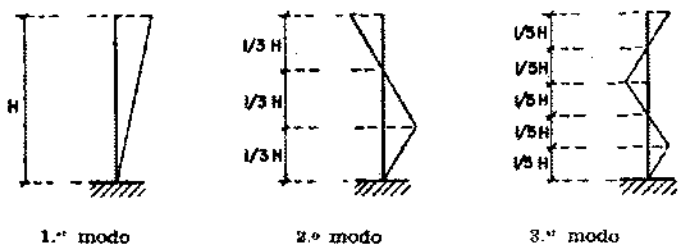


FIG. 3, a

3.6.3. Factor de respuesta  $\beta$ .—Es admisible deducir  $\beta$  de la expresión aproximada siguiente:

$$\beta = \frac{B}{\sqrt{T}}$$

en la que B es una constante dada en la tabla V, T el periodo propio del modo normal de la estructura, que se puede determinar aproximadamente según 3.6.3.1, 3.6.3.2 y 3.6.3.3.

TABLA V (3.6.3)

Valores de la constante B

- Caso I.—Edificios con pocas subdivisiones, B = 0,80.
- Caso II.—Edificios con bastantes subdivisiones, B = 0,60.

3.6.3.1. Periodo propio T.—El periodo propio T, que es el correspondiente al modo fundamental de vibración de la estructura o del elemento estructural objeto del cálculo sismorresistente, se determinará mediante cualquiera de los siguientes procedimientos, que se enuncian por orden de prioridad:

- i) Por ensayos realizados sobre construcciones reales o de muy similares características de aquella que se pretenda calcular.
- ii) Por ensayos sobre modelos a escala de la construcción en proyecto.
- iii) Teóricamente, utilizando procedimientos de la dinámica de estructuras y justificando debidamente las hipótesis adoptadas.
- iv) Mediante fórmulas empíricas que hayan sido obtenidas de estudios experimentales.

3.6.3.2. Periodo fundamental en el caso de masas concentradas.—El periodo del modo fundamental de vibración  $T_1$ , para el caso de estructuras en las cuales puedan suponerse concentradas las masas, viene expresado por:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum m^3 u^2}{\sum m^2 \cdot u}}$$

donde:

m — masas concentradas.

$u = \frac{1}{k}$  desplazamientos unitarios.

$$k = \frac{\alpha E \cdot I}{h^3} \quad \alpha = 3 \cdot \frac{2 + 12r}{2 + 3r} \quad r = \frac{J}{I} : \frac{I}{h} = \frac{J \cdot h}{I \cdot I}$$

siendo E el módulo de elasticidad, I el momento de inercia y h la altura de la barra y  $\alpha$  un coeficiente dependiente de la relación r entre la rigidez del dintel y la de la barra. Para el dintel, J momento y l luz.

La estructura puede asimilarse a una columna de masas m a cada nivel, separadas por k iguales a las de cada uno de los pisos:  $k = \sum k_n$  y  $m = \sum m_n$ .

3.6.3.2.1 En el caso de que puedan suponerse constantes las masas a cada nivel:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum m u^2}{\sum u}} = 2\pi \sqrt{m \cdot F}$$

3.6.3.2.2 Si, además, son iguales los valores de k, para una estructura de n pisos o niveles:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k} \frac{2n(n+1)+1}{5}}$$

3.6.3.3 Formulas empíricas para la determinación de T en edificaciones ordinarias.—Para edificios con planta sencilla aproximadamente rectangular, alturas de entrepisos sensiblemente iguales y todas las plantas semejantes en superficie y en distribución interior, pueden aplicarse las siguientes formulas, empíricas y aproximadas:

— Edificios con muros de fabrica o de hormigón armado:

$$T = 0.06 \frac{H}{\sqrt{L}} \frac{H}{2L+h}$$

— Edificios con estructura entramada de hormigón armado:

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}}$$

— Edificios de estructura metálica:

$$T = 0.10 \frac{H}{\sqrt{L}}$$

En todas las fórmulas anteriores,

- H es la altura del edificio, en metros;
- L la dimensión en planta, tomada en la dirección de la vibración cuyo efecto se desea estudiar, en metros;
- T el periodo en segundos, y
- h altura de cada piso.

En general, bastará realizar el cálculo de T en las dos direcciones correspondientes a las principales de las plantas de la edificación.

3.6.4. Factor de fundación  $\delta$ .—Los valores aplicables de  $\delta$  están consignados en la tabla VI, según sea la naturaleza del terreno y el tipo de cimentación.

TABLA VI (3.6.4)

Valores del factor de fundación  $\delta$

Clase de terreno Tipo de cimentación	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Fangos $c \leq 300$	Gravas y arenas $300 < c \leq 1.000$	Rocas blandas y gravas y arenas consolidadas $1.000 < c \leq 2.000$	Rocas compactas $2.000 < c \leq 4.000$	Rocas muy compactas $c > 4.000$
Pilotes resistentes por el fuste ...	2.0	1.0	0.7		
Pilotes resistentes por la punta ...	1.8	0.9	0.6		
Zapatas aisladas .....	2.2	1.1	0.8	0.4	0.3
Zapatas corridas .....	2.1	1.0	0.7	0.4	0.3
Losas .....	1.4	0.7	0.5	0.3	0.2

c = velocidad de propagación de las ondas elásticas de compresión, en m/s.

3.6.4.1. Observaciones a la tabla VI (3.6.4):

- i) Para utilizar el concepto de rocas muy compactas, la superficie debe estar situada bajo la zona decomprimida o alterada.
- ii) Si la superficie de cimentación está situada bajo el nivel freático, en el caso (3) se tomarán los valores correspondientes al (2); en el caso (2), los correspondientes al (1).
- iii) El mejor criterio para elección del terreno es el empleo

de la velocidad de las ondas elásticas, según los valores incluidos en la tabla VI.

3.6.5. Simplificaciones para obtener s, en casos sencillos.—Se admiten las siguientes simplificaciones para determinar s en los casos que se indican:

- i) Para una estructura cuyo periodo sea menor que 0,5 segundos:  $\eta = 1$ ,  $\beta = 1$ .

ii) Para estructuras ordinarias, tales como las comprendidas en 3.6.2.1 (fig 2), es admisible utilizar la tabla VII, en la que figuran directamente los productos  $\alpha \cdot \beta$  aplicables.

TABLA VII (3.6.5)

Productos  $\alpha \cdot \beta$  para el caso ii)

T segundos	$G_V$	$G_{VI}$	$G_{VII}$	$G_{VIII}$	$G_{IX}$	$G_X$
0,5	0,02	0,03	0,06	0,10	0,17	0,23
0,6	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14	0,20
0,7	0,01	0,02	0,04	0,07	0,11	0,17
0,8	0,01	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14
0,9	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,12
1,0	0,01	0,02	0,02	0,05	0,08	0,10
1,1	0,01	0,02	0,02	0,05	0,07	0,09
1,2	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,09
1,3	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08
1,4	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07
1,5	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07
1,6	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07
1,7	—	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
1,8	—	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06
1,9	—	0,01	0,01	0,02	0,04	0,06
2,0	—	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05

## 3.7. MOMENTOS DE TORSIÓN

Del momento resultante de las fuerzas horizontales respecto al centro de torsión se puede prescindir, en general, salvo los casos siguientes:

- i) en construcciones cuya planta presenta fuertes disimetrías, y
- ii) en construcciones de planta simétrica, pero cuya mayor dimensión exceda de dos veces y media la menor.

## 3.8. ACCIONES LOCALES

Con independencia del cálculo sismorresistente del conjunto de la construcción, según lo que establecen los epígrafes anteriores, cuando sea preciso deberá comprobarse la estabilidad de algunos elementos, de conformidad con los epígrafes 3.8.1. y 3.8.2.

3.8.1. *Elementos verticales libres en un extremo.*—Los elementos tales como pináculos, parapetos, chimeneas, etcétera, se comprobarán con una fuerza horizontal cuyo coeficiente sísmico es

$$s = 0.1 \alpha + 0.20$$

3.8.2. *Elementos de cerramiento.*—Los elementos de cerramiento independientes de la estructura, como son los muros de cierre, muros cortina, cerramientos prefabricados, etcétera, se comprobarán con una fuerza normal a su plano obtenida con el coeficiente sísmico

$$s = 0.1 \alpha - 0.20$$

que solamente será tenida en cuenta cuando dicho valor sea positivo.

## 3.9. SIMULTANEIDAD DE LAS CARGAS Y ACCIONES

La hipótesis de simultaneidad de acciones y cargas para los cálculos sismorresistentes será la siguiente:

- Concarga.
- Sobrecargas de uso afectadas de un coeficiente reductor especificado en los casos indicados en la tabla VIII.
- Sobrecarga de nieve afectada de un coeficiente reductor del 50 por 100.
- Acciones del viento afectadas de un coeficiente reductor del 50 por 100.
- Asientos en el terreno, y
- Acciones sísmicas.

Los valores de partida aplicables para las cargas y acciones serán los determinados en los Reglamentos, Normas o Instrucciones correspondientes emanados de los Organismos competentes para el proyecto y construcción de las diferentes obras, con la expresa excepción de cuanto se refiere a las acciones sísmicas y a todos los cálculos sismorresistentes, en lo que se estará a cuanto se establece en la presente Norma.

TABLA VIII (3.9)

Coeficiente reductor para las sobrecargas de uso en los casos indicados

Caso 1.º Azoteas y viviendas .....	0,50
Caso 2.º Oficinas y comercios, calzadas y garajes .....	0,60
Caso 3.º Hoteles, hospitales, cárceles, edificios docentes, iglesias, edificios de reunión y de espectáculos etc. ...	0,80

## 3.10. TENSIONES ADMISIBLES Y COEFICIENTES DE PONDERACIÓN

En el estado de acciones previstas en el epígrafe 3.9, se comprobarán las tensiones en los distintos elementos o los coeficientes de seguridad que fijen las instrucciones reglamentarias vigentes y según que los cálculos se realicen por métodos elásticos o a rotura.

Salvo especificación de las referidas instrucciones de cálculo y en el estado de cargas del epígrafe 3.9, el coeficiente de seguridad a la rotura debe ser, al menos, 1,5 en las estructuras de hormigón y 1,1 en las metálicas.

## 3.11. ESTRUCTURAS NO ESPECIFICADAS EN LA NORMA

Se tendrá en cuenta lo que sigue:

3.11.1. Para las estructuras de tipo i) 1.5.1, ubicadas en zona C (2.1), se considerarán las acciones sísmicas con factor de intensidad correspondiente a un periodo de riesgo no inferior a cincuenta años

3.11.2. Para estructuras de tipo ii) 1.5.1, ubicadas en zonas B y C (2.1), es obligatorio considerar un factor de intensidad deducido para un periodo de riesgo no inferior a ciento cincuenta años.

3.11.3. Para estructuras de tipo iii) 1.5.1, ubicadas en zonas B y C (2.1), se considerarán las acciones sísmicas con factor de intensidad deducido para un periodo de riesgo de quinientos años

## 3.12. PREVENIONES VARIAS

3.12.1. Para estructuras con su centro de gravedad a mayor altura que la anchura mínima de la base, se analizará la posibilidad de vuelco, cuyo coeficiente de seguridad será superior a 1,5.

3.12.2. El coeficiente de seguridad aplicado a los materiales y al terreno puede reducirse, en general, en un 30 por 100 del utilizado sin esfuerzos sísmicos, salvo los casos especificados en esta Norma.

3.12.3. En el caso de estructuras con acentuado predominio de la vertical, muy esbeltas, tales como chimeneas y torres de telecomunicación, se tendrán en cuenta los posibles modos de vibración.

## COMENTARIOS DEL CAPITULO III

3.1. Aunque la Norma sigue el criterio i), se han utilizado criterios dinámicos en el establecimiento de fórmulas que han servido para fijar coeficientes en las correspondientes a los procedimientos de cálculo estático.

3.4. El signo  $\pm$  representa claramente que el sentido de V puede ser el mismo o el contrario que el de Q.

— El factor de corrección depende del grado de respuesta de la estructura y del grado de intensidad sísmica.

3.5. Recibe la denominación de concarga el conjunto de cargas que actúan de manera fija sobre un elemento estructural. Está compuesta, por tanto, por el peso propio del elemento y las cargas permanentes.

3.6. El coeficiente sísmico depende de una serie de variables que se han agrupado en cuatro factores:

i) Factor  $\alpha$ : Caracteriza mecánicamente el movimiento del suelo provocado por un sismo y la probabilidad de ocurrencia en el territorio.

ii) Factor  $\eta$ : Caracteriza mecánicamente el sistema estructural y su distribución de masas.

iii) Factor  $\beta$ : Caracteriza el movimiento inducido en la estructura por el terremoto.

iv) Factor  $\delta$ : Caracteriza la influencia de la naturaleza del terreno donde está erigida la construcción y el sistema de cimentación.

3.6.1. El riesgo sísmico se define por la fórmula

$$R = 1 - \left[ 1 - \frac{1}{T} \right]^n$$

en la que n = número de años para el cual se calcula R o período de riesgo;

T = período de retorno para todos los sismos desde grado VII en adelante, con datos hasta 1965 y para todo el territorio en su conjunto.

En la tabla IV se ha tomado n = 50 años, como período de riesgo, para el T medio antedicho.

Período de retorno es el tiempo transcurrido, en años, para que haya acontecido un sismo del grado de intensidad considerado.

3.6.1.1. Aunque la fórmula ha sido calculada para n = 150 años, puede extrapolarse hasta n = 200. Para lapsos más extensos es conveniente información sobre datos actuales de T en la zona de que se trate.

3.6.2. El cálculo de los valores de x puede ser laborioso. Sin embargo, por la forma de la expresión se ve que no es preciso conocerlos en su verdadera magnitud para obtener el valor de η; basta con el simple conocimiento de valores proporcionales a x.

En general, es suficiente con el modo fundamental y los armónicos que corresponden a los modos 2 y 3.

3.6.2.1. En el esquema de la figura 2 se sobreentiende que la simplificación implica un reparto en cada uno de los nudos del dintel de un piso.

La sustitución de la estructura por un oscilador lineal múltiple puede aceptarse si se prescinde de las deformaciones longitudinales en las barras del entramado, que se supone no producen desplazamientos locales relativos independientes.

3.6.2.2. Se acepta la siguiente simplificación para la ley de variación de los períodos correspondientes a los distintos modos de vibración T<sub>1</sub>; T<sub>2</sub> = T<sub>1</sub>/3; T<sub>3</sub> = T<sub>1</sub>/5;...

Un valor de influencia pequeña para el tercer modo de vibración puede considerarse T<sub>3</sub> ≈ 0,2, lo que representa un período fundamental de T<sub>1</sub> = 1 segundo como orden de magnitud límite para las estructuras ordinarias, en las condiciones de regularidad en su organización. A partir de ese valor del período propio de oscilación, se consideran estructuras esbeltas.

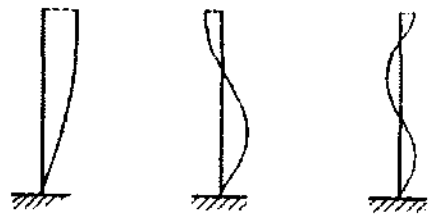
— Se supone distribución lineal, como se ha dicho en 3.6.2.1.

3.6.2.2.2. A) Para las estructuras esbeltas, cabe suponer la deformación sinusoidal de la figura 3. b), dada por las siguientes expresiones:

para el modo fundamental, x<sub>1</sub>(z) = X<sub>1</sub>sen  $\left( \frac{z}{H} \cdot \frac{\pi}{2} \right)$

para el 2.º modo de vibración, x<sub>2</sub>(z) = X<sub>2</sub>sen  $\left( \frac{z}{H} \cdot \frac{3\pi}{2} \right)$

para el 3.º modo de vibración, x<sub>3</sub>(z) = X<sub>3</sub>sen  $\left( \frac{z}{H} \cdot \frac{5\pi}{2} \right)$



1.º modo      2.º modo      3.º modo

FIG. 3. b

B) Con suficiente aproximación, para los períodos de vibración correspondientes a los tres primeros modos puede aceptarse la ley lineal dada en 3.6.2.2.

Los resultados obtenidos con la simplificación del texto normativo coinciden prácticamente con los resultantes de aplicar las formas sinusoidales de A).

3.6.3. El factor β depende del período correspondiente al

modo de vibración en la dirección estudiada y del amortiguamiento de la estructura

El amortiguamiento efectivo es de difícil evaluación; por este motivo, en la presente Norma se acepta la simplificación de que β depende del período del modo fundamental, en la forma indicada por la fórmula dada en la parte normativa, y para el caso de construcciones ordinarias.

Para los casos más sencillos se ha preparado la tabla VII, donde figuran directamente los productos aplicable α · β (ver 3.6.5), con β = 0,75. Si se desea una mayor aproximación, se tomarán para β los valores dados en la tabla siguiente:

TABLA V BIS (3.6.3)

Valores de β para algunos de T

B	T = 0,5 y T = 0,794	= 0,6 = 0,843	= 0,8 = 0,928	= 1,0 = 1,0	= 1,2 = 1,063
0,80	1,00	0,95	0,86	0,80	0,75
0,60	0,75	0,71	0,65	0,60	0,56

3.6.3.2. La fórmula de T<sub>1</sub> se ha obtenido por el método de Rayleigh, suponiendo el oscilador equivalente de la figura 2 (3.6.2), con pulsación fundamental ω:

Máxima energía potencial:

$$U = \frac{1}{2} g \sum m \cdot x$$

Energía cinética al paso por la posición inicial:

$$Z = \frac{1}{2} \omega^2 \sum m \cdot x'$$

Igualando energías, y como x = m · g · u, se tiene:

$$\frac{1}{\omega^2} = \frac{\sum m \cdot x'}{g \sum m \cdot x}; \quad T_1 = \frac{2\pi}{\omega}$$

— Hay autores que denominan elastancia a la expresión de k. La flexibilidad es igual a 1/k. Otros autores llaman a k *coeficiente de restitución*.

— El desplazamiento unitario a cada nivel o piso es:

$$u_i = \frac{1}{k_1} + \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \right) + \dots + \left( \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_i} \right) (n-i+1)$$

puesto que en sentido vertical la flexibilidad es  $\frac{1}{k} = \sum \frac{1}{k_i}$

Se sigue el método de los números de influencia, haciendo sucesivamente i<sub>1</sub> = 1, a partir del primer piso.

3.6.3.2.1. F es el factor de forma para el modo fundamental. Si hay n grados de libertad, se llega a la ecuación de frecuencias, que da los n períodos y los F correspondientes. Con la ecuación dada en el texto normativo solamente se deduce el período del modo fundamental.

3.6.3.2.2. Entonces:

$$u_1 = \frac{n}{k} \quad u_2 = \frac{n + (n-1)}{k} \quad u_3 = \frac{n + (n-1) + (n-2)}{k}$$

y el último piso:

$$u_n = \frac{n + (n-1) + (n-2) + \dots + 2 + 1}{k}$$

de donde,

$$\left. \begin{aligned} \sum u_i &= \frac{n(n+1)(2n+1)}{6k} \\ \sum u_i^2 &= \frac{n(n+1)(2n+1)(2n^2+2n+1)}{30k^2} \end{aligned} \right\} F = \frac{2n(n+1)+1}{5k}$$

3.6.3.3. Las fórmulas adoptadas son solamente aproximaciones válidas para los casos más corrientes y dentro de las condiciones señaladas en el texto del epígrafe. Es muy recomendable la realización de experimentos en este campo.



Si de la aplicación de métodos diferentes y supuestos igualmente aproximados se obtuviesen valores discrepantes para el periodo propio del modo fundamental de vibración, es admisible adoptar el mayor valor de T obtenido.

3.6.4.1. Se consideran como rocas tipos las siguientes:

- i) Roca muy compacta: plutónica, volcánica densa, arenisca silicea cementada, cuarcita, dolomía, caliza masiva.
- ii) Rocas compactas: las anteriores algo tectonizadas o fracturadas, caliza algo margosa, arenisca cementada, pizarras.
- iii) Rocas blandas: margas y arcillas compactas y cualquier tipo de roca que no sea asimilable a las anteriores.

La velocidad indicada en la tabla VI es la de las ondas elásticas de compresión, en metros por segundo (m/s).

El concepto de roca decomprimida y alterada es relativo. En la Norma se aplica el calificativo de roca decomprimida a la zona superficial que claramente se deduce de los perfiles o líneas de refracción sísmica. En los casos dudosos es preferible adoptar el criterio de la velocidad de las ondas elásticas, tal como se indica en el párrafo iii) en el texto normativo de este epígrafe.

3.6.5. Para estructuras ordinarias y con periodos  $T < 0,5$  s. recuérdese lo dicho en el comentario del epígrafe 2.7.

La tabla VII se ha deducido aplicando para  $\alpha$  los valores de T, en la expresión dada en 2.7 y haciendo  $\beta = 3/4$ . Se ha partido de la hipótesis de trabajo de que el caso más desfavorable es la coincidencia de los valores del periodo de la estructura libre y de la sacudida del suelo. El valor de  $\beta$  es el promedio de la tabla V para  $T = 0,5$  y  $B = 0,60$ . Para otros valores, ver tabla V bis (3.6.3).

Recuérdese que  $\alpha = C.R$  (según 3.6.1.) y que los valores de R están dados en la tabla IV, y tenidos ya en cuenta en la tabla VII.

3.7. Cuando la resultante de las fuerzas horizontales, en cada planta, no pasa por el centro de torsión que le corresponde, o cuando algunas de las fuerzas desarrolladas horizontalmente no quedan equilibradas por el conjunto de la construcción en la zona relativa a dicha planta, este momento tiene por módulo el producto de aquella resultante por la mínima distancia al centro de torsión de aquella.

3.8. El cálculo sismorresistente puede ser del conjunto de la obra o de grupos de los elementos constructivos, como pasos que conduzcan a conocer la estabilidad de la construcción. Además, hay elementos que requieren una atención particular. Unos de éstos necesitan mayoración de la sollicitación sísmica horizontal; otros han de ser calculados en una dirección particular y con minoración.

3.8.1. La relación de elementos de este epígrafe no es limitativa. Cualquier otro elemento en analogas condiciones mecánicas debe ser racionalmente incluido en el epígrafe.

3.8.2. Véase lo dicho en los comentarios 3.8 y 3.8.1.

3.9. Ver el comentario de 3.5.

3.10. A título informativo y mientras no se opongan las instrucciones citadas en el texto normativo, las tensiones y coeficientes admisibles figuran en la tabla IX.

TABLA IX (3.10)

Tensiones admisibles y coeficientes de ponderación

Material del elemento estructural	CALCULO ELASTICO Tensiones admisibles (1)	CALCULO A ROTURA (2) Coeficientes de minoración de la resistencia del material
Terreno .....	1,5 $\sigma_t$	
Fábricas (ladrillo, mampostería, sillería, etcétera) .....	2,0 $\sigma_t$	
Hormigón en masa ...	1,5 $\sigma_b$	
Hormigón armado y pretensado:		
a) Para hormigón.	1,5 $\sigma_b$	$\gamma_b = 1,50$
b) Para acero .....	1,5 $\sigma_a$	$\gamma_a = 1,10$
Acero .....	1,5 $\sigma_a$	$\gamma_a = 1,10$

(1) Siendo  $\sigma$  el valor de la tensión admisible del material en los distintos estados de cargas en que no intervienen las acciones sísmicas.

(2) En todos los casos se adoptará para el coeficiente de mayoración de cargas el valor  $\gamma = 1$ .

CAPITULO CUARTO

Obras del grupo I

4.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

4.1.1. *Ámbito de aplicación.*—Todas las prescripciones que a continuación se establecen son de aplicación obligatoria para los edificios ubicados en las zonas B y C. Las obras del grupo I se definen en el epígrafe 1.4.

4.1.2. *Disposición en planta.*—Son recomendables disposiciones con centro de simetría, tales como la circular, cuadrada, etcétera.

Las plantas sin centro de simetría (planta en L, en T, etc.) son desaconsejables. Cuando sea preciso emplear estas disposiciones deben decomponerse mediante juntas de dilatación planas, en elementos que cumplan sensiblemente la condición señalada.

4.1.3. *Anchura de las juntas.*—La anchura de las juntas no será inferior a dos centímetros, ni al doble de la suma de los desplazamientos horizontales que pueden sufrir los dos bloques que separan la referida junta.

Dicho desplazamiento puede calcularse para cada bloque mediante la expresión

$$\Delta = \frac{g}{4\pi^2} T^2 s \sim 25 T^2 s$$

siendo g la aceleración de la gravedad, T el periodo propio de oscilación de la construcción y s el coeficiente sísmico.

4.1.4. *Enlaces entre los distintos bloques de edificación.*—No deben existir elementos de enlace entre los distintos bloques de la edificación.

En este sentido, las juntas de dilatación conseguidas por el apoyo de elementos con libre dilatación de un bloque sobre otro no deben utilizarse.

Igualmente las cubrejuntas y materiales de relleno de juntas no deben ser capaces de transmitir esfuerzos de importancia.

4.2. PRESCRIPCIONES PARA LAS CIMENTACIONES

4.2.1. *Tipo de fundación.*—El sistema elegido para la cimentación de una obra será homogéneo en cada uno de los bloques en que pueda estar fraccionada, no admitiéndose distintos sistemas dentro de la misma unidad.

Cuando el terreno presente discontinuidades debidas a fracturas u otras causas deberán disponerse las fundaciones de manera que las situadas a cada lado de la discontinuidad constituyan unidades independientes.

4.2.2. *Enlaces entre los puntos de apoyo.*—En caso de cimentaciones discontinuas (por pozos, pilotes, etc.) deberán enlazarse entre sí todos los puntos de apoyo sobre el terreno, mediante vigas de atado, formando una retícula general que tienda a evitar desplazamientos diferenciales horizontales.

4.2.3. *Enlace de la estructura con la cimentación.*—La estructura debe ser cuidadosamente anclada a los elementos de cimentación, con el fin de evitar desplazamientos relativos entre ésta y aquélla.

4.3. PRESCRIPCIONES PARA LAS OBRAS DE FÁBRICA

4.3.1. *Muros de fábrica.*—Se entiende por muros de fábrica aquellos construidos con elementos pétreos de pequeñas dimensiones, enlazados entre sí, disponiendo generalmente una capa de mortero entre sus juntas, o los construidos con material que adquiere su consistencia en obra, como es el hormigón en masa.

Las prescripciones que siguen deberán observarse, por tanto, en muros de las características siguientes:

- Muros de sillería.
- Muros de mampostería.
- Muros de ladrillo.
- Muros con piezas de mortero de hormigón.
- Muros de hormigón en masa.

4.3.2. *Muros de adobes o tapial.*—Los muros de adobes o tapial deben ser proscritos en las edificaciones de las zonas B y C.

4.3.3. *Muros de hormigón sin finos.*—Su uso no se autoriza en edificaciones ubicadas en las zonas B y C.

4.3.4. *Refuerzo de los muros de fábrica.*—Los muros de fábrica construidos en las zonas B y C deben ser reforzados mediante encadenados horizontales y verticales, constituyendo una retícula con elementos de hormigón armado o metálicos.

En edificaciones ubicadas en las zonas B y C, cuya altura no exceda, respectivamente, de 12 metros y de 6 metros, puede prescindirse de los encadenados verticales, limitándose a los horizontales coincidentes con las soleras de forjados, siempre que existan muros que los arriostren lateralmente con separación no mayor de la altura autorizada.

**4.3.4.1. Dimensiones generales.**—Entre cada dos elementos paralelos de encadenado no habrá una separación mayor de cinco metros, que se reducirá si la diagonal de dos células es mayor de 50 veces al espesor del muro, descontando las cámaras de aire si las hubiere.

Los encadenados horizontales deben situarse al nivel de cada piso, haciéndose coincidir con las soleras para recibir los forjados correspondientes.

Los verticales son aconsejables en los encuentros de muros.

**4.3.4.2. Cálculo de los encadenados.**—El cálculo de los elementos de encadenado será realizado a partir de los esfuerzos producidos por el sismo, con las tensiones máximas señaladas en 3.3.

Para el cálculo de cada retícula se tendrá en cuenta los esfuerzos normales a su plano y los contenidos en él, realizándose en este último caso como sistema triangulado con diagonales ficticias que se forman en el muro.

**4.3.4.3. Escuadrias.**—Las dimensiones de las secciones resistentes de los encadenados deben sujetarse a las prescripciones mínimas siguientes:

**4.3.4.3.1. Secciones para encadenados de hormigón armado.**—Los encadenados de hormigón tendrán las siguientes dimensiones:

**Anchura o espesor:** El del muro, que puede reducirse en el caso de muros con paramento visto, en la cantidad mínima precisa para su ocultación por el material de revestimiento.

**Canto o altura:** En muros de carga, 15 centímetros, o el espesor del forjado de piso, si éste se empotra en el encadenado.

En muros sin función resistentes, siete centímetros.

La armadura mínima longitudinal para encadenados en muros de carga estará formada por 4  $\varnothing$  10, colocados cada uno de ellos en los ángulos. Si las dimensiones de la cadena excediesen de 25 centímetros, se colocarán otros redondos de 10 milímetros, de manera que su separación no exceda de 25 centímetros.

En muros sin función resistente, la armadura longitudinal estará constituida por 2  $\varnothing$  10, colocados en el eje mayor de la sección, próximas a sus extremos.

Las armaduras transversales estarán formadas con  $\varnothing$  5 milímetros, al menos, y separación no superior al espesor del elemento, sin exceder de 25 centímetros.

**4.3.4.3.2. Secciones para encadenados metálicos.**—Los encadenados metálicos se construirán con perfiles laminados, cuyas secciones serán determinadas por el cálculo, según los procedimientos ordinarios.

**4.3.5. Muros de cerramiento.**—Los muros de cerramiento en edificios con estructura entramada no deben tener dimensiones mayores de cinco metros, ni superficie superior a 20 metros cuadrados (incluidos huecos), ni su diagonal superior a 100 veces el espesor total bruto (incluidas cámaras de aire, si las hubiere).

**4.3.6. Tabiquerías.**—Los elementos divisorios de distribución deben ser cuidadosamente unidos a muros, suelos y techos. En caso de no llegar al techo, deben ser terminados con un elemento de hormigón armado, metálico o de madera, unidos a otros elementos resistentes de la construcción. Los encuentros de tabiquería se realizarán pasando alternativamente cada hilada de un tabique sobre la del otro.

**4.3.7. Muros con borde libre (parapetos, cercas, etc.).**—Se realizará un encadenado de coronación y encadenados verticales, anclados a la estructura del edificio o cimentación, según los casos.

Si el cálculo demuestra que no se producen tracciones en la fábrica, puede prescindirse de los encadenados.

**4.3.8. Muros de hormigón en masa.**—Los encadenados precisos pueden ser incorporados en el muro disponiendo las armaduras necesarias, y, si fuera preciso, en las zonas donde se sitúan se utilizará un hormigón de la dosificación conveniente.

#### 4.4. PRESCRIPCIONES PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

**4.4.1. Observaciones generales.**—En las estructuras de hormigón armado es preciso cuidar especialmente los enlaces entre los distintos elementos y disponer armaduras secundarias que puedan absorber esfuerzos anormales producidos por las sacudidas sísmicas (barras de reparto, armaduras transversales, anclajes, etc.).

**4.4.2. Enlaces entre elementos.**—Los enlaces entre pilares y vigas deberán estudiarse de manera que se asegure su indestructibilidad por las sacudidas sísmicas. A estos efectos, se observarán las siguientes instrucciones:

**4.4.2.1.** Las dimensiones del enlace serán de amplitud suficiente para que puedan alojar las armaduras de los elementos que se enlazan con cierta holgura, permitiendo un hormigonado fácil que se realizará cuidadosamente.

**4.4.2.2. Armaduras en el enlace.**—Debe asegurarse la imposibilidad de pandeo de las barras en la zona del nudo de enlace.

#### 4.5. EDIFICIOS DE UTILIDAD PÚBLICA

**4.5.1.** Los hospitales, clínicas de urgencia y todos aquellos que albergan servicios imprescindibles inmediatamente después de un terremoto, tales como parques de bomberos, policía y acuartelamiento de tropa, se calcularán en todo el territorio nacional con un coeficiente sísmico probable según su zona de ubicación, pero con factores de respuesta y distribución iguales a la unidad y un factor de intensidad correspondiente a un periodo de riesgo de quinientos años. El coeficiente sísmico aceptable,  $s$ , no será inferior a 0,10.

**4.5.1.1.** Las sobrecargas para este caso del epígrafe 4.5.1. serán las prevenidas en el epígrafe 3.9.

**4.5.1.2.** Se admitirán tensiones de trabajo o coeficientes de ponderación, de conformidad con 3.10.

**4.5.1.3.** En este caso, es imprescindible cuidar no solamente de la estructura, sino también de todos los dispositivos que aseguren el perfecto funcionamiento en la edificación, tales como accesos y salidas, y en el caso de las clínicas y hospitales, además, se habrá de garantizar en lo posible el suministro de energía base, que puede conseguirse con dispositivos de urgencia para interrupciones de corta duración.

**4.5.2.** En las escuelas, locales de espectáculos, mercados, grandes almacenes y en todos cuantos casos se prevean frecuentes aglomeraciones de público se cumplirán también las prescripciones de los epígrafes 4.5.1. y siguientes subordinadas.

**4.5.3.** Igual consideración que en los epígrafes antecedentes tendrán los museos y otros edificios destinados a conservar objetos de valor precioso o inestimable. Estos edificios deberán contar obligatoriamente con dispositivos autónomos contra incendios, no dependientes del suministro normal de agua, que puede fallar al acontecer un terremoto.

#### COMENTARIOS DEL CAPITULO IV

4.3.4.3.1. Supuesto redondo de acero de  $\sigma_k = 2.400 \text{ kg./cm}^2$ .

#### CAPITULO QUINTO

##### Obras del grupo II

#### 5.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

**5.1.1.** Para todas las construcciones comprendidas en el grupo II se tendrá en cuenta cuanto se especifica en el presente capítulo. Las obras del grupo II figuran en el epígrafe 1.4.

**5.1.2.** Las cargas, sobrecargas, método de cálculo, esfuerzos admisibles, coeficientes de seguridad y las acciones sísmicas horizontal y vertical, en las distintas estructuras especificadas, serán las indicadas en el capítulo III de esta Norma, salvo lo expresamente indicado en el presente capítulo.

**5.1.2.1.** El factor de intensidad  $a$  se obtendrá según el epígrafe 3.6.1, pero para los periodos de riesgo especificados en cada uno de los tipos de obras que incluye el presente capítulo.

**5.1.2.2.** Los factores de distribución,  $\gamma$ , y de respuesta,  $\beta$ , se deducirán de la forma indicada en el capítulo III, cuando sea posible, y se sustituirán por la unidad cuando no se expresa la obligatoriedad de su obtención.

**5.1.3.** El autor del proyecto puede elegir un método de cálculo distinto de los indicados, pero deberá justificarlo y será responsable de su correcta aplicación, de conformidad con 1.2.

#### 5.2. CARRETERAS

**5.2.1.** Será obligatoria la consideración de los efectos sísmicos en todas las carreteras nacionales y en las comarcales de gran interés, situadas dentro de las zonas de sismicidad acusada (zona C, definida en 2.1.).

**5.2.2.** En las zonas de sismicidad apreciable (zona B, definida en 2.1.), no es obligatoria la consideración de los efectos sísmicos, salvo para las autopistas o carreteras de gran interés. En las zonas de baja sismicidad (zona A, definida en 2.1) no es necesario tener en cuenta los efectos sísmicos.

5.2.3. En los cálculos de estabilidad, excepto en las estructuras especiales a las que se refieren otros epígrafes, se considerará una acción sísmica horizontal en la dirección más desfavorable, igual al coeficiente sísmico correspondiente a un mínimo de riesgo en cincuenta años, multiplicado por el coeficiente de terreno y por el peso propio. No es necesario considerar la componente vertical de la acción sísmica.

5.2.4. Para la construcción de terrapienes se prescindirá en lo posible de materiales muy arcillosos y en cualquier caso se compactarán del lado húmedo y por encima del 95 por 100 de la densidad máxima Proctor Normal.

5.2.5. En los cálculos de estabilidad se emplearán los coeficientes de cohesión y rozamiento deducidos de los ensayos estáticos y se prescindirá del posible incremento de la presión intersticial, salvo que se justifique adecuadamente con ensayos dinámicos cuidadosos la modificación de ambos coeficientes, en cuyo caso se tendrá en cuenta el posible incremento de presión intersticial en los terrenos semisaturados o saturados impermeables.

5.2.6. Se estudiará en lo posible la construcción de la carretera, aunque el terraplén sea mínimo, sobre terrenos echadizos no compactados, limosos y arenosos de consistencia muy floja y turbas. Cuando no sea posible evitarlos debe tenerse en cuenta que un terremoto puede ocasionar importantes asentamientos que destruyan la calzada y hagan intransitable la vía. En ciertos casos puede ser necesario construir la carretera sobre cimentaciones profundas con pilotes, a modo de puente enterrado.

5.2.7. En el proyecto de una carretera donde sea obligatorio la consideración de las acciones sísmicas se analizarán las pendientes y taludes naturales de las laderas por la que discurren, huyendo en lo posible de aquellas cuyos coeficientes de seguridad, teniendo en cuenta la acción sísmica horizontal definida en 5.2.3., sean inferiores a 1,2, y de aquellas zonas en las que se han producido movimientos del terreno.

5.2.8. Los muros de contención se calcularán igualmente teniendo en cuenta la acción sísmica horizontal indicada en el epígrafe 5.2.3., con coeficiente de seguridad no inferior a 1,2.

5.2.9. Puede prescindirse de calcular a efectos sísmicos aquellas partes de obra cuya destrucción ocasione daños fácilmente reparables, o que no inutilicen la carretera.

#### 5.2.10. Túneles de carretera.

5.2.10.1. Los túneles de carretera deberán revestirse o reforzarse en sus boquillas y donde sea preciso por la naturaleza o estado del terreno, del cual se habrán efectuado los estudios necesarios. Cuando el túnel vaya revestido, ha de garantizarse la perfecta unión del revestimiento con el terreno.

5.2.10.2. En lo posible, los emboquillamientos se elegirán en zonas estables de la montaña y se considerarán adecuadamente los efectos de los posibles empujes o movimientos del terreno.

#### 5.2.11. Puentes de carretera.

5.2.11.1. Se calcularán a efectos sísmicos todos los puentes de carretera situados en las zonas de media y alta sismicidad (zonas B y C de 2.1).

5.2.11.2. Los puentes importantes para carreteras se proyectarán de acuerdo con un informe geotécnico detallado, extendido a toda la zona que afecta, lo que normalmente exigirá reconocimientos con sondeos mecánicos y geofísicos, y no limitados exclusivamente a las zonas de apoyo.

5.2.11.3. Los apoyos se cimentarán donde el terreno sea estable y no amenazado por posibles movimientos próximos, y en lo posible bajo la zona decomprimida y alterada. Se admitirá que la capacidad de carga del terreno, a efectos sísmicos, puede incrementarse en un 30 por 100.

5.2.11.4. Cuando los apoyos estén bajo el agua, se considerará el efecto hidrodinámico, en su dirección más desfavorable y en el supuesto de aguas medias.

5.2.11.5. Se considerará para los puentes una fuerza sísmica horizontal igual al producto del coeficiente sísmico correspondiente a un período de riesgo de ciento cincuenta años como mínimo por el coeficiente de terreno y fundación y por el peso propio.

5.2.11.6. La fuerza sísmica vertical será igual a la mitad de la horizontal deducida en 5.2.11.5.

5.2.11.7. Las fuerzas sísmicas obtenidas se considerará que actúan simultáneamente en la dirección más desfavorable y aplicadas en el centro de gravedad de cada elemento considerado en el proyecto.

5.2.11.8. Se consideran, a efectos sísmicos, las cargas pro-

pias del puente, con exclusión del viento y de las sobrecargas de explotación. El autor del proyecto puede incluir las últimas si se trata de un puente importante y que soporte un tráfico medio elevado.

5.2.11.9. En los puentes isostáticos se dispondrán topes y anclajes en las vigas o tramos apoyados, que resistan los esfuerzos horizontales deducidos sin que impidan los desplazamientos previstos en el cálculo, así como sobrecargas en las zonas de apoyo para evitar la caída de estos elementos.

5.2.11.10. Igualmente entre elementos apoyados próximos se dispondrán rellenos de materiales blandos que amortigüen y absorban los posibles choques entre ellos.

5.2.11.11. Para puentes de luz superior a 50 metros, situados en las zonas de gran actividad sísmica (zona C de 2.1) deberán realizarse estudios dinámicos. Cuando la luz supere los 100 metros, se realizará además el ensayo dinámico valiéndose de laboratorio de reconocida solvencia.

### 5.3. FERROCARRILES

5.3.1. Será preceptivo considerar los efectos sísmicos en los ferrocarriles situados en las zonas de actividad sísmica acusada (zona C de 2.1).

5.3.2. Para los terrapienes y desmontes, los ferrocarriles aplicarán los epígrafes 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7, 5.2.8 y 5.2.9, con las necesarias adaptaciones.

5.3.3. Para los túneles de ferrocarril se aplicarán los dos epígrafes de 5.2.10 (túneles de carreteras).

5.3.4. Para los puentes de ferrocarril se aplicarán todos los epígrafes de 5.2.11 (puentes de carretera) y subordinados.

5.3.5. Las restantes instalaciones del ferrocarril, tales como almacenes, naves, estaciones de viajeros, se tratarán como se especifica en otros capítulos de esta Norma para estructuras análogas.

5.3.6. Después de sucedido un terremoto importante en la zona, es obligatorio comprobar y reconocer la vía, sus señales y enclavamientos.

### 5.4. PUERTOS

5.4.1. Será obligatoria la consideración de los efectos sísmicos en los puertos y sus instalaciones, ubicados en las zonas B y C de 2.1.

5.4.1.1. En las obras de diques de abrigo será potestativo del Ingeniero autor del proyecto la consideración de la acción sísmica.

5.4.2. Se considerará una fuerza sísmica horizontal igual al peso propio multiplicado por el coeficiente sísmico, correspondiente a un período de riesgo de setenta y cinco años, el del terreno y, en su caso, el de cimentación.

5.4.3. Para las obras en zonas sumergidas se considerará un coeficiente de mayoración aplicado a la componente horizontal obtenida según 5.4.2, igual al cociente del peso específico saturado, dividido por dicho peso menos la unidad.

$$K' = \frac{\gamma}{\gamma - 1} K$$

5.4.4. Para las obras ubicadas en zona C (2.1) se prescindirá del método del relleno hidráulico en las proximidades de las estructuras de contención. En las restantes zonas sísmicas se tendrán en cuenta los efectos de los terremotos en este tipo de relleno.

5.4.5. Se calcularán las presiones que pueden ocasionar los rellenos sobre las estructuras de contención.

5.4.6. En las instalaciones construidas sobre terrenos ganados al mar, se tendrán en cuenta los asentamientos importantes que pueden producirse en estos terrenos. Para las estructuras importantes, se recomienda referir la cimentación al terreno firme.

5.4.7. En las cimentaciones mediante pilotes se deben tener en cuenta las acciones sísmicas, cuidar sus enlaces con la estructura que soportan y disponer los refuerzos adecuados.

### 5.5. PRESAS

5.5.1. Zona de sismicidad baja (zona A de 2.1).—Para las presas situadas en esta zona es potestativo por parte del Ingeniero proyectista el considerar las acciones sísmicas.

5.5.2. Zonas de actividad sísmica media (zona B de 2.1).—Para las presas situadas en estas zonas se considerarán las acciones sísmicas correspondientes a un período de riesgo de quinientos años.

5.5.3. Zonas de actividad sísmica acusada (zona C de 2.1).

5.5.3.1. Para las presas ubicadas en estas zonas es preceptivo un informe sismológico y tectónico detallado, en el que se consideren y analicen los sismos registrados en un área centrada en la presa y con radio mínimo de 30 kilómetros, deduciendo y justificando las aceleraciones previsible durante un período de riesgo de quinientos años.

5.5.3.2. Para las presas bóveda, arco, contrafuerte y gravedad aligerada, de más de 60 metros de altura a partir de cimientos, situadas en las zonas de alta sismicidad, es obligatorio el cálculo y el ensayo dinámico en laboratorios de reconocida solvencia.

5.5.3.3. En el estudio geológico, preceptivo en toda presa, se tendrá en cuenta el informe sismológico para localizar las posibles fallas activas, y se prestará un especial interés a los posibles movimientos del terreno y zonas inestables que puedan activarse durante un terremoto y caer sobre la presa o embalse, estimando en lo posible el volumen desplazable.

5.5.3.4. Cuando se deduzca del informe tectónico y sismológico que pueden producirse movimientos diferenciales permanentes en la zona de emplazamiento de la presa, se estudiarán estos movimientos para deducir en lo posible su cuantía máxima previsible. Se analizará su repercusión en la estructura y se dispondrá lo preciso para garantizar su seguridad, aparte de tratar adecuadamente todas las fracturas y fallas que la afecten, sean o no activas.

5.5.3.5. No se construirán grandes presas de fábrica sobre arcillas o terrenos sueltos.

5.5.4. La acción sísmica horizontal será igual al coeficiente sísmico, deducido según se indica en los artículos 5.5.2 y 5.5.3.1, multiplicando por el coeficiente del terreno.

5.5.5. El coeficiente de terreno se deducirá de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{1.000}{V} > 1$$

siendo K el coeficiente del terreno y V la velocidad media de propagación de las ondas elásticas de compresión expresadas en m/s, en la zona de apoyo de la estructura.

El valor máximo de este coeficiente será igual a la unidad.

5.5.6. La fuerza sísmica vertical será igual a la mitad de la horizontal.

5.5.7. Los coeficientes de rozamiento y cohesión serán los determinados en ensayos estáticos, y la subpresión se considerará que no está influida por el terremoto.

5.5.8. Los empujes hidrodinámicos pueden obtenerse por la fórmula simplificada de Westergaard, sin tener en cuenta los depósitos de cieno junto al paramento.

5.5.9. Se comprobará que la acción de la ola engendrada por el sismo no produce daños importantes en la estructura.

Se determinará la altura H de la ola mediante la fórmula

$$H = \frac{s \cdot T \sqrt{g \cdot h}}{2}$$

siendo s el coeficiente sísmico horizontal (para  $\eta = 1$  y  $\beta = 1$ ), T el período preponderante del terremoto, g la aceleración de la gravedad y h la altura máxima del embalse.

5.5.10. Las acciones sísmicas se considerarán simultáneamente en la combinación y dirección más desfavorables. Se considerará que el nivel del embalse es el máximo normal, y las condiciones climáticas, las medias de la zona.

5.5.11. En las presas situadas en zonas de acusada sismicidad (zona C de 2.1) es obligatorio instalar acelerógrafos o sismógrafos portátiles cuando su altura sobre cimientos sea superior a cien metros, y recomendable si su altura es menor.

5.5.11.1. Los acelerógrafos y sismógrafos portátiles instalados formarán parte del conjunto de dispositivos de vigilancia y control de la presa, por lo que sus observaciones deben relacionarse y analizarse.

5.5.12. Registrado en la zona del embalse un terremoto de intensidad superior al grado V en la escala oficial macrosísmica (MSK) se realizará una inspección general de la presa y sus dispositivos, verificando el buen comportamiento de compuertas, válvulas, etc., y en especial del nivel freático y subpresiones, y se tomarán las medidas necesarias para corregir con la urgencia que requieran las anomalías observadas. Igual reconocimiento se efectuará en el vaso y terreno próximos.

5.5.13. Además de estas obligaciones de carácter general, se cumplirán las que a continuación se indican para cada tipo de presa en particular.

#### 5.5.14. Presas de gravedad

5.5.14.1. Cuando la cimentación se apoye en terrenos de características diferentes, se dispondrán juntas en estos cambios, que deben estudiarse cuidadosamente, no sólo a efectos de asentamientos, sino de vibraciones diferentes entre los bloques que determinan. En estas juntas es recomendable situar dispositivos de control.

5.5.14.2. Igual precaución se tomará cuando se localicen fallas o fracturas importantes, que no estén cicatrizadas o que presenten señales de desplazamiento por reajustes tensionales posteriores a los movimientos tectónicos que las originaron.

5.5.14.3. Es recomendable considerar las acciones sísmicas durante una fase intermedia de la construcción, lo que será obligatorio si durante ella se producen embalses parciales importantes. En estas condiciones puede tomarse el coeficiente sísmico de zona correspondiente a un período de riesgo de setenta y cinco años.

5.5.14.4. Es obligatorio en las zonas de sismicidad acusada (zona C de 2.1) y recomendable en las zonas de sismicidad media eliminar los enlaces bruscos entre la estructura y el cimiento, e igualmente suavizar los cambios de inercia en los elementos de la propia estructura mediante transiciones y acuerdos apropiados.

5.5.14.5. Se considerarán las acciones sísmicas en los aliviaderos, tomas, compuertas y cuantas instalaciones esenciales posea una presa, con igual coeficiente sísmico que para la presa. Las estructuras no esenciales se calcularán de conformidad con los apartados que les correspondan de esta Norma.

5.5.14.6. Si el período predominante de vibración propio de los sismos en la zona y el período propio del terreno se aproximan a los estimados de la presa, deberán realizarse estudios dinámicos detallados y, en su caso, ensayos desarrollados en laboratorios oficiales o en otros centros de reconocida experiencia.

5.5.14.7. La estabilidad de las presas de fábrica frente a un posible deslizamiento se comprobará con una minoración de 1,2 para los coeficientes de rozamiento y de 4 para la cohesión.

#### 5.5.15. Presas de contrafuertes:

5.5.15.1. No podrá cimentarse un bloque o contrafuerte sobre contactos entre terrenos diferentes o en fallas.

5.5.15.2. Se comprobará la estabilidad de cada elemento y del conjunto con las direcciones de las acciones sísmicas normal y paralela al plano medio de cada contrafuerte. Se considerará que el embalse tiene el nivel máximo normal, sin empuje de hielo ni del viento.

5.5.15.3. En las presas de este tipo, situadas en zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1) y con alturas desde cimientos superiores a los 60 metros, es obligatorio el cálculo y los ensayos dinámicos de laboratorio.

5.5.15.4. Cuando las frecuencias preponderantes del terremoto sean próximas a las propias de los contrafuertes, teniendo en cuenta sus condiciones de sustentación y arriostramiento, debe realizarse el estudio dinámico.

5.5.15.5. Se cumplirá lo especificado para las presas de gravedad en los epígrafes 5.5.14.4, 5.5.14.5 y 5.5.14.7.

#### 5.5.16. Presas bóveda y cúpula:

5.5.16.1. Se considerará la componente horizontal de la acción sísmica en las direcciones normal y paralela a la cuerda del arco medio.

5.5.16.2. Adquiere especial importancia en estos tipos de presa el estudio detallado del terreno, que debe intensificarse al máximo, para identificar y tratar adecuadamente cuantas fallas sean o no importantes, crucen la cimentación y la zona afectada por los esfuerzos que transmite la estructura.

5.5.16.3. La presa no deberá cimentarse sobre terreno alterado. Cuando sea necesario, éste se tratará adecuadamente para mejorar sus características resistentes.

5.5.16.4. Se estudiarán detenidamente los enlaces de la bóveda con los cimientos o estribos, evitando al máximo las discontinuidades y disponiendo armaduras donde sea preciso.

5.5.16.5. Para las presas bóvedas de más de 100 metros de altura, adquieren una importancia especial los microsismos naturales o los producidos por el reajuste tensional del terreno ante las cargas que le transmiten la propia estructura y el agua embalsada. Por ello, siempre es recomendable y obligatorio en las zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1) instalar sismógrafos portátiles antes de embalsar, para registrar y localizar los focos de estos microsismos, que indicarán las zonas débiles y las fracturas activas o reactivadas. La

observación debe abarcar desde el comienzo del llenado hasta alcanzar uno o dos ciclos de embalse máximo.

5.5.16.6. Se comprobará la estabilidad a embalse vacío con un coeficiente sísmico no inferior a un período de riesgo de setenta y cinco años.

5.5.16.7. Es recomendable para las zonas de actividad sísmica media (zona B de 2.1) y obligatorio en las zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1) realizar cierres previos en las juntas de contracción o estudiar la estabilidad de las ménsulas como elementos aislados ante los esfuerzos sísmicos.

5.5.16.8. Obliga en estos tipos de presas lo indicado en los epígrafes 5.5.14.4, 5.5.14.5 y 5.5.14.7.

5.5.17. Presas de materiales sueltos:

5.5.17.1. El coeficiente de terreno se deducirá de la fórmula indicada en el epígrafe 5.5.5. Cuando el terreno no sea rocoso y el nivel freático se encuentre próximo a la superficie de cimentación, el coeficiente de terreno será igual a la unidad, a no ser que la velocidad de las ondas elásticas sea superior a 1.700 m/s.

5.5.17.2. Se comprobará la estabilidad de los taludes aguas arriba, a embalse vacío, y aguas abajo, a embalse lleno, con las acciones sísmicas indicadas en 5.5.2 y 5.5.3, en la dirección y sentido más desfavorables, y en el supuesto de actuar las fuerzas sísmicas en el centro de gravedad de cada elemento considerado en los cálculos de estabilidad estáticos.

5.5.17.3. Los coeficientes de rozamiento y cohesión serán los mismos utilizados en el cálculo estático.

5.5.17.4. Para los diversos tipos de presas los coeficientes de seguridad que deberán resultar en la comprobación bajo efectos sísmicos, siendo normales los restantes factores, serán los siguientes:

	Embalse lleno	Embalse vacío
Escolleras con diafragma de hormigón o asfalto .....	1.2	
Escolleras con núcleo de tierra, presas heterogéneas de tierra y presas de relleno hidráulico .....	1.2	1.0
Presas homogéneas de tierra .....	1.2	1.1

5.5.17.5. A efectos sísmicos, el resguardo de las presas será igual o superior a la altura de ola engendrada durante un sismo, en condiciones meteorológicas normales. En el valor del resguardo no se tendrá en cuenta el pretil, aunque éste sea continuo.

5.5.17.6. En las zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1) es recomendable tener en cuenta los posibles fenómenos de resonancia de las olas engendradas en el embalse y disponer de un mayor resguardo, en su caso.

5.5.17.7. Para las presas de escollera no es necesario el ensayo dinámico en laboratorio, cualquiera que sea la altura de la presa.

5.5.17.8. Las presas de escollera con núcleo impermeable central rígido no se admitirán en las zonas B y C de 2.1.

5.5.17.9. Si la impermeabilidad de la presa está confiada a un diafragma o pantalla impermeable de hormigón o material análogo, situado aguas arriba, sus juntas serán articuladas y sobredimensionadas para tener en cuenta los posibles asentamientos importantes que puedan originarse durante un sismo. Igualmente se dispondrán anclajes con el cuerpo de la presa, que eviten un despegue y desplazamiento de los elementos y pantalla hacia el vaso.

5.5.17.10. Si la presa de escollera tiene un núcleo impermeable, se recomienda se aumente el espesor del mismo para hacer frente a las consecuencias de su agrietamiento durante un sismo.

5.5.17.11. Se dispondrá una galería en la base del dispositivo impermeable, a donde afluyan los caudales filtrados, los cuales deben controlarse cuidadosamente después de un movimiento sísmico en la zona.

5.5.17.12. Se prohíbe disponer tuberías de desagüe que atraviesen el núcleo impermeable, a menos que estén alojados en galerías visitables, convenientemente armadas.

5.5.17.13. Se considerará que la presión intersticial permanece constante durante un sismo.

5.5.17.14. Las tierras se compactarán del lado húmedo y con densidad superior al 95 por 100 del Proctor Normal.

5.5.17.15. Se excluirán los materiales tixotrópicos que son sensibles a las vibraciones.

5.5.17.16. Cuando una parte de la tierra englobe o esté en contacto con una sección de fábrica, para alojamiento del aliviadero o cualquier otra finalidad, se reforzarán en el contacto los dispositivos de impermeabilización. Se calcularán los esfuerzos en las alas de la fábrica cuando se empleen estos dispositivos para aumentar el recorrido de las filtraciones, y se reforzarán para resistir los esfuerzos engendrados por los sismos.

5.5.17.17. En zonas de alta sismicidad (zona C de 2.1) no podrán construirse presas de tierra con pantalla impermeable que sea rígida con respecto a las tierras empleadas.

5.5.17.18. Las presas de tierra de más de 60 metros de altura sobre cimientos, situadas en zonas de alta sismicidad (zona C de 2.1) deberán ensayarse en laboratorio, dada la dificultad que encierra su cálculo dinámico. Si la presa es homogénea, el ensayo será obligatorio para aquella que tenga 100 metros o más de altura sobre cimientos.

5.5.17.19. Para todas las presas de materiales sueltos situadas en zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1) es obligatorio el epígrafe 5.5.11.

5.5.17.20. En las presas de materiales sueltos son también obligatorias las prescripciones del epígrafe 5.5.14.5.

5.5.18. Presas mixtas.—Por su variedad y distribución de elementos resistentes o sistemas impermeables, las presas mixtas exigen estudios detallados del conjunto y sus partes, considerando las acciones sísmicas en la combinación de la dirección y sentido más desfavorables. Cada parte de estas presas deberá ajustarse a los epígrafes correspondientes del tipo de presa que se trate.

5.6. CANALES

5.6.1. Se distinguen tres tipos generales de canales, según su importancia y consecuencias:

1) Los de caudal igual o inferior a un metro cúbico por segundo, excepto los destinados a suministros de agua a poblaciones.

2) Los de caudal superior a un metro cúbico por segundo e inferior a diez metros cúbicos por segundo, y aquellos destinados a suministros de agua a poblaciones con caudal inferior a un metro cúbico por segundo.

3) Los de caudal superior a diez metros cúbicos por segundo destinados a abastecimiento de agua.

5.6.2. A la vista de las consecuencias directas e indirectas de su avería o destrucción y de la dificultad de reparación, el Ingeniero autor del proyecto puede incluir el canal proyectado en una calificación distinta de la enunciada, que habrá de justificar adecuadamente.

5.6.3. Para los canales del tipo 1) no es preceptivo realizar cálculos sismorresistentes.

5.6.4. Para los canales del tipo 2), situados en las zonas de alta sismicidad (zona C de 2.1.), es necesario considerar las acciones sísmicas, y es potestativo del proyectista considerarlos cuando estén situados en zonas de actividad sísmica media (zona B de 2.1.).

5.6.5. Para los canales del tipo 2) se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al producto del factor de intensidad correspondiente a un período de riesgo probable de setenta y cinco años, por el coeficiente del terreno.

5.6.6. En los canales del tipo 3) situados en las zonas de sismicidad media o alta (Zonas B y C de 2.1.) se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al factor de intensidad correspondiente a un período de riesgo probable no inferior a ciento cincuenta años, multiplicado por el coeficiente de terreno.

5.6.7. El trazado de los canales del tipo 2) situados en zonas de alta sismicidad (Zona C de 2.1.), y del tipo 3) en zonas de media y alta actividad sísmica (Zonas B y C de 2.1.), evitarán partes inestables de la ladera, así como su construcción en terraplén sobre terrenos echadizos, fangosos, turbosos o flojos. Esta prescripción es recomendable para los canales del tipo 2), situados en zonas sísmicas de media actividad sísmica (zona B de 2.1.).

5.6.8. Para el proyecto de canales del tipo 2), situados en zonas de alta actividad sísmica (zona C de 2.1.), y para los del tipo 3), situados en zonas de media y alta actividad sísmica (zonas B y C de 2.1.), es preceptivo un informe geológico y geotectónico detallado del terreno. En dicho informe geológico se estudiarán las consecuencias de posibles movimientos de terreno de todo tipo que puedan presentarse laderas arriba, previendo y evitando estos fenómenos cuando su volumen pueda originar la destrucción de un tramo o interrupción del servicio.



5.6.9. Se calculará la estabilidad de los terraplenes y taludes formados, considerando la acción sísmica horizontal que se deduce según lo indicado en los epígrafes 5.6.5 y 5.6.6.

5.6.10. Se excluirán para la formación de terraplenes los terrenos fangosos y turbosos y las arcillas tixotrópicas.

5.6.11. Los terraplenes se compactarán del lado húmedo y con densidades superiores al 95 por 100 de la densidad Proctor Normal.

5.6.12. En los canales con revestimiento rígido se dispondrán juntas transversales adecuadamente tratadas con dispositivos de impermeabilización reforzados.

5.6.13. Las juntas recomendadas en el epígrafe 5.6.12 son obligatorias donde existan cambios de inercia en la sección del canal, enlaces con macizos y obras tales como acueductos y sifones o cambios en la naturaleza del terreno en el que se apoyan.

5.6.14. Los coeficientes de seguridad en taludes, terraplenes o laderas, así como en los muros de contención, teniendo en cuenta los efectos sísmicos, serán iguales o superiores a 1.2.

5.6.15. Los coeficientes de cohesión y rozamiento se tomarán tal como se indican en el epígrafe 5.2.5.

#### 5.7. ACUEDUCTOS

Cumplirán las prescripciones para los puentes de iguales materiales constructivos y, además, las siguientes:

5.7.1. Las sobrecargas del cálculo serán las del agua que conduzcan

5.7.2. Se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al factor de intensidad correspondiente a un periodo de riesgo no inferior a doscientos cincuenta años, multiplicado por el coeficiente de fundación y terreno. La acción sísmica vertical será igual a la mitad de la horizontal.

5.7.3. Para acueductos con altura superior a 50 metros y longitud total superior a 200 metros, situados en zona C (2.1), se efectuarán estudios especiales que incluirán el cálculo dinámico y la realización de ensayos de laboratorio.

5.7.4. Se dispondrán juntas entre el acueducto y el canal o la galería con que enlacen, según se indica en 5.6.13 y 5.6.14.

#### 5.8. TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Para las tuberías de conducción y distribución de agua en las poblaciones situadas en zonas de media o alta actividad sísmica (zonas B y C de 2.1) se tendrán en cuenta las acciones sísmicas.

5.8.1. Cuando las tuberías no estén enterradas se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al factor de intensidad correspondiente a un periodo de riesgo probable no inferior a setenta y cinco años, multiplicado por el factor del terreno y fundación.

5.8.2. Se dispondrán juntas adecuadas en los cambios de sección claramente diferentes, en los cambios de naturaleza del terreno y en las inserciones con macizos de fábrica cualquiera.

5.8.3. Igualmente se dispondrán válvulas de cierre automático, que limiten las fugas en los ramales destruidos, conservando la presión en los restantes.

### COMENTARIOS DEL CAPITULO V

5.1.2. Ver el comentario 3.5.

5.2.7. Es difícil aplicar correctamente la fuerza sísmica en las zonas de laderas inestables, alteradas y fisuradas macro o microscópicamente. Conviene tener en cuenta que en los derrumbes con fuertes pendientes en rocas débiles, fracturadas y quebradizas se pueden producir grietas y diversos movimientos del terreno. En arenas saturadas y en suelos cohesivos, con humedad natural por encima del límite líquido, se pueden originar deslizamientos. En suelos no cohesivos y secos se producen golpes de arena o limo.

5.2.10.1. El bulonado, entre otros, es un procedimiento de refuerzo aplicable en algunos tipos de rocas. La importancia de la obra, circunstancias del terreno y sismicidad de la zona definirán la necesidad, extensión y detalle de los estudios geotécnicos y de la geología regional.

5.2.11.3. Ver comentario 3.6.4.1.

5.2.11.4. Pueden utilizarse las fórmulas simplificadas de Westergaard.

5.2.11.11. El estudio del terreno para el proyecto y construcción de puentes con grandes luces en las zonas de acusada sismicidad (zona C de 2.1) puede precisar un alcance y detalle igual o superior al indicado en el comentario del apartado 5.2.10.1, además de lo recomendado en 5.2.11.2.

5.5.9. La altura de ola está engendrada en el vaso, por lo que el coeficiente sísmico horizontal ha de tomarse estimando

la naturaleza media del terreno en el vaso, prescindiendo de la capa superficial.

-- Ver 3.6.5 para el valor de  $s$ .

5.5.14.3. Se considera embalse parcial importante aquel que en el caso de la destrucción de la presa puede provocar una avenida de consecuencias humanas y económicas en la zona aguas abajo de la presa.

## CAPITULO SEXTO

### Obras del grupo III

#### 6.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

Para todas las construcciones del grupo III son de aplicación los epígrafes 5.1.1, 5.1.2, 5.1.2.1, 5.1.2.2 y 5.1.3; ver el grupo III definido en 1.4.

#### 6.2. CENTRALES DE ENERGÍA

Se considerarán las acciones sísmicas para las centrales situadas en las zonas B y C de 2.1.

##### 6.2.1. Centrales hidroeléctricas:

6.2.1.1. Se tendrá en cuenta la componente horizontal de las acciones sísmicas, igual al producto del peso propio por el coeficiente sísmico probable de zona en un periodo de riesgo de ciento cincuenta años, multiplicado por el coeficiente de terreno y cimentación. La componente vertical será igual a la mitad de la horizontal y sólo es preceptivo aplicarla en ménsulas o vanos de grandes luces.

6.2.1.2. Se evitará ubicar las centrales al pie de laderas inestables o se tomarán las medidas adecuadas para resistir los efectos de posibles movimientos del terreno.

6.2.1.3. La cimentación debe apoyarse en terreno de características uniformes, y en el caso de que esto no sea posible, o de que existan una o varias fracturas importantes que crucen su cimentación, se tratarán adecuadamente o se independizará en lo posible las partes de la estructura que definen.

6.2.1.4. Las tuberías forzadas exteriores se apoyarán y anclarán sobre terrenos estables. Se cuidará especialmente su incorporación al macizo de la central, así como su enlace con otros elementos de diferente rigidez.

6.2.1.5. En las galerías de presión se reforzará el revestimiento en la zona próxima al exterior, inyectando cuidadosamente su trasdós para garantizar la unión del revestimiento y el terreno.

6.2.1.6. Iguales medidas se tomarán en las chimeneas de equilibrio. En el caso de consistir en torres elevadas y exentas se calcularán, a efectos sísmicos, con el máximo nivel estático del agua.

6.2.1.7. En las torres o elementos de toma, compuertas y válvulas se tendrán en cuenta las acciones sísmicas especificadas en el apartado 5.5.14.5. Se examinará la posibilidad de que los dispositivos automáticos se pongan en funcionamiento no controlado, por efecto de las sacudidas sísmicas.

6.2.1.8. Los canales a cielo abierto o en galería se considerarán, a efectos sísmicos, según lo especificado en los epígrafes correspondientes de 5.6.

6.2.1.9. La maquinaria no empotrada se anclará o se dispondrán topes para limitar su desplazamiento durante un movimiento sísmico, teniendo en cuenta los esfuerzos deducidos de la acción sísmica indicada en el epígrafe 6.2.1.1.

##### 6.2.2. Centrales subterráneas:

6.2.2.1. No es preceptivo considerar los efectos sísmicos en las centrales subterráneas ubicadas en zonas de sismicidad baja y media (zonas A y B de 2.1).

6.2.2.2. En las centrales subterráneas se podrá aceptar un coeficiente sísmico igual a la mitad del especificado en el epígrafe 6.2.1.1.

6.2.2.3. Serán aplicables los epígrafes 6.2.1.3 al 6.2.1.9.

6.2.2.4. Los accesos a la central cumplirán lo especificado en los epígrafes correspondientes de 5.2.10.

##### 6.2.3. Centrales térmicas:

6.2.3.1. Se considerarán las acciones sísmicas indicadas en 6.2.1.1.

6.2.3.2. La cimentación de las turbinas y calderas será continua, en lo posible, garantizando y cuidando los enlaces entre estos elementos importantes y su cimentación.

6.2.3.3. En el caso de utilizarse cimentación con pilotes se encajarán las cabezas mediante vigas o losas capaces de resistir esfuerzos horizontales de tracción o compresión iguales al

10 por 100 de la carga vertical de cualquiera de los pilotes que enlacen. Asimismo se cuidará el enlace de la estructura con la cimentación.

6.2.3.4. Las tuberías de enlace entre los elementos citados en el párrafo 6.2.3.2 dispondrán de elementos flexibles que absorban las diferentes formas en vibración.

#### 6.2.4. Centrales nucleares:

6.2.4.1. Será preceptivo un informe sismológico y geológico detallado de la zona de ubicación, dentro de todo el territorio nacional.

6.2.4.2. En las partes de la central electronuclear que sean asimilables por las consecuencias de su destrucción a una central térmica se tomarán las precauciones y coeficientes sísmicos indicados para estas estructuras.

6.2.4.3. Para el reactor y su circuito de refrigeración, cuba del reactor, barras de control, blindajes biológicos y elementos cuya destrucción pueda influir en el funcionamiento o control del reactor se tendrán en cuenta los epígrafes siguientes:

6.2.4.4. La componente sísmica horizontal será igual al producto del peso propio por el coeficiente sísmico probable en mil años, por el de terreno y cimentación, por el coeficiente de distribución y el de respuesta. La componente vertical será igual a la mitad de la horizontal.

6.2.4.5. Se excluirá cimentar el reactor sobre un área donde existan fracturas producidas y reactivadas durante la última actividad tectónica en la zona.

6.2.4.6. La cimentación del reactor será continua, rígida y perfectamente enlazada con la estructura que sustenta.

6.2.4.7. En las centrales nucleares situadas en zonas de gran actividad sísmica (zona C de 2.1) se harán estudios dinámicos con ensayos en modelo reducido y se compararán sus resultados con los del cálculo dinámico, en la parte que concierne al reactor y a la estructura que lo encierra, a efectos de seguridad.

6.2.4.8. Se estudiarán y tomarán las medidas necesarias para el correcto funcionamiento de los dispositivos de control de la potencia del reactor durante el propio movimiento sísmico, teniendo en cuenta los posibles fenómenos de resonancia.

6.2.4.9. Se estudiarán adecuadamente las tuberías del circuito de refrigeración que unen el recipiente a presión con los intercambiadores de calor e, igualmente, las tuberías de fluidos radiactivos o que puedan radiactivarse tras un accidente, evitando cambios bruscos de inercia.

6.2.4.10. Los blindajes biológicos constituirán, en lo posible, un conjunto monolítico con la cimentación.

### 6.3. CONDUCCIONES DE ENERGÍA

#### 6.3.1. Líneas eléctricas de transporte:

6.3.1.1. Las conducciones telefónicas de cables multipares tendrán en cuenta las acciones sísmicas en zonas B y C.

6.3.1.2. Se considerarán las acciones sísmicas en las líneas eléctricas de más de 100 kV, situadas en las zonas B y C de 2.1.

6.3.1.3. También se tendrán en cuenta las acciones sísmicas para conducciones eléctricas urbanas en las mismas zonas B y C, cuando sean enterradas, cualquiera que sea su tensión.

6.3.1.4. Se puede prescindir del cálculo sísmico si estas obras están calculadas para resistir los efectos del viento, mango de hielo etc.

6.3.1.5. En las zonas de sismicidad acusada (zona C de 2.1), para las líneas que crucen zonas pobladas y de tránsito importante, se dispondrán las precauciones y dispositivos necesarios para prever las consecuencias de la caída de los cables, teniendo en cuenta en ellos las acciones sísmicas.

6.3.1.6. Se evitará, en lo posible, cimentar las torres o apoyos de tendidos sobre terrenos fangosos o de estabilidad dudosa.

6.3.1.7. Las torres de energía de excepcional elevación se calcularán dinámicamente a efectos sísmicos.

6.3.1.8. El acero y, en su caso, el hormigón podrán trabajar con cargas no superiores a vez y media las consideradas en el cálculo estático.

6.3.1.9. Las líneas eléctricas enterradas participan de las características de las tuberías y deben cumplir lo indicado para ellas en los epígrafes siguientes:

6.3.2. *Conducciones de fluidos energéticos.*—Incluye oleoductos, tuberías con gas y aire comprimido y todos los otros fluidos racionalmente asimilables.

6.3.2.1. En todas las conducciones situadas en zonas de alta sismicidad (zona C de 2.1) y demás áreas urbanas, en las zo-

nas de media (zona B) y de alta sismicidad (zona C) es preceptivo tomar las precauciones sismorresistentes que se especifican.

6.3.2.2. El coeficiente sísmico será el correspondiente a un período de riesgo de ciento cincuenta años.

6.3.2.3. Se dispondrán juntas flexibles siempre que se atravesen terrenos de características elásticas claramente diferentes.

6.3.2.4. La distribución general en una población poseerá válvulas que independicen sectores, para limitar las posibles fugas tras su destrucción por un movimiento sísmico.

6.3.2.5. Se cuidará su inserción en los edificios o macizos donde exista un cambio importante en las características elásticas.

6.3.2.6. En las tuberías de distribución principales se dispondrán, en lo posible, transiciones suaves en los cambios importantes de sección y características.

6.3.2.7. Se recomienda profundizar la instalación de las tuberías y eludir, en lo posible, los terrenos flojos y echadizos.

#### 6.4. DEPÓSITOS

6.4.1. *Depósitos de agua.*—En esta norma se distinguen dos tipos de depósitos de agua:

i) Para abastecimiento de poblaciones, con más de 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad, o aquellos depósitos cuya permanencia de servicio es vital para el funcionamiento y seguridad de instalaciones, cuya destrucción acarrearía graves consecuencias.

ii) Para abastecimiento de población, con menos de 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad, o aquellos cuya destrucción y consiguiente interrupción del servicio no puede originar consecuencias graves, directa o indirectamente.

6.4.1.1. A efectos sísmicos, los depósitos del primer tipo (6.4.1.i) y situados en zonas B y C de 2.1, se calcularán obligatoriamente; será potestativo el cálculo para los depósitos del mismo tipo y situados en zona A.

6.4.1.2. Para los depósitos del primer tipo (6.4.1.i) se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al factor de intensidad correspondiente para un período de riesgo de 500 años, multiplicado por el factor del terreno y fundación, por el de distribución y el de respuesta.

6.4.1.3. Para los depósitos del segundo tipo (6.4.1.ii) es preceptivo calcular las acciones sísmicas cuando están situados en zonas de sismicidad C (epígrafe 2.1) y potestativo en las restantes zonas.

6.4.1.4. Para los depósitos del referido tipo (6.4.1.ii) se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al factor de intensidad correspondiente a un período de riesgo probable no inferior a 75 años, multiplicado por el factor del terreno y cimentación por el de distribución y el de respuesta.

6.4.1.5. En ambos casos se calculará el empuje hidrodinámico del agua contenida en el depósito sobre la pared o muro de cierre.

6.4.1.6. La cimentación de los depósitos elevados, cuando estén situados sobre terrenos no rocosos, será en lo posible continua. Si no lo fueran sus apoyos, se enlazarán con vigas capaces de resistir esfuerzos de compresión o tracción iguales o superiores de 10% de la carga vertical de los elementos que unan.

6.4.1.7. En terrenos de poca consistencia o roca alterada se evitará en lo posible la construcción de depósitos cuyo fondo impermeable se apoye directamente sobre el cimiento. En cualquier caso, los muros de cierre estarán cimentados profundamente o sobre roca sana no alterada y dispondrán de juntas y anclajes entre sí, y juntas con la solera impermeable.

6.4.1.8. Se considerará la posibilidad de vuelco en los depósitos elevados, de forma que la componente caiga siempre en el tercio central de la base de sustentación con coeficiente de seguridad al vuelco superior a 1,5.

6.4.2. *Depósitos de otros líquidos.*—Para su cálculo sismorresistente se atenderán a criterios análogos a los correspondientes especificados para los depósitos de agua.

6.4.2.1. Cuando se trate de depósitos para líquidos inflamables o peligrosos se les incluirá en el tipo primero (6.4.1.i).

6.4.2.2. En este caso de 6.4.2.1, además de lo prevenido para este tipo de depósitos, se dispondrán recintos exteriores que limiten la extensión del posible derramamiento, así como los elementos contra incendios que limiten todo lo posible su propagación.

6.4.2.3. En el caso de existir varios depósitos próximos, se estudiarán las medidas para evitar la propagación de incendio entre ellos.

## 6.4.3. Silos:

6.4.3.1. Los silos que contengan líquidos cumplirán las prescripciones de los depósitos definidas en el epígrafe 6.4.2 y sus subordinados, siempre que, a juicio del autor del proyecto, pueda asimilarse el comportamiento del contenido al dinámico del agua.

6.4.3.2. Para los silos que contengan granos, áridos o cemento no es necesario calcular los empujes dinámicos del material contenido sobre las paredes del recinto.

6.4.3.3. Se considerará un coeficiente sísmico horizontal igual al producto del factor de intensidad correspondiente a un período de riesgo no inferior a cincuenta años, multiplicado por el factor de fundación y del terreno.

## 6.4.4. Depósitos de gases:

6.4.4.1. A efectos sísmicos, los depósitos de gases se considerarán incluidos en el tipo descrito en 6.4.1.1, en cualquiera de los casos siguientes:

1.º) Almacenamiento a presión suficiente para provocar daños sobre personas, animales, plantas o construcciones próximas, en el caso de fisuras provocadas por causa de un terremoto.

2.º) Almacenamiento a baja presión de productos gaseosos dañinos, bien por inflamación, corrosión, toxicidad, etc.

— En los restantes casos posibles se estará al tipo ii).

6.4.4.2. Las precauciones necesarias y criterios para cálculo sismorresistente exigen la consideración extremadamente cuidadosa de las prevenciones de 3.11.

## 6.5. PLANTAS Y ESTRUCTURAS INDUSTRIALES

Se consideran como tales aquellas construcciones que alberguen o constituyen dispositivos industriales, sean o no atendidos directamente por personal.

6.5.1. Se tendrán en cuenta los efectos sísmicos en las estructuras industriales situadas en las zonas de media y alta sísmicidad (zonas B y C, de 2.1).

6.5.2. Según la peligrosidad y trascendencia de su eventual destrucción, se clasifican en los tres grupos siguientes:

1) Aquellas cuya destrucción sólo incide sobre el coste económico de la instalación, con ninguna o escasas víctimas probables.

2) Aquellas cuya destrucción incide sobre zonas próximas importantes al interrumpirse un suministro que por sus características ha de ser continuo, tales como instalaciones eléctricas, de gas, de agua, etc.

3) Aquellas cuya destrucción puede motivar incendios, explosiones o liberación de sustancias tóxicas, con incidencia sobre estructuras próximas o gran número de víctimas.

6.5.2.1. En las obras del grupo 1) podrán no considerarse los efectos sísmicos, a juicio del Ingeniero proyectista.

6.5.2.2. En las obras del grupo 2) se considera el coeficiente sísmico de zona para un período probable de riesgo superior a ciento cincuenta años e inferior a quinientos años, a juicio del Ingeniero proyectista y a la vista de los daños que se prevén por la destrucción e interrupción del suministro.

6.5.2.3. En las obras del grupo 3) es preceptivo un estudio detenido y cuidadoso, tomando cuantas precauciones y dispositivos sean necesarios para aminorar los efectos de su destrucción, y considerar como coeficiente sísmico el correspondiente a la frecuencia sísmica probable para un período de riesgo de quinientos años.

6.5.3. La fuerza sísmica horizontal se hallará multiplicando el peso propio por el factor de intensidad de la zona y del terreno y cimentación (o factor de fundación).

Como componente vertical se tomará la mitad de la horizontal y sólo para elementos volados o de grandes luces.

6.5.3.1. Cuando no se calculen los factores de distribución y respuesta, se considerará que éstos valen la unidad.

6.5.4. En las máquinas y dispositivos aislados se dispondrán anclajes sobre cimentaciones adecuadas para evitar o limitar sus desplazamientos.

6.5.5. Cuando sea posible la producción de un incendio, escapes de líquidos o de gases inflamables o explosivos, se dispondrán los artificios adecuados para reducir sus efectos y en las tuberías elementos flexibles de unión y válvulas que limiten las fugas.

6.5.6. Las sobrecargas sobre las estructuras serán las habituales, con exclusión de la acción del viento y de esfuerzos por cargas extraordinarias.

6.5.7. A los efectos de esta Norma, las instalaciones mineras tendrán la consideración de estructuras industriales.

6.5.8. Tendrán la misma consideración dicha en 6.5.7 las instalaciones de trituración, molienda, clasificación y beneficio de minerales y rocas.

6.5.9. También se considerará este caso para los astilleros, gradas y arsenales de construcción naval.

6.5.10. Las fábricas y talleres de explosivos, a los efectos de esta Norma, tendrán consideración de estructuras industriales.

## 6.6. OBRAS DIVERSAS

6.6.1. *Estaciones de transformación, interconexión y distribución de energía eléctrica.*—Es preceptivo aplicar la Norma cuando se trata de instalaciones situadas en las zonas B y C de 2.1.

6.6.1.1. Si los elementos del parque de transformación, tales como pórticos, chasis, etc., están dimensionados para resistir los efectos del viento, manguitos de hielo y roturas de cables, no es necesario tener en cuenta las acciones sísmicas. En caso contrario se hará una comprobación a los efectos sísmicos para un período de riesgo de ciento cincuenta años, y se tomarán los correspondientes coeficientes del terreno, cimentación, etc.

6.6.1.2. Los transformadores se anclarán para eliminar o limitar sus desplazamientos, con dispositivos capaces de resistir la acción sísmica horizontal resultante en cualquier dirección.

## 6.6.2. Bocaminas:

6.6.2.1. Serán aplicables las prescripciones para revestimientos y emboquillamientos de túneles de los epígrafes 5.2.10.1 y 5.2.10.2.

6.6.2.2. A los castilletes y demás instalaciones de bocamina se aplicarán los epígrafes de obras similares, de conformidad con lo prevenido en 3.11, 6.5 o 6.6.1, según proceda.

6.6.3. *Hangares.*—Aun cuando su cálculo a la acción del viento, en general, puede ser suficiente protección sismorresistente, deberá comprobarse la no coincidencia de períodos propios de los elementos constructivos parciales y del total de la construcción con el período preponderante debido al terremoto. En caso de coincidencia o proximidad de los períodos indicados se estará a lo prevenido en 6.6.3.1.

6.6.3.1. En caso de coincidencia o proximidad de los períodos indicados en 6.6.3 y en función de las consecuencias de su destrucción para los hangares situados en zona C (de 2.1), se harán estudios más detallados.

6.6.4. *Polvorines.*—Se considerarán incluidos en las especificaciones que les correspondan, según el tipo de su construcción.

6.6.4.1. Son aplicables, específicamente, los epígrafes 6.4.2.2, 6.4.2.3 y 6.4.4.2.

6.6.4.2. El coeficiente sísmico deberá deducirse con el factor de intensidad que corresponde a un período de riesgo no menor de trescientos años, tanto para los polvorines situados en zona B como para los ubicados en zona C. Para los emplazados en zona A será obligatorio un coeficiente sísmico deducido para un período de riesgo de cien años.

6.6.5. *Casos espectaculares.*—Es rigurosamente preceptivo aplicar muy cuidadosamente esta Norma en todas las construcciones, instalaciones y sus servicios anejos, que estén destinados a los usos siguientes:

- i) aeropuertos, sus accesos y pistas;
- ii) establecimientos científicos, laboratorios de ensayos de metrología, metrotecnia e investigación, observatorios y estaciones de seguimiento y auxilio a la navegación aérea y marítima;
- iii) estaciones de amarre y arranque de cables submarinos;
- iv) emisoras de radiodifusión y televisión, repetidores y re-levadores de telecomunicación;
- v) estaciones de material de tracción y de autobuses terminales y anclajes de transbordadores y teleféricos;
- vi) arsenales y parques de armamento, municionamiento, material de zapadores, transmisiones, tren, bagajes y efectos destinados a la defensa y salvamento;
- vii) centros de calculadoras electrónicas, mandos básicos de balizamiento, señalización y enclavamientos;
- viii) Recintos zoológicos y granjas de experimentación biológica y de elaboración de sueros y vacunas.

Esta relación es indicativa y no limitativa y deberá racionalmente hacerse extensiva a casos similares.

6.6.5.1. Para las partes esenciales de las obras comprendidas en los casos anteriores se considerará la clasificación especificada en el epígrafe 1.5, tipo iii).

6.6.5.2. Para las restantes partes de las construcciones e instalaciones anteriores, se aplicará la norma con arreglo a la clasificación del tipo ii), del epígrafe 1.5.



## ANEJO UNICO

## ESCALA OFICIAL MACROSISMICA

## I.—Tipos de construcción cuyo proyecto no sigue normas sismo-resistentes

## A.—CONSTRUCCIONES RURALES

- i) Bloques de piedra en seco, sin trabar; piedras y barro como argamasa; adobes;
- ii) Canto rodado y barro, formando hormigones; tapial ordinario; piedra aparejada con trabazón a hueso; ladrillo de tejar cogido con argamasa pobre

## B.—CONSTRUCCIONES ORDINARIAS

- i) Tapial real; hormigón en masa; fábrica de ladrillo, mampostería o bloques prefabricados; sillarejos y sillería.
- ii) Estructuras de pilares de hormigón o hierro y forjados cerámicos.

## C.—CONSTRUCCIONES REFORZADAS

- i) Fábricas reforzadas con elementos elásticos, de acero o de hormigón armada.
- ii) Estructuras de hormigón armado y metálicas de nudos soldadas o roblonadas, sin consideración especial de simetría.

## II.—Definición de cantidad

Pocos o muy pocos .....	5 % aproximadamente
Mucho o muchos .....	50 %
La mayor parte o la mayoría .....	75 %

## III.—Clasificación de los daños

Clase 1.—*Daños ligeros*: fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revoco.

Clase 2.—*Daños moderados*: grietas pequeñas en los muros, caída de grandes trozos de revoco, derrumbamiento de pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamiento parciales en las mismas.

Clase 3.—*Daños graves*: grandes y profundas grietas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos que no provocan ruina grave.

Clase 4.—*Destrucción acentuada*: brechas en los muros de carga, derrumbamiento parcial de los edificios, pérdida de cohesión entre distintas partes o secciones de las construcciones, desmoronamiento de paredes interiores y muros, constituyendo ruina grave.

Clase 5.—*Colapso*: ruina completa de la construcción o de sus partes vitales.

## IV.—Referencias de la escala

Respecto a:

- a) las personas y sus circunstancias.
- b) las construcciones de todas clases.
- c) la naturaleza.

## V.—Intensidad

Se describen únicamente los grados VI, VII, VIII y IX.

## GRADO VI

a) Lo sienten la mayoría de las personas tanto dentro como fuera de las casas. Mucha gente sale a la calle atemorizada. Algunas personas llegan a perder el equilibrio. Los animales domésticos salen de sus establos.

En algunas ocasiones la vajilla y la cristalería pueden llegar a romperse: los libros caen de sus estantes; los cuadros se mueven y los objetos inestables vuelcan. Los muebles pesados pueden llegar a moverse. Las campanas pequeñas de torres y campanarios pueden sonar.

b) Se producen daños de la clase 2 en algunas construcciones de tipo A.

Idem id. de la clase 1 en algunas construcciones de tipo B. y en bastantes de tipo A.

c) En algunos casos pueden abrirse grietas en suelos húmedos de hasta un centímetro de ancho. Corrimientos ocasionales en las montañas. Se observan cambios en el caudal de los manantiales y en el nivel de agua en los pozos.

## GRADO VII

a) La mayoría de la gente está atemorizada y corre a la calle. Muchos tienen dificultad para mantenerse en pie. Las vibraciones son sentidas por personas que conducen automóviles. Suenan las campanas grandes.

b) Muchas construcciones de tipo A sufren daños de la clase 3 y algunas hasta de la clase 4.

Muchas construcciones de tipo B sufren daños de la clase 2.

Algunas construcciones de tipo C muestran daños de la clase 1.

c) En casos singulares hay deslizamientos en carreteras de pendientes acusadas, se producen daños en las uniones de los oleoductos y aparecen grietas en paredes de piedra.

Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango. Cambia el nivel de los pozos y el caudal de los manantiales. En algunos casos vuelven a manar manantiales que estaban secos y se secan otros que manaban. Se pueden producir fisuras en el terreno y derrames en bancos de arena o gravilla.

## GRADO VIII

a) Miedo y pánico general. Las personas que conducen automóviles también sufren trastornos. En varios lugares se desgajan las ramas de los árboles. Incluso los muebles pesados se desplazan y llegan a volcar. Las lámparas colgadas sufren daños parciales.

b) Muchas construcciones de tipo A sufren daños de la clase 4, y la mayoría de la clase 3.

Muchas construcciones de tipo B sufren daños de la clase 3, y algunas, de la clase 2.

Bastantes construcciones de tipo C sufren daños de la clase 2.

En ocasiones se produce la rotura de algunas juntas de un oleoducto o de una conducción de otro tipo. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se derrumban paredes de piedra.

c) Pequeños corrimientos en carreteras, en trinchera o en terraplén, con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo, de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos, cambia el caudal y el nivel de agua.

## GRADO IX

a) Pánico general. Daños considerables en el mobiliario. Los animales corren confusamente y emiten sus sonidos peculiares.

b) Prácticamente todas las construcciones del tipo A experimentan daños de la clase 5.

Muchas construcciones de tipo B sufren daños de la clase 4, y algunas de la clase 5.

Muchas construcciones de tipo C sufren daños de la clase 3, y algunas hasta de la clase 4.

Caen monumentos y columnas. Daños considerables en depósitos de líquidos. Se rompen parcialmente las construcciones subterráneas. En casos particulares, los carriles del ferrocarril se curvan y las carreteras se dañan.

c) Se observa con frecuencia que se producen extrusiones de agua, arena y fango en los terrenos llanos. Se abren grietas en el terreno de hasta 10 centímetros de ancho, y de más de 10 centímetros en las pendientes y en las márgenes de los ríos. Hay, además, numerosas grietas pequeñas en el suelo. Desprendimientos de rocas y aludes. Muchos corrimientos de tierras. Grandes olas en lagos y embalses. Se renuevan pozos secos y se secan otros existentes.

## COMENTARIOS DEL ANEJO

Adaptación de la escala internacional MSK, recomendada de adopción por la Reunión Intergubernamental de Sismología e Ingeniería Sísmica de la UNESCO; París, abril de 1964.

I. Se definen tipos muy genéricos, sobre los que convendrá hacer estudios experimentales y estadísticos en localidades representativas, para que puedan servir de base para las evaluaciones de las clases de daños.

A. Las construcciones de este tipo deberían estar proscritas en zonas de actividad sísmica.

II. En rigor, la estimación cuantitativa derivada de calificaciones macrosísmicas es siempre sumamente imprecisa.

III. Para poder matizar los daños de acuerdo con los tipos

de los elementos constructivos: materiales, ejecución, suelos, etcétera, es conveniente realizar estudios experimentales con material recogido en terremotos recientes.

IV. Estas referencias se utilizan en la descripción de cada uno de los grados de intensidad.

V. Ver comentario del epígrafe 2.7.

Grado VI.—Los grados inferiores no producen, en general, daños de consideración

Para el seguro de riesgo catastrófico, ver texto normativo 2.6.

Grado VII.—Para el seguro de riesgo catastrófico, ver texto normativo 2.6.

Grado IX.—Aunque la escala internacional llega hasta el grado XII, no se dan aquí los superiores al IX, porque la descripción de los efectos que producen, así como sus características técnicas, están pendientes de estudios especiales que se llevan a cabo en diversas partes del mundo.

*DECRETO 107/1969, de 30 de enero, por el que se reestructura la Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral.*

Habiendo cesado las causas que motivaron la creación de la Subdirección General del Instituto Geográfico y Catastral por Decreto noventa y dos/mil novecientos sesenta y cinco, de veintiuno de enero, confirmada con el artículo séptimo del Decreto doscientos cuarenta y cinco/mil novecientos sesenta y ocho, de quince de febrero, se considera necesario, siguiendo la política de reducción del gasto público establecida en el Decreto dos mil setecientos sesenta y cuatro/mil novecientos sesenta y siete, de veintisiete de noviembre, suprimir la expresada Subdirección General.

En su virtud, a propuesta del Vicepresidente del Gobierno y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día diez de enero de mil novecientos sesenta y nueve,

#### DISPONGO:

Artículo primero.—Queda suprimida la Subdirección General del Instituto Geográfico y Catastral, creada por el Decreto noventa y dos/mil novecientos sesenta y cinco, de veintiuno de enero, y confirmada por el artículo séptimo del Decreto doscientos cuarenta y cinco/mil novecientos sesenta y ocho, de quince de febrero.

Artículo segundo.—Se deroga el Decreto noventa y dos/mil novecientos sesenta y cinco, de veintiuno de enero, y se modifica el artículo séptimo del Decreto doscientos cuarenta y cinco/mil novecientos sesenta y ocho, de quince de febrero, en lo que se oponga a lo establecido en el presente Decreto (apartado uno. Uno.).

Así lo dispongo por el presente Decreto, dado en Madrid a treinta de enero de mil novecientos sesenta y nueve

FRANCISCO FRANCO

El Vicepresidente del Gobierno,  
LUIS CARRERO BLANCO

*ORDEN de 28 de enero de 1969 por la que se declaran en vigor las normas de la Ayuda Familiar para los funcionarios procedentes de la Zona Norte de Marruecos a que se refiere la Orden de esta Presidencia de 15 de enero de 1958.*

Ilustrísimos señores:

Continuando las causas que motivaron la Orden de esta Presidencia del Gobierno de 15 de enero de 1958, publicada en el «Boletín Oficial del Estado» número 22, del día 25 siguiente, he tenido a bien disponer:

Artículo 1.º Quedan en vigor para el periodo actual correspondiente al año 1969 las normas dictadas por la Orden de esta Presidencia del Gobierno de 15 de enero de 1958, sobre presentación de solicitudes de ayuda familiar por los funcionarios procedentes de la antigua Zona de Protectorado de España en Marruecos.

Art. 2.º El artículo 3.º de la expresada Orden queda modificado en el sentido de que a las solicitudes formuladas deberán acompañar en todo caso declaración jurada de los interesados de la última ayuda familiar que le fue concedida por los Organismos de la Administración del disuelto Protectorado de España o de la Zona Norte de Marruecos, cuando no les

sea posible acompañar las declaraciones que obren en poder de las Habilitaciones y Pagadurías por donde venían percibiendo la expresada ayuda familiar, así como la diligencia en la que conste la baja en la percepción de dicho beneficio y la fecha hasta que les fué abonado.

Lo digo a VV. II. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a VV. II.

Madrid, 28 de enero de 1969.

CARRERO

Ilmos. Sres. Subsecretarios de los Ministerios Civiles.

## MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES

*TRATADO sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes.*

*Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes*

Los Estados Partes en este Tratado,

Inspirándose en las grandes perspectivas que se ofrecen a la humanidad como consecuencia de la entrada del hombre en el espacio ultraterrestre,

Reconociendo el interés general de toda la humanidad en el progreso de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos.

Estimando que la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre se debe efectuar en bien de todos los pueblos, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico,

Deseando contribuir a una amplia cooperación internacional en lo que se refiere a los aspectos científicos y jurídicos de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

Estimando que tal cooperación contribuirá al desarrollo de la comprensión mutua y al afianzamiento de las relaciones amistosas entre los Estados y los pueblos,

Recordando la resolución 1962 (XVIII), titulada «Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre», que fué aprobada unánimemente por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 13 de diciembre de 1963,

Recordando la resolución 1884 (XVIII), en que se insta a los Estados a no poner en órbita alrededor de la Tierra ningún objeto portador de armas nucleares u otras clases de armas de destrucción en masa, ni a emplazar tales armas en los cuerpos celestes, que fué aprobada unánimemente por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 17 de octubre de 1963,

Tomando nota de la resolución 110 (II), aprobada por la Asamblea General el 3 de noviembre de 1947, que condena la propaganda destinada a provocar o alentar, o susceptible de provocar o alentar cualquier amenaza a la paz, quebrantamiento de la paz o acto de agresión, y considerando que dicha resolución es aplicable al espacio ultraterrestre,

Convencidos de que un Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, promoverá los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas,

Han convenido en lo siguiente:

#### ARTÍCULO I

La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad.

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estará abierto para su exploración y utilización a todos los Estados, sin discriminación alguna, en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional, y habrá libertad de acceso a todas las regiones de los cuerpos celestes.