

Estructuras: Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales

Preámbulo

Este Anteproyecto de Norma Técnica MINVU se estudió a través del Comité Técnico constituido en el Instituto de la Construcción a solicitud de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – DITEC – del Ministerio de Vivienda y Urbanismo para establecer los criterios mínimos para el diseño sísmico de sistemas y componentes no estructurales, los cuales están fijos permanentemente a las estructuras y de sus soportes y fijaciones.

En su elaboración se realizaron 9 reuniones entre el 13 de agosto y el 22 de octubre de 2010 y se tuvo en consideración tanto la experiencia chilena como la práctica internacional.

Este Anteproyecto de norma, una vez que entre en vigencia, reemplazará al actual Capítulo 8 de la norma NCh433.Of96.Modificada en 2009. En el intertanto, continuará siendo exigible la aplicación de la normativa vigente, pero se recomienda aplicar las disposiciones de esta norma.

Fue preparado por el Instituto de la Construcción y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes, las cuales tuvieron un porcentaje de participación igual o superior al 50%:

NTM 001

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Abarca C. Carmen	Instituto de la Construcción - Secretaria técnica
Asahi S. Tadashi	Cámara Chilena de la Construcción
Brunet B. Manuel	Cámara Chilena de la Construcción
Contreras A. Sergio	Colegio de Ingenieros de Chile A.G.
Calderón Guillermo	Ministerio de Vivienda y Urbanismo - DITEC
Eliash M. Alejandro	Cámara Chilena de la Construcción
Fritz D. Alexander	Pontificia Universidad Católica de Chile - PUC
Fuentes L. Héctor	Silentium
Hoyl L. Carolina	Silentium
López-García Diego	Pontificia Universidad Católica de Chile - PUC
Muñoz Ricardo	Empresas Busel
Navarrete F. Benjamín	Pontificia Universidad Católica de Chile - PUC
Santa Maria M. Ignacio	Cámara Chilena de la Construcción
Tapia S. Alejandra	KNAUF de Chile Ltda.
Retamales S. Rodrigo	Rubén Boroscchek y Asociados Ltda. - Presidente Comité
Villalobos Humberto	Gonzalo Santolaya Ingenieros Consultores S.A.

Además, en este Comité trabajarán 3 subcomité que sesionaron fuera del Instituto de la Construcción y en donde participaron además de los anteriores, las siguientes personas que se incorporaron a partir de la 5° sesión de este Comité:

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Alvarez R. Leonardo	Sociedad Industrial Romeral S.A. (1-10-2010)
Catoni S. Verónica	Hunter Douglas Chile S.A. (1-10-2010)
De María Rubén	Armstrong World Industries, Inc. (10-09-2010)
Fernández O. Ricardo	Volcán S.A. (03-09-2010)
Galleguillos Carolina	Silentium (1-10-2010)
Larraín Cecilia	Industrias Pizarreño S.A. (24-09-2010)
Penna Anna María	Volcán S.A. (10-09-2010)
Silva L. Guillermo	ACHIVAL (03-09-2010)

**Estructuras: Diseño sísmico de componentes y sistemas no
estructurales**

	Contenido	Página
1	ALCANCE DE LA NORMA	4
2	REFERENCIAS NORMATIVAS	4
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES	6
4	SÍMBOLOS	7
5	REQUISITOS GENERALES PARA EL DISEÑO	9
6	DEMANDAS SÍSMICAS EN COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	12
7	ANCLAJE DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	16
8	COMPONENTES ARQUITECTÓNICOS	17
9	COMPONENTES MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS	26

Estructuras: Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales

1 Alcance de la norma

Esta norma establece los criterios mínimos de diseño sísmico para componentes no estructurales que se encuentran fijados de manera permanente a los edificios y para sus soportes y fijaciones. Para esto, se toma en consideración la categoría de ocupación de la estructura y la importancia del componente según se indica en la Sección 5.0 de esta norma.

Esta norma, aplicada en conjunto con las normas chilenas de diseño sísmico estructural, está orientada a lograr componentes no estructurales cuyo desempeño sísmico sea compatible con el de la estructura en la cual están contenidos.

2 Referencias normativas

2.1 Los documentos referenciados siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

- NCh433 *Diseño sísmico de edificios*
- NCh2369 *Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*
- NCh2745 *Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica*
- ACI 318S-08 *Requisitos de reglamento para concreto estructural - American Concrete Institute*
- ASCE 7 *Minimum Design loads for buildings and other structures*
- AAMA 501.6 (2009) *Recommended Dynamic Test Method for Determining The Seismic Drift Causing Glass Fallout From a Wall System*
- ACI 355.2 *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary*

NTM 001

ACI 530-08/ASCE 5-08/TMS 402-08: 2008 *Building Code Requirements for Masonry Structures*

ASCE 5 *Building Code Requirements for Masonry Structures and Specification for Masonry Structures*

ASME A17.1 *Safety Code for Elevators and Escalators*

ASME B31 *Standards of Pressure Piping*

ASME BPVC (ASME BVPC 8-1 2010) *Rule for Construction of Pressure Vessels*

ASTM C635 (ASTM C635/C635M) *Standard Specification for the Manufacture, Performance, and Testing of Metal Suspension Systems or Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*

ASTM C636 (ASTM C636 / C636M – 08) *Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-In Panels*

ASTM E580 (ASTM E580 / E580M – 10) *Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions*

ETGI 1020 *Especificaciones Técnicas Generales Ingendesa – Diseño Sísmico*

ICC-ES AC 156 *Acceptance Criteria for Seismic Qualification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components and Systems*

MSS SP-58 (MSS SP-58-2002) *Pipe hangers and supports - materials, design and manufacture*

NFPA 13 *Standard for the installation of sprinkler systems*

2.2 Documentos de referencia. En los casos en los cuales un documento de referencia provea un criterio racional para el diseño sismorresistente de un tipo especial de componente no estructural, el uso de este documento está permitido, sujeto a la aprobación de un profesional competente, bajo las siguientes condiciones:

- a. Las fuerzas sísmicas de diseño deben ser iguales o mayores que aquellas indicadas en 6.1.
- b. El componente debe ser capaz de resistir o acomodar los desplazamientos sísmicos relativos indicados en la sección 6.2.
- c. La interacción sísmica del componente con otros componentes conectados y con la estructura soportante haya sido considerada en el diseño.
- d. Los requisitos para el diseño de los anclajes del componente sean iguales o más exigentes que aquellos indicados en la sección 7.

2.3 Combinación de solicitaciones sísmicas con otras solicitaciones. La combinación de las solicitaciones sísmicas con las cargas permanentes y sobrecargas de uso se debe hacer usando las reglas de superposición indicadas en NCh3171. La acción sísmica se considera como una carga eventual y, en general, no es necesario combinarla con otras cargas eventuales.

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1 agregados: elementos adosados a la estructura principal o a un componente o sistema no estructural.

3.2 anclajes mecánicos: fijación metálica instalada después de la construcción de la estructura resistente y capaz de transferir esfuerzos a un material base que sea capaz de resistirlos.

3.3 anclajes químicos: fijación metálica instalada después de la construcción de la estructura resistente y capaz de transferir esfuerzos a un material base que sea capaz de resistirlos ,mediante la adherencia de una resina colocada entre el elemento metálico y la pared de la perforación.

3.4 categoría de ocupación: clasificación de ocupación de edificios y otras estructuras de acuerdo a su importancia, uso y riesgo de falla, de acuerdo a NCh 433 Of. 96.

3.5 cielos directos: cielos donde la estructura portante de las placas está formada por una estructura portante oculta, que se fija directamente a la estructura, mediante anclajes directos o piezas especiales.

3.6 cielos suspendidos: se denomina de esta manera a un elemento arquitectónico que cuelga bajo una estructura resistente, y que cuenta con un sistema de suspensión propio.

3.7 cielos suspendidos modulares: todo cielo falso suspendido o colgado de una estructura superior, formado por placas o módulos de diferentes dimensiones y materiales, que pueda desmontarse para acceder al pleno, apoyadas en un sistema de perfiles o perfilería.

3.8 conectores: Elementos utilizados para unir 2 o más partes de un sistema constructivo.

3.9 coordinador de proyecto: arquitecto, ingeniero o constructor civil responsable de la coordinación de los proyectos y de verificar el cumplimiento de las normas y concordancias de los proyectos de las diferentes especialidades.

3.10 deriva: desplazamiento de la estructura relativo al suelo debido a una sollicitación sísmica.

3.11 componente no estructural: componente permanente que no forma parte de la estructura resistente pero que es afectado por sus movimientos y que interactúa con ella, tales como tabiques divisorios y elementos de fachada no intencionalmente estructurales,

NTM 001

ventanales, cielos falsos, antepechos, estanterías, elementos decorativos, luminarias, equipos mecánicos y eléctricos, etc.

3.12 componente no estructural flexible: componente no estructural cuyo período fundamental propio T_p , es mayor que 0,06 s, incluyendo el efecto del sistema de conexión a la estructura resistente del edificio.

3.13 componente no estructural rígido: componente no estructural que no satisface la definición de 3.12.

3.14 equipo mecánico o eléctrico: cualquier equipo que se encuentra anclado a la estructura resistente del edificio o que interactúe en cualquier forma con ella. Por ejemplo, estanques para gases y líquidos, sistemas de almacenamiento, cañerías, ductos, ascensores, montacargas y maquinaria fija de empleo habitual en edificios habitacionales o de uso público.

3.15 estructura resistente: conjunto de elementos diseñados por la especialidad de cálculo estructural para mantener la estabilidad de una estructura frente a todas las sollicitaciones a que pueda quedar expuesta durante su vida útil.

3.16 intradós: superficie inferior visible de un arco, bóveda.

3.17 parapetos: pared o baranda para evitar caídas.

3.18 peso sísmico: peso en operación del componente, sistema o equipo.

3.19 tabique solidario: componentes no estructurales verticales que deben seguir la deformación de la estructura resistente.

3.20 tabique flotante: componentes no estructurales verticales que se deforman independientemente de la estructura resistente.

3.21 profesional competente: arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor o constructor civil, a quienes, dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, les corresponda efectuar las tareas u obras a que se refiere la Ley General de Urbanismo y Construcciones y la presente Ordenanza (OGUC, Título 1: Disposiciones Generales Capítulo 1).

4 Símbolos

a_{me} = aceleración en el nivel de fijación del componente (en unidades de g), obtenida mediante análisis modal espectral considerando que el valor del factor de reducción (R^* en NCh433.Of96.Mod2009 y R_i en NCh2745.Of2003) es igual a la unidad

NTM 001

a_p	=	factor de amplificación dinámica, el cual varía entre 1,0 y 2,5, Tabla 2 o 3
a_{th}	=	aceleración en el punto de fijación del componente (en unidades de g), obtenida mediante análisis tiempo historia lineal de acuerdo a lo indicado en el Anexo A
g	=	aceleración de la gravedad, en cm/s^2
h	=	altura promedio del nivel de techo de la estructura con respecto a la base
h_x	=	altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior
h_y	=	altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior
z	=	altura del punto de fijación del componente en la estructura con respecto a la base. Para componentes ubicados al nivel de la base o bajo ella, se debe considerar $z = 0$.
A_x	=	factor de amplificación torsional determinado de acuerdo con la Ecuación 5
D_{clear}	=	desplazamiento horizontal relativo, medido en la altura del panel de vidrio considerado, el cual origina el contacto inicial del vidrio con el marco. Para paneles de vidrio rectangulares enmarcados en un muro rectangular
D_p	=	el desplazamiento sísmico relativo para el cual debe ser diseñado para concordar con 6.2.1
F_p	=	fuerza sísmica de diseño del componente no estructural
F_{pv}	=	fuerza sísmica vertical de diseño del componente no estructural
I	=	factor de importancia de la estructura determinado de acuerdo a la norma chilena NCh433.Of96.Mod2009
I_p	=	factor de importancia del componente, el cual varía entre 1,0 y 1,5, sección 5.0
K_p	=	rigidez combinada del componente, los apoyos y agregados determinada como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente
R	=	factor de modificación de la respuesta definido en NCh433.Of96.Mod2009
R^*	=	factor de modificación de la respuesta definido en NCh433.Of96.Mod2009
R_t	=	factor de modificación de la respuesta definido en NCh2745.Of2003
R_p	=	factor de modificación de respuesta del componente, el cual varía entre 1 y 8, Tabla 2 o 3
T_p	=	período fundamental del componente
W_p	=	peso del componente, en condiciones de operación
α_{AA}	=	parámetro del espectro de pseudo-aceleración de diseño, definido en el Decreto Supremo XXX que modifica la norma NCh433.Of96.Mod2009
δ_{avg}	=	valor promedio de los desplazamientos sísmicos laterales en los puntos extremos del nivel de fijación del componente, obtenido mediante análisis modal espectral
δ_{max}	=	máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente, obtenido mediante análisis modal espectral
δ_{xA}	=	desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel x
δ_{yA}	=	desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y
δ_{yB}	=	desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y
$\Delta_{fallout}$	=	desplazamiento sísmico relativo, medido entre los extremos del componente, para el cual se produce el desprendimiento del muro cortina, la fachada o la división, según se define en la sección 8.9.1

5 Requisitos generales para el diseño

5.0 El factor de importancia del componente, I_p , tendrá un valor igual a 1,5 cuando se cumpla cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Se requiere que el componente funcione después de un sismo para asegurar la protección de vidas humanas. Este grupo de componentes incluye sistemas de protección contra incendios, escaleras, vías de evacuación, entre otros.
- b) El componente transporta, soporta o contiene materiales tóxicos, altamente tóxicos o sustancias explosivas que puedan constituir una amenaza para las personas si se produce un escape.
- c) El componente está contenido en o fijado a una estructura con Categoría de Ocupación III o IV según se define en NCh433.Of96.Mod2009.
- d) El componente transporta, soporta o contiene sustancias peligrosas y está fijado a una estructura o a una parte de ella clasificada como de ocupación peligrosa, según se define en NCh433.Of96.Mod2009.
- e) Componentes y sistemas que sean necesarios para atender la emergencia y preservar la salud, seguridad y atención de la población después de un sismo, según lo indicado en la norma NM-03 Edificaciones Estratégicas.

A todos los demás componentes se les asignará un factor de importancia I_p igual a 1,0.

Excepciones. Se exceptúan de cumplir con esta norma los siguientes componentes no estructurales:

- a) Mobiliario no adosado a la estructura resistente, exceptuando estanterías y gabinetes de almacenamiento mencionados en la Tabla 2.
- b) Equipo temporal o móvil.
- c) Componentes mecánicos y eléctricos para los cuales son aplicables todas las condiciones siguientes:
 - c.1 El factor de importancia del componente I_p es igual a 1,0.
 - c.2 El componente está positivamente conectado a la estructura.
 - c.3 Se disponen conexiones flexibles entre el componente y los ductos, cañerías y tuberías eléctricas.
 - c.4 El componente pesa 90 N (9 kg) o menos o, en el caso de sistemas distribuidos, 70 N/m (7 kg/m) o menos.

5.1 Requisitos aplicables para elementos arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y elementos agregados. Los elementos arquitectónicos, mecánicos y eléctricos,

NTM 001

soportes y elementos agregados, deben cumplir con los requisitos establecidos en las secciones indicadas en la Tabla 1. Estos requisitos deben ser verificados por algunos de los siguientes métodos:

5.1.1 Diseño específico para el proyecto y documentación preparada y entregada para la aprobación del coordinador de proyecto, una vez revisado y aprobado por un profesional competente.

5.1.2 Entrega de la certificación que demuestre que el componente se encuentra calificado para un nivel de demanda sísmica igual o superior al establecido en esta norma mediante al menos uno de los siguientes procedimientos:

5.1.2.1 Análisis desarrollado por un profesional competente

5.1.2.2 Ensayos de acuerdo con la alternativa dispuesta en la sección 5.5.

5.1.2.3 Experiencia de acuerdo con la alternativa dispuesta en la sección 5.6.

Tabla 1 Requisitos Aplicables para Componentes Arquitectónicos, Mecánicos y Eléctricos, Soportes y Agregados

Sistema no estructural (componente, soporte, agregados)	Requisitos generales de diseño	Requisitos Fuerzas y Desplazamientos	Requisitos de fijación y anclaje	Requisitos para componentes arquitectónicos	Requisitos para componentes mecánicos y eléctricos
	Sección 5	Sección 6	Sección 7	Sección 8	Sección 9
Componentes arquitectónicos, incluyendo soportes y agregados	X	X	X	X	
Componentes mecánicos y eléctricos con $I_p > 1$	X	X	X		X
Soportes y agregados para componentes mecánicos y eléctricos	X	X	X		X

5.2 **Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos.** El coordinador de proyecto deberá exigir la entrega de las certificaciones para componentes no estructurales específicos, de acuerdo a lo siguiente:

5.2.1 Los equipos mecánicos y eléctricos que deben desempeñar funciones activas y permanecer operativos después del sismo de diseño deben ser certificados como

NTM 001

operativos por el proveedor. La certificación puede ser obtenida por medio de ensayos efectuados en mesa vibradora de acuerdo a lo establecido en la sección 5.5 o demostrada por la experiencia existente de acuerdo a lo establecido en la sección 5.6. La certificación no es necesaria para componentes calificados como inherentemente robustos. La evidencia que demuestre el cumplimiento de este requisito debe ser enviada al coordinador de proyecto, luego de haber sido revisada y aprobada por un profesional competente.

5.2.2 Los componentes que tengan contenido peligroso y a los cuales se les haya asignado un factor de importancia I_p , igual a 1,5 (sección 5.0) deben ser certificados por el proveedor como capaces de mantener el contenido después del sismo de diseño mediante: (1) análisis desarrollado por un profesional competente, (2) ensayo en mesa vibradora de acuerdo a lo indicado en la sección 5.5; o (3) experiencia existente de acuerdo a lo indicado en la sección 5.6. La documentación que demuestre el cumplimiento de este requisito debe ser entregada al coordinador de proyecto luego de su revisión y aprobación por un profesional competente.

5.3 **Daño consecuente.** Debe considerarse la interrelación funcional y física de los componentes entre sí y con sus soportes de manera que la falla de un componente arquitectónico, mecánico o eléctrico, sea éste esencial o no, no debe causar la falla de otro componente esencial, sea éste arquitectónico, mecánico o eléctrico.

5.4 **Flexibilidad.** El diseño y evaluación de los componentes, sus soportes y elementos agregados deben considerar tanto su flexibilidad como su resistencia.

5.5 **Alternativa de ensayo para la determinación de la capacidad sísmica.** Como alternativa a los requisitos analíticos de las secciones 5 a 9, los ensayos serán considerados como un medio aceptable para determinar la capacidad sísmica de los componentes y sus soportes y agregados. La cualificación sísmica mediante ensayos debe estar basada en procedimientos estandarizados reconocidos a nivel nacional o internacional (como por ejemplo el ICC-ES AC 156 y el ETGI 1020) que sean aceptables para la autoridad competente, y debe considerarse como satisfactoria para los requisitos de diseño y evaluación si la capacidad sísmica es igual o superior a las demandas sísmicas determinadas de acuerdo a lo indicado en las secciones 6.1 y 6.2.

5.6 **Alternativa de uso de información basada en datos experimentales para la determinación de la capacidad sísmica.** Como alternativa a los requisitos analíticos de las secciones 5 al 9, el uso de datos provenientes de la experiencia es aceptable para determinar la capacidad sísmica de los componentes, sus soportes y agregados. La

NTM 001

calificación sísmica mediante datos provenientes de la experiencia deberá estar basada en procedimientos reconocidos a nivel nacional o internacional (como por ejemplo IEEE 344) y aceptados por la autoridad competente, y deberá considerarse como satisfactoria para los requisitos de diseño y evaluación si la capacidad sísmica es igual o superior a las demandas sísmicas determinadas de acuerdo a lo indicado en las secciones 6.1 y 6.2.

5.7 Documentos de respaldo. El diseño de componentes no estructurales y sus soportes y agregados, realizado según los requisitos indicados en la Tabla 1, debe ser entregado junto con la documentación de respaldo, preparada por un profesional competente para ser utilizado por el propietario, a las autoridades competentes, el coordinador de proyecto, los contratistas y los inspectores de obra. Estos documentos deben incluir un plan de aseguramiento de calidad. Los documentos de respaldo del diseño de componentes no estructurales, sus soportes y agregados, deben contener como mínimo lo indicado en la sección 5.11 de la NCh433.Of96.Mod2009.

6 Demandas sísmicas en componentes no estructurales

6.1 Fuerza Sísmica de Diseño. La fuerza sísmica horizontal de diseño, F_p , debe ser aplicada en el centro de gravedad del componente y distribuida de acuerdo a la distribución de masa del componente, y debe ser determinada de acuerdo con la ecuación 1.

$$F_p = \frac{0,4 a_p \alpha_A A W_p}{g \left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

No se requiere que F_p sea mayor que

$$F_p = \frac{1,6 \alpha_A A I_p W_p}{g} \quad (\text{Ecuación 2})$$

F_p no debe ser menor que

$$F_p = \frac{0,3 \alpha_A A I_p W_p}{g} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

NTM 001

F_p	=	fuerza sísmica de diseño del componente no estructural
α_{AA}	=	parámetro del espectro de pseudo-aceleración de diseño, definido en el Decreto Supremo XXX que modifica la norma NCh433.Of96.Mod2009
a_p	=	factor de amplificación dinámica, el cual varía entre 1,0 y 2,5, Tabla 2 o 3
I_p	=	factor de importancia del componente, el cual varía entre 1,0 y 1,5, sección 5.0
W_p	=	peso del componente, en condiciones de operación
R_p	=	factor de modificación de respuesta, el cual varía entre 1 y 8, Tabla 2 o 3
z	=	altura del punto de fijación del componente en la estructura con respecto a la base. Para componentes ubicados al nivel de la base o bajo ella, se debe considerar $z = 0$. No es necesario considerar valores de z/h mayores que 1,0.
h	=	altura promedio del nivel de techo de la estructura con respecto a la base
g	=	aceleración de la gravedad, en cm/s^2

La fuerza sísmica horizontal de diseño, F_p , debe ser aplicada de manera independiente en al menos dos direcciones ortogonales en combinación con las cargas de servicio del componente. Adicionalmente, el componente debe ser diseñado para una fuerza vertical concurrente, F_{pv} , igual a $\pm (0,24 \alpha_{AA} W_p) / g$.

Excepción: No es necesario considerar la fuerza sísmica vertical concurrente para paneles de pisos de acceso y de cielos falsos modulares.

Donde las cargas no sísmicas sobre los componentes no estructurales exceden F_p , esas cargas determinan el diseño por resistencia, pero son aplicables los requisitos de detallamiento y las limitaciones prescritas en esta norma.

En lugar de las fuerzas determinadas de acuerdo con la ecuación 1, se permite que las aceleraciones en cualquier nivel sean determinadas mediante los procedimientos de análisis modal espectral indicados en NCh433.Of96.Mod2009 o en NCh2745.Of2003, según corresponda. Las fuerzas sísmicas se deben determinar por utilizando la ecuación 4:

$$F_p = \frac{a_p a_{me} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} A_x \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

a_{me}	=	aceleración en el nivel de fijación del componente (en unidades de g), obtenida mediante análisis modal espectral considerando que el valor del factor de reducción (R^* en NCh433.Of96.Mod2009 y R_l en NCh2745.Of2003) es igual a la unidad
A_x	=	factor de amplificación torsional determinado de acuerdo con la ecuación 5

NTM 001

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2 \leq 3,0 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

- δ_{max} = máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente, obtenido mediante análisis modal espectral
- δ_{avg} = valor promedio de los desplazamientos sísmicos laterales en los puntos extremos del nivel de fijación del componente, obtenido mediante análisis modal espectral

Alternativamente, en lugar de las fuerzas determinadas de acuerdo con la ecuación 1, se permite que la fuerza sísmica de diseño sea determinada de acuerdo con la ecuación 6

$$F_p = \frac{a_p a_{th} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

- a_{th} = aceleración en el nivel de fijación del componente (en unidades de g), obtenida mediante análisis tiempo historia realizado de acuerdo a lo indicado en el Anexo A

Los límites superior e inferior de F_p determinados mediante las ecuaciones 2 y 3 serán aplicables en todos los casos.

6.2 Desplazamientos sísmicos relativos. Los desplazamientos sísmicos relativos D_{pl} deben ser determinados, de acuerdo a la ecuación 7, como:

$$D_{pl} = D_p I \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

- I = coeficiente de importancia que depende de la Categoría del edificio, Tabla 6.1

NTM 001

de la norma NCh433.Of96.Mod2009
 D_p = el desplazamiento determinado de acuerdo a las ecuaciones establecidas en las secciones 6.2.1 y 6.2.2

6.2.1 Desplazamientos de la estructura. Para dos puntos de conexión en la misma estructura o en el mismo sistema estructural, uno a la altura h_x y otro a la altura h_y , D_p debe ser determinado como

$$D_p = \delta_{xA} - \delta_{yA} \quad (\text{Ecuación 8})$$

D_p no requiere ser mayor que

$$D_p = 0.0085 (h_x - h_y) \quad (\text{Ecuación 9})$$

6.2.2 Desplazamientos entre estructuras. Para dos puntos de conexión en dos estructuras separadas A y B o sistemas estructurales separados, uno de ellos a una altura h_x y el otro a una altura h_y , se debe determinar D_p como

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}| \quad (\text{Ecuación 10})$$

D_p no requiere ser mayor que

$$D_p = 0.0085 (h_x + h_y) \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

- δ_{xA} = desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel x
- δ_{yA} = desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y
- δ_{yB} = desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y
- h_x = altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior
- h_y = altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior

Los desplazamientos δ_{xA} , δ_{yA} , y δ_{yB} deben ser determinados de acuerdo a lo indicado en NCh433.Of96.Mod2009 ó en NCh2745.Of2003, según corresponda, considerando que el valor del factor de reducción (R o R^* en NCh433.Of96.Mod2009 y R_l en NCh2745.Of2003) es igual a la unidad. Alternativamente, se permite que los desplazamientos δ_{xA} , δ_{yA} , y δ_{yB} sean calculados mediante análisis tiempo historia realizado de acuerdo a lo indicado en el Anexo A.

NTM 001

Los efectos de los desplazamientos sísmicos relativos deben ser considerados en combinación con los desplazamientos originados por otras cargas, según sea conveniente.

7 Anclaje de componentes no estructurales

Los componentes no estructurales y sus apoyos deben estar unidos o anclados a la estructura resistente de acuerdo con los requisitos de esta cláusula y la unión debe satisfacer los requisitos del material relacionado, como se indique en la normativa correspondiente al material.

Los agregados de componentes no estructurales deben ser empernados, soldados o fijados efectivamente sin considerar la resistencia friccional producida por efecto de la gravedad.

Debe generarse una línea de transferencia de carga con suficiente resistencia y rigidez entre el componente y la estructura de soporte. Los elementos locales de la estructura, incluidas sus conexiones, deben ser diseñados y ejecutados para resistir las fuerzas transmitidas por el componente o sistema no estructural, cuando ellas controlen el diseño de los elementos o sus conexiones. Las fuerzas transmitidas por el componente son aquellas determinadas en conformidad con la sección 6.1, excepto que no es necesario considerar las modificaciones a F_p y R_p debidas a las condiciones de anclaje. Los documentos de diseño deben incluir información suficiente relacionada con las uniones para verificar el cumplimiento de los requisitos de esta sección.

7.1 Fuerzas de diseño en la unión. La fuerza en la unión debe ser determinada en base a las fuerzas prescritas y los desplazamientos para los componentes no estructurales tal como se determina en las secciones 6.1 y 6.2, excepto que no se debe tomar R_p mayor a 4.

7.2 Anclajes en hormigón o albañilería

7.2.1 Anclajes en hormigón. Los anclajes en hormigón deben ser diseñados de acuerdo al Apéndice D del ACI 318.

7.2.2 Anclajes en albañilería. Los anclajes en albañilería deben ser diseñados de acuerdo a TMS 402/ACI 530/ASCE 5. Los anclajes deben ser diseñados para que su resistencia quede controlada por la capacidad resistente de un elemento dúctil de acero.

Excepción: Se permite diseñar los anclajes de manera que el adosamiento conectado por el anclaje a la estructura fluya dúctilmente para un nivel de carga correspondiente a fuerzas en los anclajes no mayores que la resistencia de diseño de los anclajes. Alternativamente,

NTM 001

la resistencia de diseño de los anclajes debe ser, a lo menos, igual a 2,5 veces las fuerzas mayoradas transmitidas por el componente.

7.2.3 Anclajes post instalados en hormigón y albañilería. Los anclajes postinstalados deben estar precalificados para aplicaciones sísmicas de acuerdo a ACI 355.2 u otros procedimientos de calificación estandarizados reconocidos a nivel nacional o internacional.

7.3 Condiciones de instalación. La determinación de las fuerzas en las uniones debe tomar en cuenta las condiciones esperadas de instalación.

7.4 Uniones múltiples. La determinación de la distribución de fuerzas de uniones múltiples en una misma ubicación debe tomar en cuenta la rigidez y ductilidad del componente, los apoyos del componente, las uniones y la estructura y la capacidad de redistribución de cargas a otras uniones en el grupo. Los diseños de anclajes en hormigón deben efectuarse de acuerdo al Apéndice D de ACI 318 de modo de satisfacer este requisito.

7.5 Fijaciones de impacto. No se deben usar fijaciones de impacto para componentes sometidos a cargas de tracción permanentes o para arriostramientos sísmicos, a menos que ellas estén aprobadas para cargas sísmicas por medio de procedimientos estandarizados reconocidos a nivel nacional o internacional.

Excepción: Se permite usar fijaciones de impacto en hormigón para soportar placas acústicas o cielos falsos suspendidos conformados por paneles sobrepuestos y sistemas distribuidos, donde la carga de servicio en cada una de las fijaciones no exceda los 400 N (40 kg). Se permite usar conectores de impacto en acero cuando la carga de servicio en cada conector no exceda los 1.100 N (110 kg).

7.6 Sistemas de fijación basados en fricción. Los clips de fricción no deben ser usados para resistir cargas permanentes sumadas a fuerzas sísmicas. Se permiten sistemas de fijación que están dotados de abrazaderas como las especificadas en la sección 9.3.7 de NFPA 13. Se deben colocar tuercas especiales para resistir vibraciones y para evitar el aflojamiento de las conexiones empernadas.

El dimensionamiento de los anclajes se debe efectuar sin considerar la fricción que pueda existir entre las superficies de apoyo.

8 Componentes arquitectónicos

NTM 001

8.1 Generalidades. Los componentes arquitectónicos y sus apoyos y uniones deben satisfacer los requisitos de esta sección. Coeficientes apropiados para el diseño deben ser seleccionados de la Tabla 2.

Excepción: No se requiere que los componentes soportados por cadenas o suspendidos de la estructura satisfagan los requisitos de fuerza sísmica y desplazamiento relativo si cumplen todos los criterios siguientes:

- a) La carga de diseño para estos elementos debe ser igual a 1,4 veces el peso operacional. La carga horizontal debe ser aplicada en la dirección que resulte ser más crítica para el diseño.
- b) Se deben considerar los efectos de interacción sísmica de acuerdo con la sección 5.3.
- c) La conexión a la estructura debe permitir el movimiento en cualquier dirección en un plano horizontal.

8.2 Fuerzas y desplazamientos. Todos los elementos arquitectónicos y sus apoyos y uniones deben ser diseñados para las fuerzas sísmicas definidas en la sección 6.1.

Los elementos arquitectónicos deben ser diseñados para cumplir con los requisitos de desplazamiento sísmico relativo indicados en la sección 6.2. Los elementos arquitectónicos deben ser diseñados considerando la deformación vertical de miembros estructurales en volado.

Los tabiques y fachadas solidarios deben aceptar, sin que presenten daños que impidan su uso normal, la deformación lateral que se indica en la sección 6.2.

La distancia lateral libre entre los tabiques y fachadas flotantes y la estructura resistente debe ser igual o mayor que la deformación lateral que se indica en la sección 6.2.

Los anclajes de los tabiques y fachadas flotantes se deben disponer de tal forma que permitan la deformación libre de la estructura resistente y a su vez aseguren la estabilidad transversal del tabique.

8.3 Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones. Los paneles de muros no estructurales de fachada o elementos que estén unidos o sirvan de cierre a la estructura deben ser diseñados para satisfacer los requisitos de desplazamientos sísmicos relativos definidos en la sección 6.2 y los movimientos originados por los cambios de temperatura. Tales elementos deben ser soportados directamente por medio de soportes o conexiones mecánicas y conectores con los requisitos siguientes:

NTM 001

- a) Las conexiones y juntas de paneles deben permitir acomodar o resistir la deformación de entrepiso (D_p) determinada según se indica en la sección 6.2 o 13 mm, cualquiera de ellas sea mayor.
- b) Las conexiones que permitan el movimiento en el plano deben consistir en conexiones deslizantes con perforaciones ranuradas o sobredimensionadas, conexiones que permitan movimientos por flexión del acero u otras conexiones que provean una capacidad dúctil o deslizante.
- c) El conector en sí debe tener suficiente capacidad de rotación y ductilidad para evitar la fractura del hormigón o fallas frágiles en o cerca de las soldaduras.
- d) Todos los conectores del sistema de conexión tales como pernos, insertos, soldaduras y el cuerpo de la conexión deben ser diseñados para la fuerza (F_p) determinada en la sección 6.1 con valores de R_p y a_p tomados de la Tabla 2 aplicada en el centro de masa del panel.
- e) Cuando el anclaje se realiza mediante abrazaderas planas embebidas en el hormigón o en la albañilería, tales abrazaderas deben ser unidas o enganchadas alrededor de las barras de refuerzo o bien terminadas de manera que transfieran en forma efectiva las fuerzas a la armadura del hormigón o aseguren que el arrancamiento del anclaje no sea el mecanismo inicial de falla.

8.4 Vidrio. Los vidrios en los muros cortina y fachadas deben ser diseñados e instalados de acuerdo a la sección 8.9.

8.5 Flexión fuera del plano. La flexión o deformación transversal fuera del plano de un componente o sistema que está sujeto a fuerzas determinadas según la sección 8.2 no debe exceder la capacidad de deformación del componente o del sistema.

8.6 Cielos suspendidos. Deben cumplir con lo especificado en esta sección.

Excepción 1: Los cielos suspendidos con áreas menores o iguales a 13.4 m² que estén rodeados por muros o intradós que estén arriostrados lateralmente a la estructura superior estarán eximidos de cumplir los requisitos de esta sección.

Excepción 2: Los cielos directos instalados en un nivel con placas fijadas con clavos o tornillos que estén en todo su perímetro rodeados por y conectados a muros o intradós que estén arriostrados lateralmente a la estructura superior se eximen de los requisitos de esta sección.

8.6.1 Fuerzas sísmicas. El peso sísmico del cielo, W_p debe incluir la parrilla de cielo, los paneles de cielo y las lámparas si ellas se apoyan en el cielo o están fijadas o soportadas lateralmente por la parrilla de cielo. El valor de W_p considerado para el cálculo de F_p no debe

NTM 001

ser menor que 190 N/m² (19 kg/m²). La fuerza sísmica debe ser transmitida a través de las uniones de cielo a los elementos estructurales del edificio o a los elementos ubicados en el borde de la estructura de cielo.

Tabla 2. Coeficientes para el diseño sísmico de elementos arquitectónicos

Componente arquitectónico	a_p^a	R_p^b
Muros y divisiones interiores no estructurales		
Muros de albañilería no reforzados	1.0	1.0
Todos los otros muros	1.0	1.5
Elementos en voladizo (arriostrados o no al marco estructural bajo su centro de masas)		
Parapetos o antepechos y muros interiores no estructurales en voladizo	2.5	1.5
Chimeneas arriostradas lateralmente o apoyadas en el marco estructural	2.5	1.5
Elementos en voladizo (arriostrados al marco sobre su centro de masas)		
Parapetos o antepechos	1.0	1.5
Chimeneas	1.0	1.5
Muros exteriores no estructurales ^b	1.0 ^b	1.5
Elementos de muros no estructurales y conexiones ^b		
Elemento de muro	1.0	1.5
Cuerpo de las conexiones de paneles de muro	1.0	1.5
Conectores del sistema de conexión	1.25	1.0
Enchapes		
Elementos y agregados de deformabilidad limitada	1.0	1.5
Elementos y agregados de baja deformabilidad	1.0	1.0
Penthouse (excepto donde están estructurados por una extensión de la estructura del edificio)	2.5	2.5
Cielos		
Todos	1.0	1.5
Gabinetes		
Gabinetes permanentes de almacenamiento apoyados en el piso de mas de 1.800 mm de alto, incluido los contenidos	1.0	1.5
Estanterías de libros permanentes, apoyados en el piso, pilas de libros y estantes de mas de 1.800 mm de alto, incluido los contenidos	1.0	1.5
Equipamiento de laboratorio	1.0	1.5
Pisos elevados registrables	1.0	1.5
Apéndices y ornamentos	2.5	1.5
Señalética y letreros	2.5	2.0

NTM 001

Otros elementos rígidos		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	1.0	2.5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	1.0	1.5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	1.0	1.0
Otros elementos flexibles		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	2.5	2.5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	2.5	1.5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	2.5	1.0
Escaleras y vías de escape que no forman parte de la estructura del edificio	1.0	1.5

- ^a No se debe usar un valor de a_p menor que el indicado en la Tabla 2, salvo que se justifique mediante un análisis dinámico detallado. El valor de a_p no debe ser menor que 1.00. Se considera un valor $a_p=1$ para componentes rígidos y componentes conectados rigidamente. Se considera un valor $a_p=2.5$ para componentes flexibles y componentes conectados con elementos flexibles.
- ^b En los casos en que se provea apoyo mediante diafragmas flexibles a muros y divisiones de hormigón o albañilería, las fuerzas de diseño para el anclaje al diafragma debe efectuarse considerando una fuerza $F_p = 0,4 \alpha_A A W_p I k_a / g$, donde I es el factor de importancia de la estructura y $k_a = 1 + L_f / 30 \leq 2$. L_f es la longitud en metros del diafragma flexible que provee soporte lateral al muro. L_f se mide entre los elementos verticales que proveen soporte lateral al diafragma en la dirección considerada. $L_f = 0$ para diafragmas rígidos.

8.6.2 Construcción estandarizada de cielos falsos con planchetas o paneles modulares. Los cielos falsos con planchetas o paneles modulares deben ser diseñados de acuerdo a esta sección a menos que se diseñen de acuerdo con la sección 8.6.3 o ser cualificados sísmicamente de acuerdo a sección 5.

8.6.2.1 Los cielos con placas o módulos deben ser diseñados e instalados de acuerdo con ASTM C635, ASTM C636, ASTM E580, sección 5 – Categoría de Diseño Sísmico D, E y F con las modificaciones de esta sección.

Los cielos con placas o módulos deben cumplir también con:

- a) El ancho del elemento perimetral no debe ser menor que 50 mm a menos que se usen elementos o clips de soporte, que permitan acomodar movimientos horizontales de al menos 20 mm. En cada dirección ortogonal, uno de los extremos de la parrilla de cielo debe estar fija al elemento perimetral. Los otros dos extremos deben permitir movimientos horizontales de al menos 20 mm con respecto al muro y debe descansar sobre un elemento perimetral permitiendo el libre deslizamiento.

NTM 001

b) Para superficies que excedan los 232 m^2 se debe usar una junta sísmica o una separación mínima de 20 mm en toda su longitud, de modo de separar el cielo en unidades de superficie menores a 232 m^2 . Cada una de las áreas debe tener una razón menor o igual a 4 entre sus lados mayor y menor, a menos que se haga un análisis estructural de los sistemas de arriostramiento para las fuerzas sísmicas prescritas en esta norma que demuestre que las penetraciones del cielo y los elementos perimetrales poseen suficiente dilatación para absorber los desplazamientos laterales previstos. Cada área debe contar con elementos perimetrales de acuerdo a la sección 8.6.2.1.a y restricciones o arriostramientos horizontales.

8.6.3 Construcción Integral. Como una alternativa a proveer holguras mayores en el cielo falso para pasar los sistemas de rociadores (sprinklers), se permite que los sistemas de sprinklers y la estructura sismorresistente de cielo sean diseñados como una unidad conjunta. Un diseño de este tipo debe considerar la masa y la flexibilidad de todos los elementos involucrados, incluyendo el cielo, el sistema de sprinklers, luminarias y equipos mecánicos. Este diseño debe ser realizado por un profesional competente.

8.6.4 Artefactos de Luz. Los artefactos de luz con peso menor o igual a 4,5 Kg pueden ser apoyados sobre el cielo falso y deben contar con un elemento que evite su caída en caso de sismo.

Los artefactos de luz con peso mayor a 4,5 Kg pero menor que 25 kg, deben estar soportados y arriostrados independientemente de la estructura de cielo.

Los artefactos de luz colgantes, con pesos sobre 25 kg, se soportarán y arriostrarán directamente de la estructura superior, de acuerdo a especificaciones de un profesional competente.

8.7 Pisos elevados registrables

8.7.1 Generalidades. El peso del piso W_p debe incluir el peso del sistema de piso, el 100% de los equipos fijados al piso y el 25% del peso de todos los equipos apoyados y no fijados directamente al piso. La fuerza sísmica, F_p debe ser transmitida desde la superficie superior del piso flotante a la estructura de soporte.

También se debe considerar el volcamiento de los equipos fijados a los paneles del piso flotante. Se debe evaluar la posibilidad de deslizamiento de las cabezas de los pedestales para determinar su habilidad para transmitir el efecto volcante de los equipos.

NTM 001

Al verificar el volcamiento de los pedestales aislados la máxima carga axial concurrente no debe exceder la parte de W_p asignada al pedestal considerado.

Los pisos elevados registrables deben cumplir con las siguientes consideraciones:

- a) Las conexiones que transmiten las fuerzas sísmicas consisten en conectores mecánicos, anclajes que satisfacen los requisitos del Apéndice D de ACI 318, soldaduras o soportes. Las capacidades de soporte de cargas consideradas en el diseño deben cumplir con códigos de diseño reconocidos y/o resultados de ensayos experimentales.
- b) Las fuerzas sísmicas no se transmiten por fricción, fijaciones de impacto, pegamentos o fricción producida solamente por efecto de la gravedad.
- c) El análisis efectuado para el diseño de los sistemas de arriostramiento incluye los efectos desestabilizadores del pandeo por compresión de los elementos individuales.
- d) Los arriostramientos y pedestales están hechos con perfiles de acuerdo a especificación de las propiedades mecánicas mínimas según ASTM. No se permite usar tuberías eléctricas.
- e) Se usan amarras de piso que estén diseñadas para soportar cargas sísmicas axiales y que están fijadas mecánicamente a los pedestales de apoyo.

8.8 Divisiones interiores (tabiques)

8.8.1 Generalidades. Las divisiones que estén conectadas al cielo falso y todas las divisiones de altura mayor a 1,8 m deben ser arriostradas lateralmente a la estructura del edificio. Estos arriostres deben ser independientes de cualquier arriostramiento lateral del cielo. Los arriostramientos deben ser espaciados de manera que limiten la deformación horizontal del extremo superior de la división de manera que sea compatible con los requisitos de deformación del cielo, como se determina en la sección 8.6 para cielos suspendidos, y para cualquier otro sistema.

Excepción: Se exceptúan las divisiones que cumplan todas las condiciones siguientes:

1. La altura de la división no es mayor que 2,7 m.
2. El peso lineal de la división no es mayor que el producto de 0,45 kN por la altura de la división en m.
3. La carga horizontal requerida para el diseño sísmico de la división no es mayor que 0,24 kN/m² (24 kg/m²).

8.8.2 Vidrios. Los vidrios en divisiones transparentes deben ser especificados e instalados de acuerdo con la sección 8.9.

8.9 Vidrios en Muros Cortina Transparentes, Fachadas Transparentes y Divisiones Transparentes

8.9.1 **Generalidades** Los vidrios en muros cortina transparentes, fachadas transparentes y divisiones transparentes deben cumplir con los requisitos de desplazamientos relativos de la ecuación 12:

$$\Delta_{fallout} \geq 1,25 ID_p \quad (\text{Ecuación 12})$$

o 13 mm, cualquiera sea mayor,

donde:

- $\Delta_{fallout}$ = desplazamiento sísmico relativo, medido entre los extremos del componente, para el cual se produce el desprendimiento del muro cortina, la fachada o la división, según se define en la sección 8.9.2
- D_p = el desplazamiento sísmico relativo para el cual debe ser diseñado para concordar con la sección 6.2.1
- I = factor de importancia de la estructura determinado de acuerdo a la norma chilena NCh433.Of96.Mod2009

Excepción:

- a) Los vidrios que tengan holgura suficiente respecto al marco de manera tal que no haya contacto físico entre el vidrio y el marco y que cumplan con un desplazamiento de entrepiso de diseño, como se demuestra aplicando la ecuación 13, no necesitan cumplir con este requisito:

$$D_{clear} \geq 1,25 D_p \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

- D_{clear} = desplazamiento horizontal relativo, medido en la altura del panel de vidrio considerado, el cual origina el contacto inicial del vidrio con el marco. Para paneles de vidrio rectangulares enmarcados en un muro rectangular

NTM 001

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

donde:

h_p = altura del panel de vidrio rectangular

b_p = ancho del panel vidrio rectangular

c_1 = promedio de separación en ambos lados entre los bordes verticales y el marco

c_2 = promedio de separación superior e inferior entre los bordes horizontales y el marco

- b) Los vidrios monolíticos, completamente templados, usados en edificios con Categorías de Ocupación I, II y III, según se define en la norma NCh433.Of96.Mod2009, y ubicados a una altura no mayor de 3 m sobre una superficie transitada, no necesitan cumplir con este requisito.
- c) Los vidrios laminados templados o recocidos de espesor simple con película intermedia no menor a 0,76 mm que están confinados mecánicamente en el sistema de muros vidriado y cuyo perímetro esté asegurado al marco mediante un burlete de sello perimetral de elastómero de curado moldeable húmedo de 13 mm de espesor de contacto u otro sistema de anclaje aprobado, no necesita cumplir con este requisito.
- d) Los muros cortina con cristales de 4 lados expuestos, del tipo silicona estructural, con holguras entre marcos menores que la holgura entre cristales de forma que no es posible que los cristales puedan contactarse entre ellos (Norma de referencia AAMA CW-13-85 Structural Glazing Systems).
- e) Los muros cortina con cristales capturados o fijos mecánicamente, calzados adecuadamente y con separadores plásticos laterales entre los cristales y el metal de la cavidad de acristalamiento, de forma de impedir el contacto del canto de los cristales y el metal (Norma de referencia AAMA MCWM-1-89 Metal Curtain Wall Manual).
- f) Los muros-cortina de cristal templado o cristal templado-laminado, con acristalamiento mediante fijaciones puntuales rotuladas (routeles) y sello estructural en los cantos de los cristales y con anclajes diseñados (spiders), con las holguras laterales y verticales que permitan un movimiento relativo de los cristales menor que la distancia u holgura entre ellos.
- g) Las cargas máximas sobre los routeles y los spiders, no deberán exceder a las cargas de diseño recomendadas por el fabricante.

NTM 001

8.9.2 **Límites de deformación para elementos no estructurales de vidrio.** $\Delta_{fallout}$, la deformación lateral que causa el desprendimiento del vidrio del muro cortina, la fachada o la división debe ser determinada de acuerdo con AAMA 501.6 o por un análisis de ingeniería desarrollado por un profesional competente.

9 Componentes mecánicos y eléctricos

9.1 **Generalidades.** Los elementos no estructurales mecánicos y eléctricos y sus apoyos deben satisfacer los requisitos de esta sección. Las fijaciones de componentes mecánicos y eléctricos y sus apoyos en la estructura deben cumplir con los requisitos de la sección 7. Deben seleccionarse los coeficientes adecuados de la Tabla 3.

Los Equipos Mecánicos y Eléctricos utilizados deben ser diseñados para resistir fuerzas sísmicas, con el objetivo de conservar la integridad de los mismos.

Excepción: Las lámparas, letreros luminosos y ventiladores de cielo que no se encuentren conectados a ductos o cañerías y que estén soportados por cadenas o colgados de la estructura, no requieren satisfacer los requisitos de fuerza y desplazamiento relativo de esta norma, si cumplen con todas las condiciones siguientes:

1. La carga vertical hacia abajo requerida para el diseño de estas unidades debe ser igual a 1,4 veces su peso de operación, actuando simultáneamente con una carga horizontal igual a 1,4 veces su peso en operación. La carga horizontal debe estar aplicada en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño.
2. Los efectos de la interacción sísmica deben ser considerados de acuerdo con la sección 5.3.
3. La conexión a la estructura debe permitir un rango de movimiento de 360° en el plano horizontal.

Donde se requiera el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos, los efectos dinámicos de los elementos, sus contenidos, y cuando sea apropiado, de sus soportes y fijaciones, deben ser considerados. En estos casos, también debe considerarse la interacción entre los elementos y las estructuras de apoyo, incluyendo otros elementos eléctricos y mecánicos con los cuales el componente interactúa.

Tabla 3 Coeficientes para el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos

Componentes mecánicos y eléctricos	a_p^a	R_p^b
------------------------------------	---------	---------

NTM 001

HVAC en base a aire, ventiladores, manejadoras de aire, unidades de aire acondicionado, calefactores para ductos, cajas de distribución de aire y otros elementos mecánicos construidos con planchas metálicas	2.5	4.0
HVAC en base a fluidos, boilers (estanques de agua caliente), calderas, contenedores, chillers, calefactores de agua, intercambiadores de calor, evaporadores, purgadores de aire, equipos, fabricación y proceso y otros elementos mecánicos fabricados con materiales altamente deformables	1.0	1.5
Motores, turbinas, bombas, compresores y estanques de presión que no estén apoyados en faldones	1.0	1.5
Estanques de presión que no estén apoyados en faldones	2.5	1.5
Elementos de ascensores y escaleras mecánicas	1.0	1.5
Generadores, baterías, inversores, motores, transformadores y otros componentes eléctricos fabricados con materiales de alta deformabilidad	1.0	1.5
Centros de control de motores, tableros, interruptores, gabinetes de instrumentación y otros elementos fabricados con láminas metálicas	2.5	4.0
Equipos de comunicación, computadores, instrumentación y controles	1.0	1.5
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente bajo su centro de masas	2.5	2.0
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente sobre su centro de masas	1.0	1.5
Elementos de iluminación	1.0	1.0
Otros elementos mecánicos y eléctricos	1.0	1.0

Componentes y sistemas con aisladores de vibración ^b	a_p^a	R_p^b
Componentes y sistemas aislados mediante el uso de elementos de neopreno y pisos aislados con neopreno con topes elastoméricos incorporados o separados del aislador o con topes perimetrales resilientes	2.5	1.5
Componentes con aisladores de resorte y sistemas y pisos aislados y bien restringidos mediante topes incorporados o separados o con topes perimetrales resilientes	2.5	1.5
Componentes y sistemas internamente aislados	2.5	1.5
Equipos aislados suspendidos incluyendo ductos en línea y componentes suspendidos internamente aislados	2.5	1.5

NTM 001

Sistemas de distribución	a_p^a	R_p^b
Cañerías proyectadas de acuerdo a ASME B31, incluidas los fittings con uniones soldadas	2.5	8.0
Cañerías proyectadas de acuerdo a ASME B31, incluyendo fittings, fabricados con materiales de alta o limitada deformabilidad con uniones con hilo, con adhesivo, coplas de compresión o acanaladas	2.5	4.0
Cañerías y tuberías que no estén de acuerdo a ASME B31, incluyendo fittings fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones soldadas	2.5	6.0
Cañerías y tuberías que no estén de acuerdo con ASME B31, incluyendo fittings, fabricados con materiales de deformabilidad alta o limitada con uniones con hilo con pegamento con coplas de compresión o acanaladas	2.5	3.0
Cañerías y tuberías fabricadas con materiales de baja deformabilidad, tales como fierro fundido, vidrio y plásticos no dúctiles	2.5	2.0
Ductos, incluidos fittings, fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones soldadas	2.5	6.0
Ductos, incluidos fittings, fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones no soldadas	2.5	4.0
Ductos fabricados con materiales de baja deformabilidad, tales como fierro fundido, vidrio y plásticos no dúctiles	2.5	2.0
Tubos eléctricos y bandejas de cables	2.5	4.0
Ductos de corrientes débiles	1.0	1.5
Plomería (instalación sanitaria)	1.0	1.5
Correas transportadoras de producción o proceso (sin transporte de personas)	2.5	2.0

^a Se permite utilizar un valor de a_p menor cuando se justifique con un análisis detallado de su comportamiento dinámico. El valor de a_p no debe ser menor que 1.0. Se considera un valor $a_p=1$ para componentes rígidos y componentes conectados rigidamente. Se considera un valor $a_p=2.5$ para componentes flexibles y componentes conectados con elementos flexibles.

^b Los componentes montados en aisladores de vibración deben tener una restricción lateral o un restrictor sísmico en cada dirección horizontal. La fuerza de diseño para el restrictor sísmico debe considerarse igual a $2F_p$ si la holgura nominal entre el soporte del equipo y la restricción es mayor a 6 mm. Si la holgura nominal especificada en los planos de construcción es menor que 6 mm se permite considerar una fuerza de diseño igual a F_p .

9.2 Corte de suministros. Todos los equipos de suministro de gas, vapor, gases de redes de frío, aguas a altas temperaturas u otros líquidos peligrosos de edificios pertenecientes a la Categoría de Ocupación IV, según se define en NCh433.Of96.Mod2009, deben estar

NTM 001

provistos de un sistema de corte automático que se active cuando la aceleración en la base del edificio alcance un valor igual a $\lambda\alpha_A A$. Los valores de λ se indican en la Tabla 4, y dependen de la relación que existe entre la peligrosidad del efecto directo a que puede dar origen el daño y de las posibilidades que existen de suspender sin mayores problemas el suministro o servicio que ofrece el equipo.

Tabla 4. Valores del factor λ

Trastornos producidos por la interrupción del suministro o servicio	Nivel de peligrosidad		
	Alto	Mediano	Bajo
Pequeños	0.5	0.6	NA
Medianos	0.4	0.5	0.6
Grandes	0.3	0.4	0.5

9.3 Período del componente. El período fundamental del componente no estructural (incluyendo sus soportes y fijaciones a la estructura) T_p , debe ser determinado usando la ecuación siguiente, considerando que los componentes, apoyos y fijaciones pueden ser representados de manera analítica, razonablemente, como un sistema simple de un resorte y una masa de un solo grado de libertad:

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

donde:

- T_p = período fundamental del componente
- W_p = peso de operación del componente
- g = aceleración de gravedad
- K_p = rigidez combinada del componente, los apoyos y agregados determinada como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente

De manera alternativa, se permite determinar el período fundamental del componente T_p , en segundos, a partir de datos experimentales o por un análisis debidamente fundamentado realizado por un profesional competente.

9.4 Componentes Mecánicos. Los ductos de aire acondicionado (HVAC) deben cumplir con los requisitos de la sección 9.7. Los sistemas de cañerías deben cumplir con los requisitos de la sección 9.8. Los boilers y estanques deben cumplir con los requisitos de la sección 9.9. Los ascensores deben cumplir con los requisitos de la sección 9.10. Todos los

NTM 001

otros componentes mecánicos con un factor de importancia I_p mayor que 1,0 deben ser diseñados para las fuerzas sísmicas y desplazamientos definidos en las secciones 6.1 y 6.2 y deben satisfacer los siguientes requisitos adicionales:

1. Se deben tomar medidas para prevenir el impacto sísmico en componentes vulnerables al impacto, en componentes construidos con materiales no dúctiles y en los casos en que la ductilidad del material se reduce debido a las condiciones de servicio (p. ej. utilización en bajas temperaturas).
2. Se debe evaluar las cargas impuestas sobre los componentes por líneas de servicios públicos u otros servicios, debido a movimientos diferenciales de los puntos de apoyo cuando el componente se encuentra apoyado en estructuras separadas.
3. Donde las cañerías o ductos de HVAC estén adosados a estructuras que pueden desplazarse en forma relativa entre sí y en estructuras aisladas cuando estos componentes crucen la interfaz de aislación, los componentes deben ser diseñados de manera que se acomoden los desplazamientos sísmicos relativos definidos en la sección 6.2.

9.5 Componentes eléctricos. Los componentes eléctricos con I_p mayor que 1,0 deben ser diseñados para las fuerzas sísmicas y los desplazamientos definidos en las secciones 6.1 y 6.2 y deben satisfacer los siguientes requisitos adicionales:

1. Se deben tomar precauciones para evitar el impacto sísmico entre elementos.
2. Se deben evaluar las cargas resultantes de movimientos diferenciales por la conexión impuesta a los elementos por las líneas de servicio público u otros servicios que estén adosados a otras estructuras.
3. Las baterías deben tener amarras y fijaciones que eviten el desplazamiento. Se deben usar separadores entre las fijaciones y las celdas para evitar daños en las cajas. Las estructuras de soporte deben ser evaluadas para que tengan suficiente capacidad de carga lateral.
4. Las bobinas interiores de transformadores secos deben ser positivamente conectadas a la subestructura portante dentro de la carcasa del transformador.
5. Los paneles de control eléctrico, los equipos de computación y otros elementos con componentes que puedan deslizarse deben tener un mecanismo de fijación para mantener los componentes en su lugar.
6. El diseño sísmico de los gabinetes eléctricos debe efectuarse por alguna de las alternativas de calificación establecidas en esta norma. Las perforaciones en los paneles, que no hayan sido realizadas por el fabricante y que reduzcan la resistencia del gabinete, deben ser evaluadas específicamente por un profesional competente.

NTM 001

7. Las fijaciones de cualquier elemento adicional externo que pese más de 400 N (40 kg) deben ser evaluadas si ellas no han sido provistas por el fabricante.
8. En las partes en que las tuberías eléctricas, bandejas de cables o cualquier tipo de canalización eléctrica, estén fijadas a estructuras que puedan tener desplazamientos relativos entre ellas y en estructuras dilatadas donde estos componentes crucen la dilatación, los componentes deben ser diseñados de manera que se adapten a los desplazamientos sísmicos relativos de la sección 6.2.

9.6 Apoyos de los Componentes. Los soportes de los elementos mecánicos y eléctricos (incluidos aquéllos con $I_p = 1,0$) y la forma como ellos están sujetos al elemento deben ser diseñados para las fuerzas y desplazamientos determinados en las secciones 6.1 y 6.2. Estos soportes incluyen elementos estructurales, riostras, marcos faldones, patas, monturas, pedestales, cables, amarras, tirantes y restrictores sísmicos, así como elementos forjados o fundidos como parte del elemento mecánico o eléctrico.

9.6.1 Bases de diseño. Si se utilizan soportes estandarizados, por ejemplo, ASME B31, NFPA 13, MSS SP-58 o soportes de algún fabricante específico, estos deben ser diseñados ya sea para una carga determinada mediante ensaye o para las fuerzas sísmicas calculadas conforme a los requisitos de esta norma. Adicionalmente, la rigidez del soporte, cuando sea adecuado, debe ser diseñada de manera tal que la línea de transferencia de la carga sísmica del componente desempeñe la función prevista.

9.6.2 Diseño para desplazamiento relativo. Los soportes del componente deben ser diseñados para que se adapten a los desplazamientos sísmicos relativos entre los puntos de apoyo determinados de acuerdo a la sección 6.2.

9.6.3 Unión del soporte al elemento. Los medios por los cuales los soportes están unidos al elemento, excepto cuando ellos forman parte integrante de éste (p. ej. fundidos o forjados), deben ser diseñados de manera que se adapten tanto a las fuerzas como a los desplazamientos determinados de acuerdo a las secciones 6.1 y 6.2. Si el valor de $I_p = 1,5$ para el componente, se debe evaluar el efecto de la transferencia de carga en la pared del elemento en la zona del punto de unión del elemento con el soporte.

9.6.4 Requisitos de diseño del material. Los materiales que conforman los soportes y los dispositivos de unión al componente deben ser adecuados para su aplicación, incluyendo los efectos de las condiciones de servicio, por ejemplo, usos a bajas temperaturas. Los materiales deben cumplir con estándares reconocidos a nivel nacional e internacional.

NTM 001

9.6.5 Requisitos adicionales. Los siguientes requisitos adicionales deben ser cumplidos por los soportes de componentes mecánicos y eléctricos:

9.6.5.1. Los soportes sísmicos deben ser construidos de manera que se mantenga la integridad de la unión del componente a la estructura en caso de un evento sísmico.

9.6.5.2. Se debe proporcionar refuerzos (p. ej. atiesadores o golillas Belleville) en las uniones apernadas a través de las planchas metálicas de la carcasa del equipo para transmitir las cargas sísmicas del equipo a la estructura, especificadas en esta sección. En los casos en que el equipo haya sido certificado según las secciones 5.2, 5.5, o 5.6, los pernos de anclaje u otros conectores y sus accesorios, como se incluye en la certificación, deben ser instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Para aquellos casos en que no exista certificación o donde las instrucciones para este refuerzo no se proporcionen, los métodos de refuerzo deben ser especificados por un profesional competente o como se apruebe por la autoridad correspondiente.

9.6.5.3 Donde la transmisión de la fuerza sísmica considere la flexión en torno al eje débil de los perfiles del soporte, este soporte debe ser específicamente evaluado.

9.6.5.4 Los componentes montados en aisladores de vibración deben tener un tope sísmico o un sistema de absorción de impacto en cada dirección horizontal y se deberán proporcionar topes en la dirección vertical donde sea necesario para evitar el volcamiento. Las cubiertas de los aisladores y de los topes deben ser fabricados con materiales dúctiles. (Ver los requisitos adicionales para la fuerza de diseño en la nota *b* al pie de la Tabla 3. Se debe usar una placa viscoelástica o de un material similar como relleno entre el sistema de absorción y el componente para limitar la carga de impacto.

9.6.5.5 Cuando se usen anclajes mecánicos instalados a posteriori en equipos mecánicos sin aisladores de vibración con una potencia mayor a 10 hp, estos deberán ser cualificados de acuerdo a ACI 355.2.

9.6.5.6 Para cañerías, boilers, y estanques a presión, las fijaciones al hormigón deben ser apropiadas para cargas cíclicas.

9.6.5.7 Los anclajes atornillados y químicos de los equipos mecánicos diseñados para las cargas de tracción deben utilizar cemento con expansivo o con grout epóxico expansivo.

9.6.6 Conduit eléctricos, Bandejas y escalerillas de Cables, y Otros Sistemas de Distribución Eléctrica (Canaletas). Las canaletas eléctricas deben ser diseñadas para las fuerzas sísmicas y desplazamientos sísmicos relativos requeridos en las secciones 6.1 y 6.2. Los conduit eléctricos que tengan una dimensión comercial mayor que 64 mm y que estén unidos a paneles, gabinetes, u otros equipos sometidos a desplazamientos sísmicos relativos, D_p , deben estar dotados de conexiones flexibles o diseñadas para fuerzas o desplazamientos sísmicos relativos especificados en la sección 6.

Excepciones:

- 1 El diseño para las fuerzas sísmicas y desplazamientos relativos de la sección 6 no serán requeridos para canalizaciones eléctricas donde se cumpla alguna de las siguientes condiciones:
 - a. Se usen colgadores trapezoidales para apoyar canaletas y el peso total de ellas sea menor que 140 N/m (14 kg/m)
 - b. La canaleta está soportada por colgadores y cada colgador tiene una longitud máxima de 300 mm desde el punto de apoyo de la canaleta hasta la estructura de apoyo. Si se usan varillas como colgadores, éstas deben tener una articulación para evitar la flexión inelástica de la varilla.
- 2 El diseño para fuerzas sísmicas y desplazamientos relativos de la sección 6 no se requiere para conduit eléctricos, cualquiera sea el valor de I_p en los casos en que el tubo tenga un diámetro comercial menor que 64 mm (2.5”).

9.7 Redes públicas y de servicio. En el encuentro entre estructuras adyacentes o entre cuerpos de una misma estructura que se puedan mover en forma independiente, las redes públicas deben estar dotadas de una flexibilidad adecuada para adaptarse a los movimientos diferenciales previstos entre las estructuras con movilidad independiente. El cálculo de los desplazamientos diferenciales debe ser efectuado de acuerdo a la sección 6.2.

La posibilidad de paralización del suministro público debe ser considerada en relación a los sistemas sísmicos utilizados en edificaciones con Categoría de operación IV, según se define en la norma NCh433.Of96.Mod2009. Especial atención se debe dar a la vulnerabilidad de los servicios subterráneos y a los encuentros entre la estructura y el suelo, en los sitios donde se presente suelos Tipo IV o V.

9.8 Ductos. Los ductos para HVAC y otros ductos deben ser diseñados para las fuerzas y desplazamientos sísmicos relativos indicados en la sección 6. Para ductos con $I_p = 1,5$ que

NTM 001

atravesen juntas de dilatación, se requiere de un diseño sísmico que considere el efecto de esta junta y no se consideran las excepciones siguientes.

Excepciones: Las siguientes excepciones se aplican a ductos que no estén diseñados para transportar sustancias tóxicas, altamente tóxicas, gases inflamables o sean usadas para control de humos:

1. El diseño para fuerzas sísmicas y desplazamientos relativos de la sección 6 no se requiere en ductos en que:
 - a. Se usen colgadores trapezoidales del tipo columpio y el peso total del ducto soportado por el colgador sea menor que 140 N/m (14 kg/m).
 - b. El ducto está soportado por colgadores y cada colgador tenga una longitud máxima de 300 mm desde el punto de apoyo del ducto a la estructura soportante. Donde se usen colgadores de varilla, ellas deben tener una articulación a fin de evitar una flexión inelástica en la varilla.
2. El diseño para las fuerzas sísmicas y los desplazamientos relativos de la sección 6 no es requerido donde se hayan tomado precauciones para impedir el impacto con ductos más grandes u otros componentes mecánicos, o para proteger los ductos en el caso de un impacto de este tipo; y si los ductos de HVAC tienen un área transversal menor que $0,56 \text{ m}^2$ o pesan 250 N/m (25 kg/m) o menos.

Los sistemas de ductos de HVAC deben ser fabricados e instalados de acuerdo a estándares aprobados por la autoridad correspondiente. Se deben tener en cuenta los requisitos de arriostamiento lateral indicados en esta sección.

Los componentes que sean instalados en línea con el sistema de ductos y tengan un peso en operación mayor que 330 N (33 kg), tales como ventiladores, intercambiadores de calor y humidificadores, deben estar apoyados y arriostrados lateralmente de manera independiente al sistema de ductos. Los arriostres deben cumplir con los requisitos de fuerzas de la sección 6.1.

Los accesorios como válvulas, celosías de ventilación y difusores deben estar positivamente conectados por medio de anclajes mecánicos. Tuberías no arriostradas conectadas a equipos en línea deben tener flexibilidad suficiente para acomodar los desplazamientos sísmicos relativos de la sección 6.2.

9.9 Sistemas de cañerías (piping). Los sistemas de cañerías, a menos que se indique lo contrario en esta sección, deben ser diseñadas para las fuerzas sísmicas y desplazamientos relativos establecidos en la sección 6. Los sistemas de cañerías en

NTM 001

presión ASME, deben satisfacer los requisitos de la sección 9.8.1. Las cañerías de rociadores (sprinklers) de protección contra el fuego deben satisfacer los requisitos de la sección 9.8.2. Los sistemas de cañerías de elevación o impulsión deben satisfacer los requisitos de la sección 9.11.

Donde no se usen otros estándares de materiales aplicables o bases de diseño reconocidas, el diseño sísmico de cañerías, incluyendo las condiciones de las cargas de servicio, debe estar basado en las siguientes tensiones admisibles:

- a. Para cañerías fabricadas con materiales dúctiles (p.ej. acero, aluminio o cobre), 90% de la tensión de fluencia mínima especificada.
- b. Para conexiones con hilo en cañerías fabricadas con materiales dúctiles, 70% de la tensión de fluencia mínima especificada.
- c. Para cañerías fabricadas con materiales no dúctiles (p.ej. hierro fundido o cerámica), 10% de la tensión de fluencia mínima especificada.
- d. Para uniones con hilo en cañerías fabricadas con materiales no dúctiles, 8% de la tensión de fluencia mínima especificada del material.

Las cañerías que no sean diseñadas para adaptarse a los desplazamientos sísmicos relativos en las conexiones con otros componentes, deben dotarse de conexiones que tengan suficiente flexibilidad para evitar una falla de la conexión entre los componentes.

9.9.1 Sistemas de cañerías en presión de acuerdo a norma ASME. Los sistemas de cañerías en presión, incluyendo sus soportes, diseñados y construidos según ASME B31, deben cumplir con las fuerzas y desplazamientos y otros requisitos de la sección 6, en lugar de los requisitos específicos de fuerza y desplazamiento de ASME B31. Los materiales que cumplan con los requisitos de dureza de ASME B31 deben ser considerados materiales de alta deformación.

9.9.2 Sistemas de cañerías de rociadores de protección contra el fuego (sprinklers). Las cañerías de rociadores de protección contra el fuego, colgadores y fijaciones deben ser diseñados e instalados de acuerdo con NFPA 13. Se debe cumplir, además, con los requisitos de fuerzas y desplazamientos de esta sección. Las excepciones siguientes no serán aplicables.

Excepciones: No se requiere el diseño de los sistemas de cañerías y agregados para las fuerzas sísmicas y desplazamientos relativos cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

NTM 001

1. Se usan soportes trapecio para colgar las cañerías, en donde ninguna cañería exceda el límite establecido en 3a y 3b y el peso total de las cañerías soportadas por los soportes trapecio sea menor que 140 N/m (14 kg/m).
2. Cañerías soportadas por colgadores y cada colgador tiene una longitud menor o igual a 300 mm, medido desde la parte superior de la cañería hasta la estructura de apoyo. Cuando las cañerías se apoyen en soportes tipo trapecio, este soporte debe tener colgadores con una longitud menor o igual a 300 mm. Cuando se usen colgadores de varilla, estos deben contar con rótulas, golillas ovaladas u otros accesorios para evitar flexión de la varilla.
3. Cañerías diseñadas con un factor R_p de 3 o mayor en la Tabla 3 y se han tomado medidas para impedir el choque con otros componentes estructurales y no estructurales, o han sido protegidos para tales impactos y donde se satisfagan los siguientes requisitos:
 - a. En el caso en que los valores de I_p sean mayores que 1,0, el tamaño nominal de la cañería debe ser igual o menor que 25 mm.
 - b. En caso que $I_p = 1,0$, el tamaño nominal de la cañería debe ser igual o menor que 80 mm.

9.10 Boilers y Estanques de Presión. Los boilers y estanques de presión diseñados y construidos de acuerdo a ASME BPVC deben cumplir con los requisitos de fuerza, desplazamiento y otros de la sección 6.1 y 6.2, en lugar de los requisitos específicos de fuerza y desplazamiento indicados en ASME BPVC. Los materiales que cumplan los requisitos de resistencia y flexibilidad de ASME BPVC deben ser considerados materiales de alta deformación. Otros boilers y estanques en presión diseñados con un $I_p = 1,5$, pero que no hayan sido diseñados y construidos de acuerdo a los requisitos de ASME BPVC, deben cumplir con los requisitos de la sección 9.11.

9.11 Requisitos de Diseño para Ascensores y Escaleras Mecánicas. Los sistemas de ascensores deben cumplir los requisitos de la norma NM N° 6. Adicionalmente, se debe demostrar que los ascensores y escaleras mecánicas estén diseñados en conformidad con los requisitos sísmicos de la norma ASME A17.1 u otra norma de fabricación de los equipos que cumplan con los requisitos de fuerza sísmica de esta sección, excepto en lo modificado por el texto a continuación.

9.11.1 Sistemas Estructurales de Escaleras Mecánicas, Ascensores y Montacargas. Los sistemas estructurales de escaleras mecánicas, ascensores y montacargas deben ser diseñados de manera que cumplan con los requisitos de fuerza y desplazamiento de las secciones 6.1 y 6.2, respectivamente.

9.11.2 Máquinas de Ascensores y Soportes del Sistema de Control y Accesorios. Las máquinas de ascensores y los soportes del sistema de control y accesorios deben ser diseñados para que cumplan con los requisitos de fuerza y desplazamiento de las secciones 6.1 y 6.2.

9.11.3 Sistemas de Control Sísmico para Ascensores. Los ascensores que operen a una velocidad mayor o igual que 0,75 m/s deben estar provistos de interruptores sísmicos. Los interruptores sísmicos deben entregar una señal eléctrica indicando que los movimientos de la estructura son de tal magnitud que pueden impedir la operación de los ascensores.

Excepción: En los casos donde no se puedan ubicar interruptores sísmicos cerca de una columna de acuerdo a lo indicado en ASME A17.1, estos deben tener dos ejes horizontales de detección y tener un nivel de disparo calibrado a 20% de la aceleración de gravedad si están colocados en la base de la estructura y 50% de la aceleración de gravedad si se encuentran en cualquier otra ubicación. Luego de la activación del interruptor sísmico, el ascensor debe quedar detenido. Solo se debe activar manualmente posterior a su inspección.

9.12 Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos. Los componentes mecánicos y eléctricos, incluidas las cintas transportadoras que no estén diseñadas y construidas de acuerdo con estándares reconocidos por la autoridad competente deben cumplir con lo siguiente:

- a) Los componentes, sus soportes y accesorios deben cumplir con los requisitos de las secciones 7, 9.4, 9.5 y 9.6.
- b) Para los componentes con sustancias peligrosas y que tengan un $I_p = 1,5$ de acuerdo con la sección 5.0, y para los boilers y estanques en presión que no estén diseñados de acuerdo a ASME BPVC, el diseño por resistencia para las cargas sísmicas en combinación con otras cargas de servicio y los efectos medioambientales adecuados, debe estar basado en las siguientes propiedades de los materiales:
 - a. Para componentes mecánicos fabricados con materiales dúctiles (p. ej. acero, aluminio o cobre), 90% de la tensión de fluencia mínima especificada.
 - b. Para conexiones con hilo en componentes fabricados con materiales dúctiles, 70% de la tensión de fluencia mínima especificada.
 - c. Para componentes mecánicos fabricados con materiales no dúctiles (p. ej. plástico, fierro fundido o cerámica), 10% de la tensión de fluencia mínima especificada.
 - d. Para conexiones con hilo en componentes fabricados con materiales no dúctiles, 8% de la tensión de fluencia mínima especificada.

ANEXO A

Estimación de Demandas Sísmicas para el Diseño de Componentes y Sistemas no Estructurales por Medio de Análisis Tiempo Historia

A.1 Generalidades

Se permite que la fuerza sísmica de diseño F_p sea determinada de acuerdo con la ecuación 6 siempre y cuando la aceleración a_{th} sea obtenida mediante análisis tiempo historia realizado acorde a lo especificado en este Anexo. Análogamente, se permite que los desplazamientos δ_{xA} , δ_{yA} y δ_{yB} sean obtenidos mediante análisis tiempo historia realizado acorde a lo especificado en este Anexo.

A.2 Modelo estructural

A.2.1 La modelación de estructuras diseñadas según NCh433.Of96.Mod2009 deberá satisfacer lo indicado en las secciones 5.5 y 6.1 de esa norma. El análisis tiempo historia deberá realizarse asumiendo que el comportamiento de la estructura es elástico y lineal.

A.2.2 La modelación de estructuras diseñadas según NCh2745.Of2003 deberá satisfacer lo indicado en la sección 8.5 de esa norma. El análisis tiempo historia deberá realizarse asumiendo que el comportamiento de todos los miembros de la superestructura es elástico y lineal.

A.3 Registros

A.3.1 Se deben seleccionar al menos tres pares de componentes horizontales de registros de aceleración del suelo de eventos sísmicos de características similares a las características de la sismicidad esperada en el lugar de emplazamiento de la estructura. Cuando no se disponga de pares de componentes de registros reales, se pueden utilizar registros artificiales.

A.3.2 Para cada par de registros se debe construir el espectro de pseudo-aceleración (amortiguamiento = 5%) de cada registro, y se deben combinar según la regla SRSS (raíz cuadrada de la suma de los cuadrados).

A.3.3 En el caso de estructuras diseñadas según NCh433.Of96.Mod2009, el espectro promedio de los espectros combinados según SRSS no debe ser menor que 1.17 veces el espectro de pseudo-aceleración elástico definido en NCh433.Of96.Mod2009 en el rango de períodos menores que el mayor de: (a) 1.5 veces el período fundamental de la estructura; o (b) 2 segundos.

NTM 001

A.3.4 En el caso de estructuras diseñadas según NCh2745.Of2003, el espectro promedio de los espectros combinados según SRSS no debe ser menor que 1.17 veces el espectro del sismo de diseño (amortiguamiento = 5%) en el rango de períodos comprendido entre $0.5 T_D$ y $1.25 T_M$, en donde T_D y T_M se obtienen de las ecuaciones 2 y 4 de NCh2745.Of2003.

A.4 Análisis tiempo historia

A.4.1 Cada par de registros debe ser aplicado simultáneamente al modelo considerando la ubicación menos ventajosa de los centros de masas.

A.4.2 La respuesta deberá ser obtenida como la suma vectorial, en cada instante, de las respuestas en cada una de las direcciones de aplicación de los registros.

A.4.3 Se deberá obtener el parámetro de interés para cada análisis tiempo historia. Cuando se realicen menos de siete análisis, la respuesta deberá considerarse igual a la máxima de todas las respuestas obtenidas. Cuando se realicen siete o más análisis, la respuesta podrá ser considerada igual al promedio de todas las respuestas obtenidas.