

2014

NORMAS Y ESPECIFICACIONES
PARA ESTUDIOS, PROYECTOS,
CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES

VOLUMEN 4
Seguridad Estructural

TOMO I
Disposiciones y Criterios Generales

VOLUMEN 4. SEGURIDAD ESTRUCTURAL.
TOMO I. NORMAS DE DISPOSICIONES Y CRITERIOS
GENERALES.

ÍNDICE.

NOTACIÓN.....	2
1. DISPOSICIONES GENERALES	2
1.1 Alcance	3
1.2 Proyecto estructural	3
1.3 Anteproyecto estructural	3
1.4 Proyecto estructural definitivo	4
2. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES SEGÚN SU DESTINO	2
3. CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL.....	4
3.1 Estados limite	5
3.1.1 Estado límite de falla	5
3.1.2 Estado límite de servicio	5
3.2 Resistencia de diseño	5
3.2.1 Determinación de resistencias de diseño.....	5
3.3 Condiciones de diseño	6
3.4 Factores de carga	6
3.5 Estados limite de servicio	6
3.5.1 Desplazamientos	6
3.5.2 Vibraciones	7
3.5.3 Otros estados limite.....	7
4. ACCIONES DE DISEÑO.....	7
4.1 Intensidades de diseño	8
4.2 Combinaciones de acciones	8
4.3 Determinación de los efectos de las acciones	9
4.4 Determinación de Acciones No Especificadas.....	9
5. ACCIONES PERMANENTES	12
5.1 Cargas muertas.....	12
5.1.1 Valores nominales de las cargas muertas.....	12
5.1.2 Peso muerto de losas de concreto	12
5.2 Empujes estáticos de tierras y líquidos	12
6. ACCIONES VARIABLES	12

6.1 Cargas vivas	12
6.1.1 Disposiciones generales.....	13
6.1.2 Cargas vivas transitorias	13
6.1.3 Cambios de uso	14
6.2 Cambios de temperatura.....	14
6.3 Deformaciones impuestas	14
6.4 Vibraciones de maquinaria.....	15
7. RESISTENCIA	15
7.1 Resistencia de diseño	15
7.2 Procedimiento experimental	15
7.3 Evaluación de la seguridad estructural	15
7.4 Factores de reducción de resistencia	15
8. OBSERVACIONES	16

NOTACIÓN.

Cada símbolo empleado en estas especificaciones para el análisis sísmico se define donde aparece por primera vez.

- A Área tributaria, m²
- c_t Coeficiente de dilatación térmica.
- E Módulo de elasticidad, kg/cm²
- F_C Factor de carga.
- W Carga viva unitaria media, kg/m²
- W_a Carga viva unitaria instantánea, kg/m²
- W_m Carga viva unitaria máxima, kg/m²
- Δ_t Incremento de temperatura, °C.
- F_{AE} Factor de área efectiva de muros de carga.
- F_i Fuerza lateral que actúa en el i-ésimo nivel.
- ν Relación de Poisson.

1. DISPOSICIONES GENERALES.

El Volumen 4 relativo a Seguridad Estructural, está integrado por siete tomos o partes y en ellos se registra la normatividad técnica relativa a las especificaciones, diseño y cálculo de estructuras destinadas a la construcción de Infraestructura Física Educativa, puntualizando que esta normatividad técnica es de observancia obligatoria en los términos que marca la Ley General de la Infraestructura Física Educativa (publicada el 1 de febrero del 2008) siendo aplicable a todas las edificaciones y espacios que formen parte integrante de un plantel escolar, independientemente del uso particular al que esté destinado.

La Normatividad Técnica consignada en el Volumen 4, es una selección de Normas y Especificaciones Técnicas tomadas de diversos documentos oficiales vigentes y comprende una serie de reglas y principios de carácter no limitativo, aplicables específicamente a la construcción de espacios y edificaciones escolares que pueden ser emplazadas en cualquier localidad del territorio nacional y que por su importancia y naturaleza se

clasifican dentro Grupo A (construcciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas) y que por ello deberán brindar a la población usuaria un nivel de seguridad óptimo y que adicionalmente en un eventual caso de desastre puedan estas, utilizarse como albergues o refugios de carácter temporal en la zona afectada. Así mismo se introducen algunos criterios que ha establecido este Instituto como producto de la experiencia adquirida en la construcción de este tipo de inmuebles.

Para la selección de las normas pertinentes relativas a Seguridad Estructural, y atendiendo las particularidades propias de los espacios y edificaciones destinadas a la educación, se tomaron básicamente los siguientes documentos:

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal publicada en enero del 2004.
- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, publicadas en octubre del 2004.
- Manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad. Diseño por Sismo, publicado en octubre de 1993.
- Manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad. Diseño por Viento, publicado en octubre de 1993.

1.1 ALCANCE.

Este documento tiene los siguientes objetivos:

- a) Definir las acciones que pueden obrar sobre las construcciones, así como sus posibles efectos sobre ellas y la forma de tomarlos en cuenta para fines de diseño estructural.
- b) Establecer las condiciones de seguridad y de servicio que deberán revisarse al realizar el diseño estructural de una construcción, así como los criterios de aceptación relativos a

cada una de dichas condiciones, de manera de satisfacer lo estipulado en el artículo 147 del reglamento.

- c) Establecer las combinaciones de acciones que deberán suponerse aplicadas simultáneamente para revisar cada una de las condiciones de seguridad y servicio establecidas de acuerdo con lo que se menciona en el inciso anterior.

1.2 PROYECTO ESTRUCTURAL.

El proyecto y cálculo de las estructuras deberá satisfacer los requisitos de seguridad que una construcción ha de ofrecer durante su vida útil, para evitar cualquier estado límite de falla y proporcionar un comportamiento adecuado, sin rebasar ningún estado límite de servicio en condiciones normales de operación. El diseño y cálculo de la estructura y de cada uno de los elementos que la integran, estará basado en el método de los estados límites de falla o en cualquier otro método reconocido que apruebe previamente el INIFED. En cualquier caso el proyecto estructural comprenderá dos etapas:

1.3 ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL.

Contemplará algunas soluciones estructurales para el anteproyecto arquitectónico, y proporcionará los tipos de estructura posible o factible, opciones de cimentación y las escuadrías preliminares de los miembros estructurales. El anteproyecto estructural incluirá como mínimo los siguientes conceptos:

- a) Alternativas de tipos de cimentación y de estructuración, con las especificaciones generales de los materiales estructurales.
- b) Plantas generales y escuadrías preliminares de los miembros estructurales.
- c) Memoria de cálculo del anteproyecto estructural.

1.4 PROYECTO ESTRUCTURAL DEFINITIVO.

Contemplará la solución estructural del proyecto arquitectónico, definiendo con precisión la cimentación, la estructura y los detalles necesarios para la correcta ejecución de la obra; deberán contener las especificaciones y resistencias de todos los materiales estructurales a utilizar. El proyecto estructural incluirá como mínimo los siguientes conceptos:

- a) Plano(s) estructural(es) de la cimentación: estos deberán contener: detalles de excavaciones, anchos de cimentación y cepas, nivel(es) y profundidad(es) de desplante, capacidad de carga del suelo, zona sísmica considerada conforme al reglamento de las construcciones local y/o la Regionalización Sísmica de la República Mexicana según el Manual de diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo de la CFE vigente.
- b) Planos estructurales de entrepiso(s) y azotea(s): en éstos se deberán consignar los valores considerados para cargas vivas según el destino de cada local o espacio.
- c) Cortes estructurales y detalles constructivos.
- d) Memoria detallada del cálculo estructural.
- e) Nombre y firma del responsable del proyecto estructural, en memoria de cálculo y planos.

2. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES SEGÚN SU DESTINO.

Según su uso, las construcciones se clasificarán en los siguientes grupos:

- a) **GRUPO A:** construcciones que requieren un alto grado de seguridad, cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud excepcionalmente altas, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas, inflamables o explosivas; así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de un sismo, o emergencia provocada por un desastre, tal como hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas, centrales de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas,

museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia.

- b) **GRUPO B:** construcciones que requieren un grado de seguridad intermedio, cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud intermedia o que pondrían en peligro otras construcciones de este grupo o del grupo A, tales como edificaciones destinadas a viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no clasificadas dentro del grupo A, las que se subdividen en:

- 1) **Subgrupo B1:** construcciones de más de 30 m de altura o con más de 6000 m² de área total construida, ubicada en suelos tipo I y II y construcciones de más de 15 m de altura o 3000 m² de área total construida, en suelos tipo III. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar a más de 200 personas.

- 2) **Subgrupo B2:** Las demás construcciones de este grupo.

- c) **GRUPO C:** construcciones en que es admisible un grado de seguridad bajo, cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud sumamente pequeña y no causaría normalmente daños a construcciones de los grupos A y B, ni pérdida de vidas.

3. CRITERIO DE DISEÑO ESTRUCTURAL.

Toda estructura y cada una de sus partes, deberán diseñarse para ofrecer una seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones mas desfavorables que pudieran presentarse durante su vida útil, además no se rebasará ningún estado límite de servicio ante las combinaciones de acciones que correspondan a las condiciones normales de operación.

3.1 ESTADOS LIMITE.

Se entenderá por estados límite, cualquier comportamiento de una estructura, o parte de ella, a partir del cual deja de cumplir con algunas de las funciones o requisitos para la que fue proyectada.

Se considerarán dos tipos de estado límite:

3.1.1 Estado límite de falla.

Se presentará con el agotamiento definitivo de la capacidad de carga de una estructura o de cualquiera de sus miembros; o por el hecho de que, sin agotar su capacidad de carga la estructura sufra daños irreversibles que afecten su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.

Se considerará que se presenta el estado límite de falla dúctil, cuando la capacidad de carga de la sección, elemento o estructura, se mantenga para deformaciones apreciables mayores que las existentes antes de alcanzar el estado límite.

Se considerará que se presenta el estado límite de falla frágil, cuando la capacidad de carga se reduzca bruscamente al alcanzarse el estado límite.

3.1.2 Estado límite de servicio.

Este tendrá lugar cuando la estructura llegue a estados de deformaciones, agrietamientos, vibraciones y/o daños que afecten el correcto funcionamiento de la construcción, aunque no se vea afectada su capacidad para soportar cargas.

Se considerarán como estados límite de servicio los siguientes:

- a) Deformaciones, que ocasionen daños inaceptables a la construcción o a las vecinas, o que causen interferencia con el funcionamiento de equipos instalaciones, drenajes y servicios públicos.

- b) Vibraciones, que afecten el funcionamiento de la construcción, que produzcan molestias o sensación de inseguridad en sus ocupantes.
- c) Grietas, desprendimientos, astillamientos, aplastamientos, torceduras y otros daños locales que afecten el funcionamiento de la construcción.

3.2 RESISTENCIA DE DISEÑO.

Se entenderá por resistencia la magnitud de una acción, o de una combinación de acciones, que provocaría la aparición de un estado límite de falla de la estructura o cualquiera de sus componentes.

En general, la resistencia se expresará en términos de la fuerza interna, o combinación de fuerzas internas, que corresponden a la capacidad máxima de las secciones críticas de la estructura.

Se entenderá por fuerzas internas las fuerzas axiales y cortantes y los momentos de flexión y torsión que actúan en una sección de la estructura.

3.2.1 Determinación de resistencias de diseño.

La determinación de la resistencia podrá llevarse a cabo por medio de ensayos diseñados para simular, en modelos físicos de la estructura o de porciones de ella, el efecto de las combinaciones de acciones que deban considerarse de acuerdo con las secciones 3.3 y 3.4.

Cuando se trate de estructuras o elementos estructurales que se produzcan en forma industrializada, los ensayos se harán sobre muestras de la producción o de prototipos. En otros casos, los ensayos podrán efectuarse sobre modelos de la estructura en cuestión.

La selección de las partes de la estructura que se ensayen y del sistema de carga que se aplique deberá hacerse de manera que se obtengan las condiciones más desfavorables que puedan presentarse en la práctica, tomando en cuenta la interacción con otros elementos estructurales.

Con base en los resultados de los ensayos, se deducirá una resistencia de diseño, tomando en cuenta las posibles diferencias entre las propiedades mecánicas y geométricas medidas en los especímenes ensayados y las que puedan esperarse en las estructuras reales.

El tipo de ensaye, el número de especímenes y el criterio para la determinación de la resistencia de diseño se fijará con base en criterios probabilísticos y deberán ser aprobados por el INIFED, el cual podrá exigir una comprobación de la resistencia de la estructura mediante una prueba de carga de acuerdo lineamientos previamente establecidos.

3.3 CONDICIONES DE DISEÑO.

Se revisará que para las distintas combinaciones de acciones especificadas en la sección 4.2 y para cualquier estado límite de falla posible, la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en la combinación de cargas en estudio, multiplicado por los factores de carga correspondientes, según lo especificado en la sección 3.4.

También se revisará que no se rebase ningún estado límite de servicio bajo el efecto de las posibles combinaciones de acciones, sin multiplicar por factores de carga.

3.4 FACTORES DE CARGA.

Para determinar el factor de carga, F_C , se aplicarán las reglas siguientes:

- a) Para combinaciones que incluyan exclusivamente acciones permanentes y variables, se aplicará un factor de carga de 1.4. Cuando se trate de edificaciones del Grupo A, el factor de carga para este tipo de combinación se tomará igual a 1.5;

- b) Las construcciones escolares, independientemente del destino de los locales y espacios que contengan (aulas, oficinas, laboratorios, talleres, anexos, etc.) invariablemente se clasificarán dentro del Grupo A.
- c) Para combinaciones de acciones que incluyan una acción accidental, además de acciones permanentes y variables, se tomará un factor de carga de 1.1 aplicado a los efectos de todas las acciones que intervengan en la combinación;
- d) Para acciones o fuerzas internas cuyo efecto sea favorable a la resistencia o estabilidad de la estructura, el factor de carga se tomará igual a 0.9; además, se tomará como intensidad de la acción el valor mínimo probable de acuerdo con la sección 4.1 inciso e; y
- e) Para revisión de estados límite de servicio se tomará en todos los casos un factor de carga unitario.

3.5 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.

3.5.1 Desplazamientos.

En las edificaciones comunes sujetas a acciones permanentes o variables, la revisión del estado límite de desplazamientos se cumplirá si se verifica que no exceden los valores siguientes:

- a) Un desplazamiento vertical en el centro de traveses en el que se incluyen efectos a largo plazo, igual al claro entre 240 más 5 mm; además, en miembros en los cuales sus desplazamientos afecten a elementos no estructurales, como muros de mampostería, que no sean capaces de soportar desplazamientos apreciables.

Se considerará como estado límite a un desplazamiento vertical, medido después de colocar los elementos no estructurales, igual al claro de la trabe entre 480 más 3 mm.

Para elementos en voladizo los límites anteriores se duplicarán.

- b) Un desplazamiento horizontal relativo entre dos niveles sucesivos de la estructura, igual a la altura del entrepiso dividido entre 500, para edificaciones en las cuales se hayan unido los elementos no estructurales capaces de sufrir daños bajo pequeños desplazamientos; en otros casos, el límite será igual a la altura del entrepiso dividido entre 250.

Para diseño sísmico o por viento se observará lo dispuesto en las normas correspondientes.

3.5.2 Vibraciones.

Las amplitudes tolerables de los desplazamientos debidos a vibraciones no podrán exceder los valores establecidos en la cláusula 3.5.1. Además, deberán imponerse límites a las amplitudes máximas de las vibraciones, de acuerdo con su frecuencia, de manera de evitar condiciones que afecten seriamente la comodidad de los ocupantes o que puedan causar daños a equipo sensible a las excitaciones citadas.

3.5.3 Otros estados límite.

Además de lo estipulado en las secciones anteriores, se observará lo que dispongan las Normas técnicas complementarias relativas a los distintos tipos de estructuras y a los estados límite de servicio de la cimentación.

4. ACCIONES DE DISEÑO.

En el diseño de las estructuras deberá considerarse el efecto combinado de las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir en forma simultánea.

Se considerarán tres categorías de acciones de acuerdo a la duración en que actúan sobre la estructura con su intensidad máxima:

- a) **Acciones permanentes:** son las que actúen en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad puede

considerarse que no varía sustancialmente con el tiempo. Comprenderán:

- 1) La carga muerta, debida al peso propio de la estructura y de los elementos constructivos no estructurales, incluyendo el peso de acabados, recubrimientos, cancelerías, instalaciones, equipos fijos y de otros elementos no estructurales que pudieran colocarse posteriormente.
- 2) Los empujes estáticos permanentes de tierra, rellenos o de líquidos.
- 3) Las deformaciones y los desplazamientos inducidos o impuestos a la estructura tales como los debidos a preesfuerzo, o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos.

- b) **Acciones variables:** son las que obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Comprenderán:

- 1) La carga viva, debida a las fuerzas gravitacionales producidas durante el uso, ocupación y operación de la construcción, éstas obran en la estructura y no tienen carácter permanente. Su intensidad varía en función del tiempo.
- 2) Los efectos causados por los cambios de temperatura y por las contracciones de los materiales.
- 3) Las deformaciones inducidas o impuestas y los hundimientos diferenciales que varíen con el tiempo.
- 4) Los efectos de maquinaria y equipos no fijos, incluyendo, cuando sean significativas, las acciones dinámicas debidas a vibraciones, impacto y frenaje.

- c) **Acciones Accidentales:** son las que pueden alcanzar magnitudes significativas sólo durante lapsos breves y que no se deben al funcionamiento propio de la construcción.

Comprenderán:

- 1) Sismo, cuyas acciones dinámicas o sus equivalentes estáticas, se considerarán con lo fijado en el tomo II (Diseño por sismo), de este volumen.
- 2) Viento, Las acciones estáticas o dinámicas que se determinarán de acuerdo con lo señalado en el tomo III (Diseño por viento) de este volumen.
- 3) Las explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden ocurrir en casos extraordinarios y que no es necesario considerar dentro del cálculo estructural. Para este tipo de acciones, es necesario tomar en cuenta las precauciones pertinentes en el diseño de la cimentación, de la estructura y de los detalles constructivos, con el fin de evitar un comportamiento estructural indeseable en caso de ocurrir alguno de éstos.

4.1 INTENSIDADES DE DISEÑO.

Cuando deba considerarse en el diseño el efecto de acciones cuyas intensidades no estén especificadas en este reglamento ni en sus Normas Técnicas Complementarias, estas intensidades deberán establecerse siguiendo procedimientos aprobados por el INIFED y con base en los criterios generales siguientes:

- a) Para acciones permanentes se tomará en cuenta la variabilidad de las dimensiones de los elementos, de los pesos volumétricos y de las otras propiedades relevantes de los materiales, para determinar un valor máximo probable de la intensidad.

Cuando el efecto de la acción permanente sea favorable a la estabilidad de la estructura, se determinará un valor mínimo probable de la intensidad.

- b) De acuerdo con la combinación de acciones para la que se esté diseñando, en cada acción variable se considerarán las siguientes intensidades posibles:

- 1) Intensidad media, se estimará como el valor medio que puede tomar la acción en un lapso de varios años y cuyo valor nominal se sumará al de las acciones permanentes, para estimar efectos a largo plazo.
- 2) Intensidad instantánea, se determinará como el valor máximo probable en el lapso en que pueda presentarse una acción accidental y cuyo valor nominal se empleará para combinaciones que incluyan acciones permanentes y accidentales.
- 3) Intensidad máxima, se determinará como el valor máximo probable durante la vida esperada de la edificación y cuyo valor nominal se empleará en combinaciones que incluyan exclusivamente acciones permanentes.
- 4) Intensidad mínima, cuyo valor se tomará en sustitución del efecto de la acción que resulte favorable a la estabilidad de la estructura y que en lo general se toma igual a cero.

- c) Para las acciones accidentales se considerará como intensidad de diseño el valor que corresponde a un periodo de retorno de cincuenta años.

Las intensidades supuestas para las acciones no especificadas deberán justificarse en la memoria de cálculo y consignarse en los planos estructurales.

4.2 COMBINACIONES DE ACCIONES.

La seguridad de una estructura, deberá verificarse para el efecto combinado de las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente.

Se considerarán dos categorías de combinaciones:

- a) Acciones permanentes y variables: se considerarán las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables, de las cuales la más desfavorable se tomará con su intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea, o bien todas ellas con su intensidad media cuando se trate de evaluar efectos a largo plazo. Se revisarán todos los posibles estados límite, tanto de falla como de servicio.

Para la combinación de carga muerta más carga viva, se empleará la intensidad máxima de la carga viva de la sección 6.1, considerándola uniformemente repartida sobre toda el área.

Cuando se tomen en cuenta distribuciones de la carga viva más desfavorables que la uniformemente repartida, deberán tomarse los valores de la intensidad instantánea especificada en la mencionada sección; y

- b) Acciones permanentes, variables y accidentales: se considerarán las acciones permanentes, las variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en cada combinación.

En ambos tipos de combinación, las acciones se tomarán con sus intensidades nominales y sus efectos deberán multiplicarse por los factores de carga correspondientes, señalados en la sección 3.4.

Los criterios de diseño para cargas de viento y sismo, así como para el de cimentaciones, se presentan en las normas técnicas correspondientes. Se aplicarán los factores de carga que se presentan en la sección 3.4.

4.3 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES.

Las fuerzas internas y las deformaciones producidas por las acciones en las estructuras, se determinarán mediante alguno de los procedimientos reconocidos de análisis estructural.

4.4 DETERMINACIÓN DE ACCIONES NO ESPECIFICADAS.

Cuando en el diseño deban considerarse el efecto de acciones cuyas intensidades no están consideradas en las presentes normas, estas intensidades se deberán establecer tomando como base los siguientes criterios:

- a) Para acciones permanentes, se tomará en cuenta la variabilidad de las dimensiones de los elementos, de los pesos volumétricos y de las otras propiedades relevantes de los materiales para determinar un valor máximo probable de la intensidad.
Cuando el efecto de la acción permanente sea favorable a la estabilidad de la estructura, se determinará un valor mínimo probable de la misma.
- b) Para acciones variables, se determinarán las intensidades según lo especificado en la sección 4.1 inciso b que corresponden a las combinaciones de acciones para las que deba revisarse la estructura.
- c) Para las acciones accidentales se considerarán como intensidades de diseño, las especificadas en las secciones correspondientes a diseño por sismo y por viento.

Las intensidades no especificadas en estas normas y determinadas según los criterios anteriores, deberán justificarse en la memoria de cálculo correspondiente y consignarse en los planos estructurales.

Tabla No. 5.1 Pesos volumétricos de materiales constructivos.

MATERIAL		Peso volumétrico ton/m ³	
		Máximo	Mínimo
I Piedras naturales			
Areniscas (chilucas y canteras)	secas	2.45	1.75
	saturadas	2.50	2.00
Basaltos (piedra braza)	secas	2.60	2.35
	saturadas	2.65	2.45
Granito		3.20	2.40
Mármol		2.60	2.55
Pizarras	secas	2.80	2.30
	saturadas	2.85	2.35
Tepetates	secos	1.60	0.75
	saturados	1.95	1.30
Tezontles	secos	1.25	0.65
	saturados	1.55	1.15
II Suelos			
Arena de grano de tamaño uniforme	seca	1.75	1.40
	saturada	2.10	1.85
Arena bien graduada	seca	1.90	1.55
	saturada	2.30	1.95
Arcilla en su condición natural		1.50	1.20

Continuación Tabla No. 5.1

MATERIAL		Peso volumétrico ton/m ³	
		Máximo	Mínimo
III Piedras artificiales, concretos y morteros			
Concreto simple con agregados de peso normal		2.20	2.00
Concreto reforzado		2.40	2.20
Mortero de cal y arena		1.50	1.40
Mortero de cemento y arena		2.10	1.90
Aplanado de yeso		1.50	1.10
Tabique de barro macizo hecho a mano		1.50	1.30
Tabique macizo prensado		2.20	1.60
Bloque hueco de concreto ligero (volumen neto)		1.30	0.90
Bloque hueco de concreto intermedio (volumen neto)		1.70	1.30
Bloque hueco de concreto pesado (volumen neto)		2.20	2.00
Vidrio plano		3.10	2.80
IV Madera		Condición	Peso en ton/m³
Caoba	Seca	0.65	0.55
	Saturada	1.00	0.70
Cedro	Seco	0.55	0.40
	Saturado	0.70	0.50
Oyamel	Seco	0.40	0.30
	Saturado	0.65	0.55
Encino	Seco	0.90	0.80
	Saturado	1.00	0.80
Pino	Seco	0.65	0.45
	Saturado	1.00	0.80
V Recubrimientos		Peso en kg/m²	
Azulejo		15	10
Mosaico de pasta		35	25
Granito ó terrazo de:	20 x 20	45	35
	30 x 30	55	45
	40 x 40	65	55
Loseta asfáltica ó vinílica		10	5

5. ACCIONES PERMANENTES.

5.1 CARGAS MUERTAS.

Se considerarán como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

Para la evaluación de las cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales; para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sea más desfavorable para la estabilidad de la estructura considerar una carga muerta menor, como en el caso de volteo, flotación, lastre y succión producida por viento. En otros casos se emplearán valores máximos probables.

5.1.1 Valores nominales de las cargas muertas.

Para la determinación de los valores nominales de diseño de las cargas muertas, se emplearán los pesos unitarios señalados en la Tabla 5.1.

De conformidad con lo fijado en la sección 4.4 inciso a, se emplearán los valores mínimos para carga muerta, cuando éstos sean los más desfavorables para la estabilidad de la estructura, como en el caso de flotación, volteo, lastre y succión producida por el viento. En los otros casos se tomarán los valores máximos.

5.1.2 Peso muerto de losas de concreto.

El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en 20 kg/m².

Cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también 20 kg/m² de manera que el incremento total será de 40 kg/m².

Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

Estos aumentos no se aplicarán cuando el efecto de la carga muerta sea favorable a la estabilidad de la estructura.

5.2 EMPUJES ESTÁTICOS DE TIERRAS Y LÍQUIDOS.

Las fuerzas debidas al empuje estático de suelos se determinarán de acuerdo con lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.

Para valuar el empuje de un líquido sobre la superficie de contacto con el recipiente que lo contiene se supondrá que la presión normal por unidad de área sobre un punto cualquiera de dicha superficie es igual al producto de la profundidad de dicho punto con respecto a la superficie libre del líquido por su peso volumétrico.

6. ACCIONES VARIABLES.

6.1 CARGAS VIVAS.

Se considerarán cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. A menos que se justifiquen racionalmente otros valores, estas cargas se tomarán iguales a las especificadas en la cláusula 6.1.1, (ver tabla 6.1).

Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de mampostería o de otros materiales, ni el de muebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos.

Cuando se prevean tales cargas deberán cuantificarse y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada.

TABLA 6.1 Cargas vivas unitarias kg/m²

Destino del piso ó cubierta	w (media)	w _a (inst.)	w _m (máxima)	Obs.
a) Habitación (casas-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	70	90	170	1
b) Oficinas, despachos y laboratorios	100	180	250	2
c) Aulas	100	180	250	
d) Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)	40	150	350	(3) y (4)
e) Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450	(5)
f) Lugares de reunión (templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, salas de juego y similares)	40	250	350	(5)
g) Comercios, fábricas y bodegas	0.8w _m	0.9w _m	w _m	(6)
h) Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%	15	70	100	(4) y (7)
i) Cubiertas y azoteas con pendiente mayor de 5%; otras cubiertas, cualquier pendiente	5	20	40	(4) (7) y (8)
j) Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	15	70	300	(4)
k) Garajes y estacionamientos (para automóviles exclusivamente)	40	100	250	(9)

Las cargas vivas indicadas en esta tabla, se considerarán como uniformemente repartidas sobre el área tributaria de cada elemento.

Los valores adoptados deberán justificarse en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales.

6.1.1 Disposiciones generales.

Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:

- La carga viva máxima W_m se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.
- La carga instantánea W_a se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más

desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área.

- La carga media W se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas.
- Cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión de viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área, a menos que pueda justificarse otro valor de acuerdo con lo señalado en la sección 4.4.

6.1.2 Cargas vivas transitorias.

En el diseño, deberán considerarse las cargas transitorias, vivas y muertas, que pudieran presentarse durante el proceso de

construcción de la estructura, tales como el peso de los materiales que se almacenan temporalmente, el de los vehículos y equipo, el del colado de plantas superiores cuya cimbra se apoya en la planta que se analiza y del personal necesario, no siendo este último peso menor que 150 kg/m². Se considerará una concentración de 150 kg en el lugar más desfavorable.

6.1.3 Cambios de uso.

El propietario o poseedor será responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación, cuando produzca cargas muertas o vivas mayores o con una distribución más desfavorable que las del diseño aprobado.

6.2 CAMBIOS DE TEMPERATURA.

En los casos en que uno o más componentes o grupos de ellos en una construcción estén sujetos a variaciones de temperatura que puedan introducir esfuerzos significativos en los miembros de la estructura, estos esfuerzos deberán considerarse al revisar las condiciones de seguridad ante los estados límite de falla y de servicio de la misma, en combinación con los debidos a los efectos de las acciones permanentes.

Los esfuerzos debidos a variaciones de temperatura se calcularán como la superposición de dos estados de esfuerzo:

- a) Un estado inicial, el que se obtendrá suponiendo los esfuerzos internos que resultan de considerar impedidos los desplazamientos asociados a todos los grados de libertad del sistema.

En un miembro estructural tipo barra, es decir, que tenga dos dimensiones pequeñas en comparación con su longitud, este estado inicial consistirá en un esfuerzo axial igual al producto:

$$E c_t \Delta_t \tag{6.1}$$

donde E es el módulo de elasticidad del material, c_t es su coeficiente de dilatación térmica y Δ_t el valor del incremento de temperatura.

Este esfuerzo será de compresión si la variación de temperatura es positiva, y de tensión en caso contrario.

En un miembro estructural tipo placa, caracterizado por una dimensión pequeña en comparación con las otras dos, el estado inicial de esfuerzos corresponderá a un estado de esfuerzo plano isotrópico, caracterizado por una magnitud idéntica en cualquier dirección contenida en el plano medio del elemento considerado. Dicha magnitud es igual a

$$E \nu c_t \Delta_t / (E + \nu) \tag{6.2}$$

donde ν es la relación de Poisson del material y las demás variables se definieron antes.

Estos esfuerzos son de compresión si se trata de un incremento de temperatura y de tensión en caso contrario.

- b) Una configuración correctiva, que resulte de suponer que sobre la estructura actúa un conjunto de fuerzas iguales en magnitud a las que se requiere aplicar externamente a la misma para impedir los desplazamientos debidos a los esfuerzos internos del estado inicial, pero con signo contrario.

6.3 DEFORMACIONES IMPUESTAS.

Los efectos de las deformaciones impuestas sobre una estructura, tales como las causadas por asentamientos diferenciales de los apoyos o alguna acción similar, se obtendrán mediante un análisis estructural que permita determinar los estados de esfuerzos y deformaciones que se generan en los miembros de dicha estructura cuando se aplican sobre sus apoyos las fuerzas necesarias para mantener las deformaciones impuestas, mientras los demás grados de libertad del sistema pueden desplazarse libremente.

Para fines de realizar este análisis, el módulo de elasticidad de cualquier miembro de la estructura podrá tomarse igual al que corresponde a cargas de larga duración. Los efectos de esta acción deberán combinarse con los de las acciones permanentes, variables y accidentales establecidas en otras secciones de estas Normas.

6.4 VIBRACIONES DE MAQUINARIA.

En el diseño de toda estructura que pueda verse sujeta a efectos significativos por la acción de vibración de maquinaria, sea que esta se encuentre directamente apoyada sobre la primera, o que pueda actuar sobre ella a través de su cimentación, se determinarán los esfuerzos y deformaciones causados por dichas vibraciones empleando los principios de la dinámica estructural. Las amplitudes tolerables de tales respuestas no podrán tomarse mayores que las establecidas en la cláusula 3.5.2.

7. RESISTENCIA.

Se entenderá por resistencia la magnitud de una acción, o de una combinación de acciones, que provoque la aparición de un estado límite de falla en una estructura o en cualquiera de sus componentes.

La determinación de la resistencia se expresará en términos de la fuerza interna o de la combinación de fuerzas internas producidas por las acciones.

7.1 RESISTENCIA DE DISEÑO.

La revisión de la seguridad de una estructura contra los estados límite de falla, se hará en términos de la resistencia de diseño.

Para la determinación de la resistencia de diseño, deberán seguirse los procedimientos analíticos basados en evidencia teórica y experimental, o los procedimientos experimentales fijados en la sección 7.2.

La resistencia de diseño, se tomará igual a la resistencia nominal por el factor de reducción de resistencia, determinado de acuerdo con lo fijado en la sección 7.4.

La resistencia nominal será tal, que la probabilidad de que no sea alcanzada resulte del dos por ciento (2%).

7.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

En casos especiales, la determinación de la resistencia podrá llevarse a cabo por medio de ensayos diseñados para simular en modelos físicos de la estructura o en parte de ella, el efecto de las combinaciones de acciones que deban considerarse de acuerdo con lo fijado en la sección 7.3.

Cuando se trate de estructuras o elementos estructurales que se produzcan en forma industrializada, los ensayos se harán sobre muestras de la producción o de prototipos, de manera que se apliquen las condiciones de carga más desfavorables que se puedan presentar durante la vida útil de la estructura o del elemento que se analiza.

Con los resultados obtenidos y tomando en cuenta las posibles variaciones geométricas y mecánicas entre los especímenes y los elementos producidos, se deducirá una resistencia nominal tal, que la probabilidad de que no sea alcanzada sea del dos por ciento (2%).

7.3 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL.

Una estructura cumple con los requisitos de seguridad y servicio, cuando la resistencia de diseño sea mayor o igual al efecto de las acciones nominales que intervengan en la combinación de cargas en estudio, multiplicadas por los factores de carga que correspondan, según lo fijado en la sección 3.4, y no rebase ningún estado límite de servicio, bajo el efecto de las posibles combinaciones de las acciones clasificadas en la sección 4.2.

7.4 FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA.

Los factores de reducción de resistencia, F_R , para elementos de concreto armado serán los siguientes:

a) Para flexión:

$$F_R = 0.9$$

b) Para cortante y torsión:

$$F_R = 0.8$$

c) En flexo compresión:

$F_R = 0.8$ cuando el núcleo esté confinado con un zuncho o un estribo o si el elemento falla en tracción.

$F_R = 0.7$ cuando el núcleo no esté confinado y el elemento falla en compresión.

8. OBSERVACIONES.

a) Para elementos con área tributaria mayor de 36 m², W_m se podrá reducir, tomando:

$$W_m = 100 + \frac{420}{\sqrt{A}} \quad (8.1)$$

siendo A = área tributaria en m².

Cuando sea más desfavorable, se considerará en lugar de W_m una carga de 500 kg aplicada sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica.

b) Para elementos con área tributaria mayor de 36 m², W_m se podrá reducir, tomando:

$$W_m = 110 + \frac{850}{\sqrt{A}} \quad (8.2)$$

siendo A = área tributaria en m².

Cuando sea más desfavorable, se considerará en lugar de W_m una carga de 1000 kg aplicada sobre un área de 50 x 50 cm en la posición más crítica.

c) En el diseño de pretilas de cubiertas, azoteas y barandales para escaleras, rampas, pasillos y balcones, se supondrá una carga viva horizontal no menor de 100 kg por metro lineal

actuando al nivel del pasamanos y en la dirección más desfavorable.

En estos casos, deberá darse particular atención a la revisión de los estados límite de servicio, principalmente a los relativos a vibración.

d) Atendiendo al destino del piso y con base a los criterios establecidos en la sección 4.4, se determinará el valor de la carga unitaria nominal W_m , la cual en ningún caso será menor a 350 kg/m², justificando su valor en la memoria de cálculo, señalando éste y su ubicación, tanto en los planos estructurales, como en las plantas de la construcción por medio de placas metálicas colocadas en lugares visibles.

e) Las cargas vivas especificadas para cubiertas y azoteas no incluyen las cargas producidas por tinacos de agua, tanques de gas, anuncios, ni las producidas por equipo u objetos pesados que se apoyen o se suspendan de la cubierta. Estas cargas deberán preverse por separado, justificando en la memoria de cálculo el valor de las mismas, consignando su magnitud y ubicación en los planos estructurales: adicionalmente, las cubiertas y azoteas deberán revisarse con una carga concentrada de 100 kg ubicada en la posición más crítica.

f) Además, y dependiendo de la región, en el fondo de los valles de techos inclinados, se considerará una carga, debida al granizo, de 30 kg por cada metro cuadrado de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle. Para fines de revisión, se considerará que este tipo de carga producirá una acción accidental a la que se le aplicará el factor de carga correspondiente.

g) Para tomar en cuenta el efecto de granizo, W_m se tomará igual a 100 kg/m² y se tratará como una carga accidental para fines de calcular los factores de carga. Esta carga no es aditiva a la que se menciona anteriormente ni en el inciso i) de la tabla 6.1.

h) Más una concentración de 1500 kg en el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.