NORMA
CHILENA

NCh
3389

Primera edición
2020.02.27

Estructuras — Intervención en Construcciones Patrimoniales y Edificaciones Existentes — Requisitos del Proyecto Estructural

Structure — Seismic stabilization of historical and existing buildings — Requirements for the structural design

ICS 91.080.01; 91.080.99

INSTITUTO NACIONAL
DE NORMALIZACION

Número de referencia
NCh3389:2020
76 páginas

© INN 2020

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© INN 2020

Derechos de autor:

La presente Norma Chilena se encuentra protegida por derechos de autor o copyright, por lo cual, no puede ser reproducida o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, sin permiso escrito del INN. La publicación en Internet se encuentra prohibida y penada por la ley.

Se deja expresa constancia que en caso de adquirir algún documento en formato impreso, éste no puede ser copiado (fotocopia, digitalización o similares) en cualquier forma. Bajo ninguna circunstancia puede ser revendida. Asimismo, y sin perjuicio de lo indicado en el párrafo anterior, los documentos adquiridos en formato .pdf, tiene autorizada sólo una impresión por archivo, para uso personal del Cliente. El Cliente ha comprado una sola licencia de usuario para guardar este archivo en su computador personal. El uso compartido de estos archivos está prohibido, sea que se materialice a través de envíos o transferencias por correo electrónico, copia en CD, publicación en Intranet o Internet y similares.

Si tiene alguna dificultad en relación con las condiciones antes citadas, o si usted tiene alguna pregunta con respecto a los derechos de autor, por favor contacte la siguiente dirección:

Instituto Nacional de Normalización - INN

Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Santiago Downtown Torre 7, piso 18 • Santiago de Chile

Tel. + 56 2 2445 88 00

Correo Electrónico contacto@inn.cl

Sitio Web www.inn.cl

Publicado en Chile

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Contenido

Página

Preámbulo vii
Introducción viii
1 Alcance y campo de aplicación 1
2 Referencias normativas 1
3 Términos y definiciones 2
4 Simbología 5
5 Criterios de intervención 9
5.1 Criterios de diseño 9
5.2 Criterios estructurales 10
5.3 Criterios patrimoniales 10
5.4 Criterios de planificación, y control de las obras 11
6 Diagnóstico estructural de la construcción patrimonial 11
7 Objetivos de desempeño sísmico 12
7.1 Niveles de desempeño objetivo 12
7.2 Selección del objetivo de desempeño sísmico 13
8 Bases de la intervención estructural 15
8.1 Demanda sísmica 15
8.2 Tipología constructiva 16
8.3 Configuración del edificio 18
8.4 Caracterización de materiales 19
8.5 Factor de confianza 23
8.6 Comportamiento de componentes 23
8.7 Capacidad de componentes 26
9 Análisis estructural 26
9.1 Selección método de análisis estructural 26
9.2 Métodos de análisis estructural 30
9.3 Combinaciones de carga 31
9.4 Parámetros de modelación y criterios de aceptación 33
10 Opciones de intervención 61
10.1 Modificación local de componentes 61
10.2 Aumento de rigidez lateral de la estructura 61
10.3 Refuerzo de la estructura 61
10.4 Reducción de masa 61
10.5 Implementación de sistemas de aislación sísmica 61
10.6 Implementación de sistemas de disipación de energía suplementarios 62
11 Proyecto de intervención estructural 62
12 Protocolos de intervención 62
13 Mantenimiento del inmueble 63

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562U

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexos

Anexo A (informativo) **Estudio de la construcción** 65
A.1 **Estudio histórico-constructivo** 65
A.2 **Levantamiento de la construcción** 65
Anexo B (normativo) **Definición de espectro sísmico SDI** 67
Anexo C (informativo) **Ensayos y pruebas de laboratorio** 69
Anexo D (informativo) **Factores de conversión para probetas de hormigón** 71
D.1 **Relación entre probetas cúbicas y probetas cilíndricas** 71
Anexo E (normativo) **Propiedades de materiales** 72
E.1 **Albañilería** 72
E.2 **Madera** 72
E.3 **Hormigón** 73
E.4 **Acero** 73
Anexo F (informativo) **Bibliografía** 74
Anexo G (informativo) **Participantes en elaboración de Norma Chilena NCh3389** 76

Figuras

Figura 1 – Curva de comportamiento para un edificio típico según desempeño sísmico objetivo 13
Figura 2 – Curvas de fuerza versus deformación del componente Fuente: ASCE 41-13 24
Figura 3 – Criterios de modelación y aceptación de componente Fuente: ASCE41-13 25
Figura 4 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de albañilería controlados por fuerzas 37
Figura 5 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de albañilería controlados por deformación 39
Figura 6 – Estructuración y geometría en muros de albañilería confinada 41
Figura 7 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de madera controlados por deformación 46
Figura 8 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de hormigón armado 49
Figura 9 – Deformación inelástica en muros de hormigón y vigas de acople según su comportamiento 50
Figura 10 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de acero 58
Figura B.1 – Espectro base de diseño para zona sísmica 2 y los cuatro tipos de suelos (β = 0,05) 67

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20
USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tablas

Tabla 1 – Descripción cualitativa de daños según nivel de desempeño....12
Tabla 2 – Clasificación de edificaciones y estructuras según su importancia y uso....14
Tabla 3 – Nivel de desempeño sísmico mínimo recomendado según categoría de importancia de la edificación e intensidad de sismo....15
Tabla 4 – Descripción de intensidad de sismo....15
Tabla 5 – Descripción cualitativa de tipologías presentes en obras patrimoniales....17
Tabla 6 – Descripción cualitativa de tipologías presentes en obras patrimoniales (continuación de Tabla 5)....18
Tabla 7 – Propiedades mecánicas en albañilerías....20
Tabla 8 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas....20
Tabla 9 – Propiedades mecánicas en maderas....21
Tabla 10 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas....21
Tabla 11 – Propiedades mecánicas en hormigones....21
Tabla 12 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas....22
Tabla 13 – Propiedades mecánicas en aceros....22
Tabla 14 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas....22
Tabla 15 – Recolección de información y factor de confianza....23
Tabla 16 – Cálculo de capacidad por elemento - Procedimientos lineales....26
Tabla 17 – Cálculo de capacidad por elemento – procedimientos no lineales....26
Tabla 18 – Valores para factor de modificación C_1....33
Tabla 19 – Procedimientos lineales estáticos - Factores *m* en muros de albañilería no reforzada....38
Tabla 20 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Albañilería armada....39
Tabla 21 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Albañilería armada....40
Tabla 22 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Albañilería confinada....43
Tabla 23 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Albañilería confinada....44
Tabla 24 – Rigidez de corte muros de madera....45
Tabla 25 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Madera....46
Tabla 26 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Madera....47
Tabla 27 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Vigas hormigón armado....50
Tabla 28 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Columnas hormigón armado....51
Tabla 29 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Muros y vigas de acople controlados por flexión....52
Tabla 30 – Parámetros de modelación y Criterios de aceptación para métodos no lineales - Muros y vigas de acople controlados por corte....53
Tabla 31 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Vigas hormigón armado....54
Tabla 32 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Columnas hormigón armado....55

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 33 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Muros y vigas de acople controlados por flexión 56
Tabla 34 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Muros y vigas de acople controlados por corte 57
Tabla 35 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Acero 59
Tabla 36 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Acero 60
Tabla B.1 – Factores de amplificación que dependen de la zonificación sísmica según 8.1.2 .. 68
Tabla B. 2 – Parámetros para definición del espectro de diseño, SDI 68
Tabla D.1 – Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas 71
Tabla E.1 – Valores por defecto nominales de albañilería histórica de ladrillo 72
Tabla E.2 – Valores por defecto de tensión admisible de las maderas típicas chilenas 72
Tabla E.3 – Valores por defecto de resistencia característica de hormigón antiguo 73
Tabla E.4 – Valores por defecto de propiedades mecánicas de acero de refuerzo 73
Tabla E.5 – Valores por defecto de tensión admisible de acero estructural 73

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico CL035 *Materiales de construcción*, para establecer las disposiciones mínimas exigibles en el diseño estructural de construcciones históricas y edificios existentes.

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se han tomado en consideración los antecedentes técnicos nacionales aportados por el Instituto de la Construcción, el Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio y los antecedentes técnicos aportados por el Comité.

Los Anexos B y E forman parte de la norma.

Los Anexos A, C, D, F y G no forman parte de la norma, se insertan solo a título informativo.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 27 de febrero de 2020.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Introducción

La presente norma establece los requisitos del diseño estructural de las intervenciones en construcciones patrimoniales que se lleven a cabo con el fin de repararlas, rehabilitarlas o restaurarlas, resguardando la integridad del inmueble y la seguridad de sus ocupantes.

La presente norma incluye las disposiciones para la intervención estructural en construcciones patrimoniales de las materialidades indicadas en cláusula 1.

Los criterios y disposiciones propuestos para regular las intervenciones en construcciones patrimoniales tienen como propósito establecer:

a) Criterios de intervención de estructuras con valor patrimonial construidas con anterioridad a las normas y ordenanzas nacionales vigentes.

b) Métodos de análisis y evaluación de desempeño sísmico de estructuras patrimoniales, que correspondan a las tipologías incluidas en el alcance de esta norma.

c) Requisitos del análisis sísmico según tipo de construcción, de acuerdo a su materialidad, tamaño, uso y desempeño sísmico objetivo de la estructura.

En la elaboración de esta norma se tuvo en consideración tanto la experiencia chilena como la práctica internacional.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Estructuras — Intervención en Construcciones Patrimoniales y Edificaciones Existentes — Requisitos del Proyecto Estructural

1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma establece requisitos, procedimientos y parámetros mínimos para la intervención de construcciones patrimoniales. Para ello se definen niveles mínimos de desempeño sísmico objetivo y procedimientos para su evaluación de manera explícita.

Los objetivos de desempeño sísmico, los análisis necesarios, la información requerida para el análisis y el tipo de intervención a realizar, se deben determinar en función de las características de la estructura.

Esta norma incluye disposiciones para el análisis e intervención en edificios con tipologías constructivas cuya estructura haya sido construida con los siguientes materiales:

a) Albañilería.

b) Madera.

c) Acero.

d) Hormigón.

Esta norma es aplicable a estructuras cuyo diseño sísmico y/o construcción haya sido realizado antes de entrar en vigencia NCh433:1993.

Esta norma está diseñada para ser un complemento para el trabajo conjunto de ingenieros y arquitectos, y en ningún caso reemplazar las funciones de cada profesional.

Esta norma aplica tanto a Autoridades Competentes encargadas de las intervenciones de construcciones patrimoniales y edificaciones existentes y a las organizaciones a cargo de la ejecución del proyecto de intervención.

Se excluyen las tipologías constructivas en tierra cruda contenidas en NCh3332.

2 Referencias normativas

Los documentos 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).

NCh427/1:2016, *Construcción - Estructuras de acero - Parte 1: Requisitos para el Cálculo de estructuras de acero para edificios*.

NCh430, *Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo*.

NCh433:1996, *Diseño sísmico de edificios*.

NCh1198:2014, *Madera - Construcciones en madera - Cálculo*.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

NCh1508, *Geotecnia - Estudio de mecánica de suelos*.

NCh1537, *Diseño estructural - Cargas permanentes y cargas de uso*.

NCh1928, *Albañilería Armada - Requisitos para el diseño y cálculo*.

NCh2123, *Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo*.

NCh2745:2013, *Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica*.

NCh3332, *Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural.*

NCh3411, *Requisitos para el diseño sísmico de estructuras con sistemas pasivos de disipación de energía.*

3 Términos y definiciones

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

3.1
albañilería
bloques o piezas, unidos por morteros de pega o por trabazón mecánica que constituyen un elemento constructivo unitario

3.2
conservación
conjunto de operaciones coordinadas para mantener un edificio en su condición actual, aunque se acepten intervenciones limitadas para mejorar los niveles de seguridad

3.3
construcción patrimonial
edificaciones o conjuntos de construcciones de valor patrimonial, definido este por su contenido histórico y arquitectónico

3.4
consolidación estructural
proceso destinado a restituir las condiciones de estabilidad, considerando el comportamiento estático y dinámico de un edificio que presente daño en sus elementos estructurales. Este proceso considera el refuerzo o sustitución de los elementos dañados de la construcción patrimonial

3.5
diafragma
elemento estructural a nivel de un piso que distribuye fuerzas horizontales a los elementos resistentes verticales

3.6
elemento secundario
elemento permanente que no forma parte de la estructura resistente pero que es afectado por sus movimientos, tales como tabiques divisorios y elementos de fachada no intencionalmente estructural, ventanales, cielos falsos, antepechos, antetechos, estanterías, elementos decorativos y arquitectónicos, luminarias y equipos eléctricos y mecánicos, entre otros

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

3.7
estado de conservación
corresponde al estado general o situación actual de un inmueble patrimonial que se determina como resultado del diagnóstico

3.8
estado límite
condición más allá de la cual una estructura o un elemento constituyente de ella se torna no apta para el servicio y se considera que no es más útil para la función para la cual fue considerada (estado límite de servicio) o no es segura (estado límite resistente)

3.9
estructura resistente
comprende el conjunto de elementos que se han considerado en el cálculo como colaborantes para mantener la estabilidad de la edificación frente a las solicitaciones que se estima puede quedar expuesta durante su vida útil

3.10
estudio histórico - constructivo
corresponde al análisis de los antecedentes históricos, arquitectónicos, socio-culturales u otros, generados desde el diseño y construcción de la obra, y de los sucesivos cambios realizados a lo largo de la vida del inmueble. Debe considerar edad de los materiales y transformaciones e intervenciones y cambios de uso, entre otros

3.11
factor de confianza
factor que refleja el nivel de certeza de la información recopilada durante el estudio histórico - constructivo y el levantamiento de la construcción

3.12
informe de diagnóstico
documento que describe el estado general de la construcción y su condición estructural previa a la intervención

3.13
intervención
proceso que implica la ejecución de construcciones nuevas y obras de reconstrucción y conservación

3.14
ladrillo
pieza de arcilla cocida, generalmente con forma de prisma rectangular, que se usa en la construcción de muros, paredes y pilares, entre otros

3.15
levantamiento de la construcción
corresponde al levantamiento planimétrico y documental de la construcción, efectuado con el fin de identificar y registrar la información histórico-constructiva de la obra

3.16
mantenimiento
serie de operaciones destinadas a conservar la calidad de los materiales y elementos de la estructura, terminaciones e instalaciones de una construcción conducentes a evitar su deterioro progresivo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

3.17
monitoreo
conjunto de procedimientos y estrategias adoptadas para registrar datos relativos al comportamiento de la estructura

3.18
nivel basal
Plano horizontal en el cual se supone que se ha completado la transferencia de las fuerzas horizontales entre la estructura y el suelo de fundación. A partir de este nivel se mide la altura y el número de pisos del edificio

3.19
nivel de desempeño
nivel de daños o grado de pérdidas estructurales, no estructurales o funcionales aceptados por la autoridad y/o el propietario de la construcción

3.20
refuerzo
intervención estructural del inmueble con el objetivo de incrementar la resistencia, en todos aquellos casos en que la resistencia disponible no sea suficiente para satisfacer los requisitos de diseño estructural.

3.21
reparación
intervención estructural con el objetivo de corregir daños, en todos aquellos casos en que la resistencia disponible sea suficiente para satisfacer los requisitos de diseño estructural

3.22
sismo de servicio (SDS)
para efectos de esta norma se considera como el nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene 50% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años

3.23
sismo de diseño (SDI)
nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene como mínimo el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años

3.24
sismo máximo posible (SMP)
nivel máximo del movimiento del suelo que puede ocurrir en el lugar de edificación dentro del esquema geológico conocido. En zona de alta sismicidad (zona sísmica 3 o 2 de NCh433) éste puede tener una intensidad que se puede considerar como el nivel del movimiento sísmico del suelo que tiene un 10% de probabilidad de ser excedido en un período de 100 años

3.25
tipología estructural
clasificación de una construcción según su sistema estructural principal

3.26
valor patrimonial
cualidad o cualidades por las cuales un inmueble o un conjunto se hace significativo para un grupo social o la sociedad en su totalidad, debiéndose conservar para el conocimiento y goce de las generaciones presentes y futuras

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

4 Simbología

Los símbolos y siglas empleados en esta norma tienen el significado que se indica a continuación:

A_g : Área de sección bruta;

A_i : Factor de ponderación para el peso asociado al nivel i;

A_{inf} : Área seccional del paño de relleno en albañilería confinada;

A_n : Área neta de mortero o sección rellena del muro;

A_s : Área de refuerzo longitudinal a tracción;

A'_s : Área de refuerzo longitudinal a compresión;

A_v : Área de corte en muros de albañilería;

C_eq : Contenido de carbono equivalente;

C_1 : Factor de modificación de cargas sísmicas;

D : Cargas permanentes;

DC : Objetivo de desempeño de daño controlado;

DCR : Cociente entre demanda y capacidad;

E : Módulo de elasticidad o módulo de Young;

E_f : Módulo de elasticidad en flexión de madera;

F_{cp} : Tensión admisible para compresión paralela en madera;

F_cz : Tensión admisible para cizalle en madera;

F_i : Fuerza horizontal aplicada en el nivel i;

F_f : Tensión admisible para flexión;

F_{fh} : Tensión admisible del hierro (fierro);

F_N : Fuerza horizontal aplicada en el nivel superior;

G : Módulo de corte;

G_d : Rigidez a corte de diafragma de madera;

H : Altura total del edificio sobre el nivel basal;

J : Factor de reducción por traspaso de fuerzas;

K : Rigidez lateral equivalente;

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

I_b : Momento de inercia de una viga de acero;

I_c : Momento de inercia de una columna de acero;

I_{ce} : Momento de inercia de la sección transformada en albañilería confinada;

I_g : Momento de inercia de la sección bruta;

L : Cargas de uso según NCh1537;

L_{inf} : Largo de relleno de muro de albañilería confinada;

OI : Objetivo de desempeño de ocupación inmediata;

P : Fuerza axial sobre un elemento;

PC : Objetivo de desempeño de prevención de colapso;

P_{CL} : Resistencia a compresión axial en el límite inferior para falla por compresión vertical;

P_D : Carga superpuesta de peso propio en la superficie del elemento (Ej: revestimientos);

P_i : Peso sísmico asociado al nivel i;

P_N : Peso sísmico asociado al nivel superior;

P_{ye} : Resistencia axial de fluencia esperada de un miembro de acero;

P_W : Peso propio del elemento;

Q : Fuerza generalizada sobre un componente;

Q_CE : Resistencia esperada de un elemento para una acción controlada por deformación;

Q_{CL} : Resistencia estimada de un elemento en el límite inferior, para una acción controlada por fuerza;

Q_E : Cargas sísmicas;

Q_G : Cargas gravitacionales, combinación de cargas permanentes y cargas de uso;

Q_0 : Esfuerzo de corte basal del edificio;

Q_{UD} : Carga sobre componentes controlados por deformación, causado por cargas sísmicas y gravitacionales;

Q_{UF} : Carga sobre componentes controlados por fuerza, causado por cargas sísmicas y gravitacionales;

R_1 : Factor de reducción de la aceleración espectral, calculado según DS 61;

SDI : Sismo de diseño;

SDS : Sismo de servicio;

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

SMP : Sismo máximo;

SV : Objetivo de desempeño de seguridad de la vida;

S_a : Aceleración espectral asociada al período de la estructura;

S_{de} : Espectro de desplazamientos elásticos;

T_{ag} : Período del modo con mayor masa traslacional en la dirección del análisis, obtenido considerando secciones agrietadas;

V : Fuerza de corte sobre un elemento;

V_A : Resistencia a corte en el límite inferior para falla por aplastamiento;

V_{cv} : capacidad de corte esperada de la columna del marco vacío;

V_DT : Resistencia a corte en el límite inferior para falla por tracción diagonal;

$V_{\_inf}$: Capacidad de corte esperada del relleno de albañilería;

W : Peso sísmico total de la estructura sobre el nivel basal;

Z : Módulo de sección plástica del acero, según NCh427/1.

Z_i : Altura del nivel *i*, sobre el nivel basal;

a : Parámetro usado para medir capacidad de deformación en curvas de carga-deformación de cada componente;

b : Parámetro usado para medir capacidad de deformación en curvas de carga-deformación de cada componente;

b_w : Ancho del alma de un elemento de hormigón o acero;

c : Parámetro usado para medir la resistencia residual en curvas de carga-deformación de cada componente;

d : Parámetro usado para medir capacidad de deformación en curvas de carga-deformación de cada componente;

d_a : Elongación del anclaje al final de muro dependiente de la carga sobre el elemento de madera;

e : Parámetro usado para medir capacidad de deformación en curvas de carga-deformación de cada componente;

f_a : Esfuerzo de compresión axial en albañilería causado por cargas gravitacionales;

f_{ae} : Esfuerzo esperado de compresión axial en albañilería causado por cargas gravitacionales;

f_c : Resistencia a la compresión del hormigón en probetas cúbicas;

f'_c : Resistencia a la compresión del hormigón en probetas cilíndricas;

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

f'_m : Resistencia a la compresión de albañilería;

f_{me} : Resistencia esperada a la compresión de albañilería;

f'_{td} : Resistencia a tracción diagonal de albañilería;

f_u : Tensión de rotura del acero;

f_y : Tensión de fluencia mínima especificada del acero;

f_{ye} : Tensión de fluencia esperada del acero;

g : Aceleración de la gravedad;

h : Altura de un elemento;

h_{col} : Altura efectiva de columna en albañilería confinada;

h_{ef} : Altura efectiva de muro de albañilería;

h_{inf} : Altura efectiva relleno muros de albañilería confinada;

k : Factor de confianza;

kfl : Rigidez equivalente a flexión para albañilería confinada;

kc : Rigidez equivalente a corte para albañilería confinada;

k1 : Coeficiente indicado en Anexo C para conversión de resistencias de hormigón de probetas cúbicas a cilíndricas;

l : Longitud del muro de albañilería;

l_w : Longitud del muro de hormigón;

m : Factor de modificación de la demanda de un componente, asociado al nivel de desempeño objetivo seleccionado;

t_w : Espesor del muro de hormigón;

α : Factor de empotramiento muros albañilería definido en Ecuación 15;

β : Razón de amortiguamiento de la estructura;

γ : Factor que relaciona esbeltez del muro de albañilería.

Δ : Desplazamiento o deformación generalizada de un componente;

Δ_{ef} : Desplazamiento relativo del muro de albañilería;

Δ_y : Deflexión en fluencia;

ε_u : Elongación de rotura del acero;

δ_u : Desplazamiento sísmico objetivo en el techo de la estructura;

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

ρ : Cuantía de refuerzo longitudinal a tracción;

ρ' : Cuantía de refuerzo longitudinal a compresión;

ρ_b : Cuantía de refuerzo longitudinal a tracción evaluada sobre el área de la sección que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria;

ρ_g : Cuantía de refuerzo vertical más refuerzo horizontal de un muro;

ω : Factor de reducción de propiedades nominales para fierros;

φ : Factor de reducción de resistencia;

τ_0 : Resistencia al corte de albañilería;

υ_y : Corte por unidad de longitud esperado en la fluencia.

5 Criterios de intervención

Las intervenciones en construcciones patrimoniales se deben realizar de acuerdo a un proyecto de intervención estructural integral, el cual debe considerar los valores y atributos patrimoniales de la construcción y su historia.

NOTA La restauración de estructuras no es un fin en sí misma, sino un medio para la conservación del edificio en su conjunto, donde el estudio, diagnóstico y evaluación de la construcción puede dar lugar a diferentes tipos de intervención, las cuales pueden ser preventivas, correctivas, de reparación o de refuerzo.

Las intervenciones en construcciones patrimoniales se deben realizar en fiel cumplimiento de todos los requisitos que permitan alcanzar tanto la seguridad estructural como la integridad del valor patrimonial de la obra, la seguridad de sus ocupantes, y los requerimientos de uso del edificio.

NOTA La intervención debe ser multidisciplinar, es decir, deben involucrarse las especialidades y competencias profesionales necesarias que permitan abordar el proyecto de manera integral.

NOTA El nivel de desempeño sísmico de una estructura que ha experimentado desgaste y envejecimiento puede diferir significativamente de la estructura original. Un deterioro severo puede afectar el desempeño sísmico estructural de varias maneras, entre ellas, la reducción de la capacidad de deformación del edificio o la alteración del cumplimiento de los estados límite.

Es necesario tomar en cuenta y evaluar debidamente que la distribución de las cargas entre elementos estructurales existentes y nuevos se puede modificar con el tiempo. Las modificaciones estructurales también pueden alterar los mecanismos por los cuales son transferidos los esfuerzos a través de la estructura.

5.1 Criterios de diseño

5.1.1 Se deben identificar con claridad los objetivos de comportamiento estructural del proyecto de intervención, en conjunto con las características de la metodología a implementar.

5.1.2 Se debe evaluar explícitamente los niveles de desempeño sísmico que se alcanzan para cada intensidad de sismo considerado, de manera de alcanzar, condiciones de mínimo daño para los sismos de intensidad moderada y de protección de la vida para los sismos de intensidad excepcionalmente severa, teniendo en cuenta el valor patrimonial del inmueble.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

5.2 Criterios estructurales

Los criterios estructurales contemplan:

5.2.1 Restituir o mejorar la capacidad estructural de una construcción, mediante la modificación de los niveles de desempeño de los elementos que componen la estructura, por ejemplo, a través del aumento del tamaño de las secciones, implementación de refuerzos suplementarios u otros.

5.2.2 Mejorar o mantener las condiciones de servicio, mediante la introducción de componentes estructurales que permitan modificar el comportamiento de la estructura, tales como puntales, tensores o cargas externas que redistribuyan la trayectoria de las cargas.

5.2.3 Considerar el desempeño sísmico de la estructura.

5.2.4 Compensar los efectos del daño estructural existente, estableciendo medidas preventivas y de mitigación para evitar o disminuir el daño estructural futuro, tales como, la aplicación de recubrimientos, membranas u otros tipos de elementos que permitan proteger la estructura de la construcción.

5.3 Criterios patrimoniales

Los criterios patrimoniales mínimos a considerar incluyen:

5.3.1 Mantención de la forma y la expresión original

El valor y la autenticidad del patrimonio arquitectónico reside tanto en su aspecto externo como en la integridad de todos sus componentes internos, el material y su unión, como producto genuino de su época.

5.3.2 Evaluación caso a caso

Las construcciones de valor patrimonial tienen en su materialidad y sistema constructivo información relevante sobre la época en que se construyó, los que deben ser preservados y evaluados en cada caso.

5.3.3 Mínima intervención

Se debe buscar el mínimo impacto sobre el valor patrimonial y la autenticidad de la edificación y sus materiales. Es esencial determinar las causas de los daños para asegurar la mínima intervención.

5.3.4 Compatibilidad de materiales

Las intervenciones deben proponer sistemas constructivos materialmente compatibles con la construcción original.

5.3.5 Reversibilidad

Las intervenciones deben cumplir con el principio de reversibilidad, vale decir empleando sistemas y materiales que puedan ser modificados o restituidos en etapas posteriores minimizando los daños. En caso de no poder ser aplicado, se debe respaldar adecuadamente el diseño propuesto.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

5.3.6 Diferenciación

Es importante que las diferencias entre intervenciones de distintas épocas, se exprese y puedan ser identificadas en el tiempo, debe conciliarse el criterio de integridad de la estructura.

5.3.7 Respeto por la pátina

Se refiere a la conservación de las deformaciones y pátinas sobre los elementos y materiales que no signifiquen un daño, sino solo sean la evidencia del paso del tiempo.

5.4 Criterios de planificación, y control de las obras

5.4.1 La planificación de las obras de intervención debe llevarse a cabo en coordinación entre las especialidades del proyecto.

5.4.2 Se debe asegurar la estabilidad de la estructura durante las fases de construcción, implementando un sistema de monitoreo estructural.

6 Diagnóstico estructural de la construcción patrimonial

Con el fin de determinar el estado general de la construcción y su condición estructural previa a la intervención, se debe realizar un diagnóstico estructural, el cual debe quedar explícito en un Informe de Diagnóstico. El Informe de Diagnóstico debe contener, sin estar limitado a, lo siguiente:

a) Información obtenida a través de un estudio histórico-constructivo, incluyendo época y/o fecha de construcción, consignando, además, los cambios y transformaciones de la construcción desde su origen.

NOTA Lo anterior resulta necesario en el ámbito ingenieril para conocer la edad de los materiales y sus propiedades mecánicas, acorde a la época de construcción. Por otro lado, dado que se trata de construcciones patrimoniales, resulta relevante la comprensión de la historia de la obra, sus transformaciones constructivas o de uso, de manera de establecer el tipo y grado de intervención que requiere.

b) Levantamiento estructural de la construcción, que debe considerar a lo menos el levantamiento arquitectónico, los materiales existentes, los daños y los agentes de deterioro.

NOTA Para una detallada descripción de lo que conlleva el levantamiento estructural en una construcción patrimonial revisar Anexo A. Esta información resulta fundamental en un proyecto de intervención patrimonial ya que permite obtener las primeras deficiencias en el sistema estructural y definir los procesos patológicos sobre la edificación. De este proceso también se obtiene la planimetría de la edificación, la descripción de los sistemas constructivos y el detalle de sus materiales constituyentes.

c) Origen y posibles causas del proceso patológico observado.

NOTA Dado que las estructuras bajo análisis suelen ser construcciones antiguas, resulta lógico que éstas presenten altos niveles de desgaste y envejecimiento en sus materiales constructivos. Lo anterior sumado a todas las cargas a las que han sido sometidas a lo largo de su vida, generarán procesos patológicos que son convenientes de estudiar para definir el tipo de intervención a realizar.

d) La condición estructural de la construcción antes de la intervención considerando los factores que amenacen su estabilidad y durabilidad. Esta condición debe considerar la interacción de la estructura con construcciones colindantes existentes.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

7 Objetivos de desempeño sísmico

Los objetivos de desempeño sísmico se deben determinar en función del comportamiento sísmico esperado para los componentes estructurales y no estructurales de la edificación frente a sismos que pueden afectar a la edificación durante su vida útil proyectada a partir de la intervención.

7.1 Niveles de desempeño objetivo

7.1.1 Ocupación inmediata

El objetivo de desempeño de ocupación inmediata se define como aquel en que el estado de daños causado por el evento sísmico es leve. La estructura mantiene esencialmente intactas sus condiciones de resistencia y rigidez, por lo que presenta altos niveles de seguridad para continuar con su uso.

7.1.2 Daño controlado

El objetivo de desempeño de daño controlado se define como aquel en que el estado de daños causado por el evento sísmico es moderado. La estructura presenta un grado de disminución de sus condiciones de resistencia y rigidez, pero aun presenta un adecuado nivel de seguridad.

7.1.3 Seguridad de la vida

El objetivo de desempeño de seguridad de la vida se define como aquel en que los daños causados por el evento sísmico son considerables. La estructura presenta una importante disminución de sus condiciones de resistencia y rigidez, pero mantiene un margen de seguridad para evitar su colapso total o parcial que amenace la vida de sus ocupantes.

7.1.4 Prevención de colapso

El objetivo de desempeño de prevención del colapso se define como aquel en que el estado de daños causado por el evento sísmico es severo. La estructura ve reducida a un mínimo sus condiciones de resistencia y rigidez, con componentes dañados y sin margen de seguridad frente al colapso. No es seguro continuar con el uso de la estructura.

NOTA La Tabla 1 presenta una descripción del comportamiento estructural esperado según el nivel de desempeño sísmico escogido.

Tabla 1 – Descripción cualitativa de daños según nivel de desempeño

	Niveles de desempeño			
	Ocupación Inmediata (*OI*)	**Daño Controlado (*DC*)**	**Seguridad de la Vida *SV*)**	**Prevención de Colapso (*PC*)**
Nivel general del daño	**Leve/Sin Daño**	**Leve/Moderado**	**Moderado/Severo**	**Severo/Total**
Generales	Edificio en operación normal y funcional. Los daños, de producirse, serán superficiales. En este nivel se protege la inversión, función y valor histórico y cultural.	Edificio podrá quedar inoperativo por un período corto de tiempo.	Edificio inoperativo, pero salvaguarda vida de ocupantes.	Edificio con pérdidas totales, completamente inoperativo.

(continúa)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Tabla 1 – Descripción cualitativa de daños según nivel de desempeño (conclusión)

	Niveles de desempeño			
	Ocupación Inmediata (*OI*)	**Daño Controlado (*DC*)**	**Seguridad de la Vida *SV*)**	**Prevención de Colapso (*PC*)**
Nivel general del daño	**Leve/Sin Daño**	**Leve/Moderado**	**Moderado/Severo**	**Severo/Total**
Estructurales	Sólo se generarán daños superficiales en el sistema estructural	Algunos daños locales se presentarán en el sistema estructural	Daños severos y permanentes en edificio.	Estructura permanecerá con capacidad de soporte de cargas gravitacionales, pero en muy mal estado.
N o estructurales	Daño menor. Servicios básicos se mantienen disponibles o mediante fuentes de reserva.	Daño puntual (localizado) en componentes y sistemas no estructurales. Pueden existir fallas en servicios básicos, restituibles por fuentes de reserva.	Daño extenso en componentes y sistemas no estructurales. Servicios básicos se encuentran sin funcionamiento.	Daño total de componentes y sistemas no estructurales

La siguiente figura ilustra esquemáticamente los daños esperados para cada nivel de desempeño sísmico objetivo.

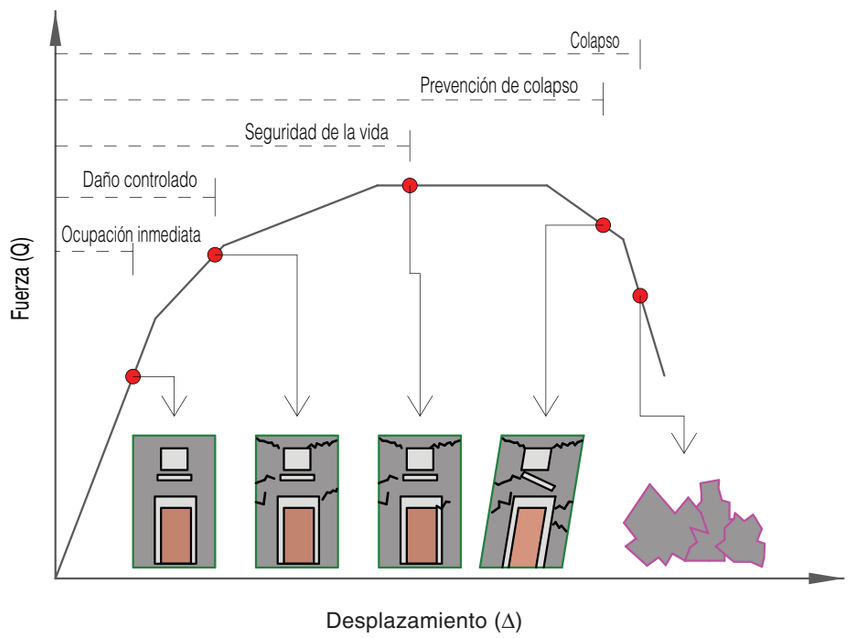


Figura 1 – Curva de comportamiento para un edificio típico según desempeño sísmico objetivo

7.2 Selección del objetivo de desempeño sísmico

7.2.1 Los objetivos de desempeño sísmico deben ser definidos por el mandante y un equipo técnico asesor, en los casos que sea necesario. Estos objetivos deben concordar con el tipo de edificación y los daños aceptables para cada nivel de sismo considerado en la evaluación.

Estos objetivos de desempeño sísmico deben ser establecidos de acuerdo a Tablas 2 y 3 de esta sección.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

7.2.2 Para diseñar el proyecto de intervención, se debe seleccionar un objetivo de desempeño sísmico para el sismo de diseño, como se define en 8.1.4.2.

7.2.3 Para diseñar el proyecto de intervención, se debe seleccionar un objetivo de desempeño sísmico para el sismo máximo posible, como se define en 8.1.4.3.

7.2.4 Sin importar el objetivo de desempeño que se escoja para diseñar la intervención, la evaluación sísmica de la estructura debe verificar que la estructura alcanza un objetivo de desempeño de ocupación inmediata para el sismo de servicio, como se define en 8.1.4.1

NOTA La selección del nivel de desempeño sísmico objetivo puede estar relacionada con los montos económicos disponibles para la intervención de la edificación. Objetivos de desempeño sísmico superiores, pueden requerir intervenciones mayores, pero también permiten alcanzar una mayor protección a la inversión, a los contenidos y a la función.

Es de suma importancia, al momento de seleccionar el objetivo de desempeño sísmico, considerar la relevancia del edificio en términos de su aporte, ya sea, histórico, arquitectónico, estratégico o social. Para dar una orientación al mandante para la selección del objetivo de desempeño sísmico, según el uso e importancia de la edificación, se presenta Tabla 2, que en conjunto con Tabla 3, permite establecer el nivel de desempeño sísmico mínimo requerido para una edificación patrimonial, para las diferentes intensidades de sismo definidas en Tabla 4.

Tabla 2 – Clasificación de edificaciones y estructuras según su importancia y uso

	Categorías de importancia		
	Alta	**Media**	**Baja**
Criterio de selección	Edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública (como cuarteles de policía, centrales eléctricas y telefónicas, correos y telégrafos, radioemisoras, canales de televisión, plantas de agua potable y de bombeo, etc.), y aquellos cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe (como hospitales postas de primeros auxilios, cuarteles de bomberos, garajes para vehículos de emergencia, estaciones terminales, etc.)	Edificios cuyo contenido es de gran valor (como bibliotecas, museos, etc.) y aquellos donde existe frecuentemente aglomeración de personas. Entre estos últimos se incluyen los siguientes edificios: — Salas destinadas a asambleas para 100 o más personas; — Estadios y graderías al aire libre para 2 000 o más personas; — Escuelas, parvularios y recintos universitarios; — Cárceles y lugares de detención; — Locales comerciales con una superficie igual o mayor que 500 m^2 por piso, o de altura superior a 12 m	Edificios destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenecen a ninguna de las categorías alta o media

Fuente: Adaptación de NCh433:1996.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 3 – Nivel de desempeño sísmico mínimo recomendado según categoría de importancia de la edificación e intensidad de sismo

Sismo	Categorías de importancia		
	Alta	**Media**	**Baja**
Servicio	OI	OI	OI
Diseño	OI	DC	SV
Máximo	DC	SV	PC

8 Bases de la intervención estructural

Se deben obtener y definir los siguientes antecedentes relativos a la edificación estudiada.

8.1 Demanda sísmica

La caracterización de la demanda sísmica a la que se someterá la edificación es resultado de la combinación de los antecedentes descritos en subcláusulas 8.1.1 a 8.1.4.

8.1.1 Antecedentes geotécnicos

La información geotécnica necesaria para definir los parámetros que representan las características del suelo de fundación debe regirse por la Norma Chilena NCh1508 vigente.

8.1.2 Definición de zona sísmica

Se debe establecer la zonificación sísmica de la estructura siguiendo los procedimientos prescritos en NCh433:1996, 4.1.

8.1.3 Definición intensidad de sismo

Para efectos de esta norma, se han definido tres intensidades de sismo según su recurrencia y probabilidad de excedencia, esto se muestra en Tabla 4.

Tabla 4 – Descripción de intensidad de sismo

	Intensidad de sismo		
	Servicio	**Diseño**	**Máximo**
Recurrencia	72 [años]	475 [años]	970 [años]
Probabilidad de Excedencia	50% en 50 años	10% en 50 años	10% en 100 años

En el caso de estructuras fundadas en suelos tipos E o F, se requiere un estudio de peligro sísmico probabilístico para caracterizar la amenaza sísmica en el sitio.

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

8.1.4 Espectro de diseño

Se debe caracterizar el movimiento del suelo a través de los espectros de diseño definidos en 8.1.4.1 hasta 8.1.4.3.

Para estructuras que se encuentren fundadas en suelos tipo E o F, según lo exigido en 8.1.1, o ubicadas a menos de 10 km de una falla activa, se requiere de un espectro específico del sitio debidamente justificado.

NOTA Se define a una falla como activa si hay evidencia de a lo menos un desplazamiento en los últimos 10 000 años (Período Holoceno). Se define, además, que una falla activa es sísmicamente capaz si los desplazamientos van asociados a la ocurrencia de sismos. Fuente: NCh2745:2013.

Para el caso de estructuras evaluadas considerando espectros de sitio, el sismo de diseño no debe considerarse menor que el espectro entregado por esta norma. Asimismo, el sismo máximo posible no se debe considerar menor al espectro de sismo de diseño amplificado por el factor M_M, definido en Tabla B.1.

8.1.4.1 Sismo de servicio

El sismo de servicio se debe obtener de NCh433, pero calculado con el siguiente factor de reducción:

$$R^{**} = \frac{R_1}{1{,}4} \quad (1)$$

NOTA Dado que el espectro de aceleración utilizado en esta normativa representa los sismos de diseño y sismo máximo, se permite la obtención del espectro de aceleración para sismos de servicio a través de la NCh433 modificado por el DS 61 pero adaptado a las combinaciones de carga usadas en este documento.

8.1.4.2 Sismo de diseño

Para los casos donde no se requiera un espectro específico de sitio, se debe considerar el espectro de diseño indicado en Anexo B, específicamente en Figura B.1, debidamente escalado por el factor Z_S de Tabla B.1 y conjuntamente con los valores indicados en Tabla B.2.

8.1.4.3 Sismo máximo posible

Para los casos donde no se requiera un espectro específico de sitio, el espectro para el sismo máximo posible se debe obtener amplificando el espectro de diseño, indicado en Anexo B, por el factor M_M, definido en Tabla B.1

8.2 Tipología constructiva

Según la información recolectada y analizada en cláusula 6, se debe definir el sistema sismorresistente de la edificación, en conformidad con alguna de las tipologías presentes en las obras patrimoniales nacionales descritas en Tablas 5 y 6.

En el caso que se encuentre una tipología diferente a las presentadas en Tablas 5 y 6, se deben dejar debidamente estipuladas las características del sistema estructural sismorresistente presente en la edificación. En el caso que se encuentre una edificación con tipología mixta, se debe identificar la distribución y características de cada uno de los materiales presentes en la estructura y la contribución de cada tipología a su sistema sismorresistente.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 5 – Descripción cualitativa de tipologías presentes en obras patrimoniales

Material	Tipología	Descripción
Adobe		Referirse a NCh3332:2013 o última versión vigente.
Albañilería	Simple	Elementos o sistemas compuestos por unidades de ladrillos de arcilla cocida. Cuando hay muros interiores, estos también están compuestos de ladrillos de arcilla cocida. En construcciones más antiguas, las estructuras de piso y techo suelen componerse de tablas de madera apoyadas sobre vigas; en las más recientes pueden ser mezclas de madera, hormigón, acero y/o estructuras metálicas. Las fuerzas laterales son resistidas por los muros de albañilería.
	Reforzada	Elementos o sistemas compuestos por unidades de ladrillos de arcilla cocida o bloques de hormigón con refuerzo de acero. En construcciones más antiguas las estructuras de piso y techo suelen componerse de tablas de madera apoyadas sobre vigas, en las más recientes pueden ser mezclas de madera, hormigón, acero y/o estructuras metálicas. Las fuerzas laterales son resistidas por los muros de albañilería reforzada. En caso de que los refuerzos no cuenten con la cuantía, rigidez, o adherencia suficientes a las unidades de ladrillos, estos no podrán ser considerados en el desempeño del elemento, debiendo ser este evaluado como albañilería simple.
	Armada	Elementos o sistemas compuestos de arcilla cocida, reforzada interiormente con barras de acero verticales adheridos monolíticamente con mortero a los ladrillos que atraviesa. Para que se pueda considerar en el desempeño del elemento el aporte del acero de refuerzo, el área de la sección transversal de las armaduras debe ser mayor al 25% de la indicada en NCh1928.
	Confinada	Elementos o sistemas con muros compuestos por unidades de ladrillos de arcilla cocida, confinados en su perímetro con pilares y cadenas de hormigón armado. En construcciones más antiguas, las estructuras de piso y techo suelen componerse de tablas de madera apoyadas sobre vigas; en las más recientes pueden ser mezclas de madera, hormigón, acero y/o estructuras metálicas. Las fuerzas laterales son resistidas por los muros de albañilería confinados por los elementos de hormigón.
Madera	Marcos arriostrados	Elementos o sistemas compuestos por vigas (o viguetas) y columnas (o postes) de madera, próximas entre sí. Los marcos pueden ser cubiertos por revestimiento de tablones de madera o madera contrachapada, formando muros perimetrales. Estructuras de piso y techo suelen ser vigas de madera revestidas con tablones. Las fuerzas laterales son resistidas por la estructura de marcos y muros de madera.

(continúa)

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 5 – Descripción cualitativa de tipologías presentes en obras patrimoniales (conclusión)

Material	Tipología	Descripción
Acero	Marcos de momento	Elementos o sistemas por vigas y columnas de acero, con conexiones rígidas entre ellos. Estructuras de piso y techo suelen ser de estructura metálica recubierta con madera, hormigón o algún otro material constructivo. Las fuerzas laterales son resistidas por los marcos de momento de acero que desarrollan su rigidez a través de conexiones viga-columna rígidas o semi-rígidas. Cuando todas las conexiones son resistentes a momento, el marco entero participa en la resistencia lateral. Cuando sólo algunas conexiones son resistentes a momento, la resistencia es provista a través de las líneas sismorresistentes del marco.
	Marcos arriostrados	Elementos o sistemas compuestos por vigas y columnas de acero, sin conexiones rígidas entre ellos pero con componentes diagonales que aportan a la rigidez en la dirección del elemento. Estructuras de piso y techo suelen ser de estructura metálica recubierta con madera, hormigón o algún otro material constructivo. Las fuerzas laterales son resistidas por diagonales de acero, soportando fuerzas de tracción y compresión. Cuando las conexiones diagonales son concéntricas, los esfuerzos de todos los miembros son primordialmente axiales. Cuando las conexiones diagonales son excéntricas, los elementos estructurales están sujetos a esfuerzos axiales, de flexión y corte.

Tabla 6 – Descripción cualitativa de tipologías presentes en obras patrimoniales (continuación de Tabla 5)

Material	Tipología	Descripción
Hormigón	Hormigón armado	Edificios compuestos por elementos de hormigón reforzado con barras de acero. En su estructuración puede contener vigas, columnas y muros de corte. Estructuras de piso y techo suelen ser vigas o losas de hormigón. Las fuerzas laterales son resistidas por muros de corte de hormigón. En construcciones más recientes, se tiene menor densidad de muros, pero éstos son reforzados con elementos de borde y armadura destinada a proporcionar ductilidad.
	Hormigón simple	Edificios compuestos por elementos de hormigón. Su estructuración suele ser de muros densos, columnas y vigas. En construcciones antiguas, los muros están ligeramente reforzados, pero el acero no se extiende a lo largo de toda la estructura. Estructuras de piso y techo pueden ser losas de hormigón, madera o acero. Las fuerzas laterales son resistidas por muros de hormigón.

8.3 Configuración del edificio

En conjunto con la tipología definida, y a través del levantamiento de la construcción especificado en cláusula 6, debe quedar claramente estipulado el tipo y la disposición de cada uno de los componentes estructurales verticales y horizontales existentes. También se deben identificar los componentes no estructurales que puedan afectar la rigidez o resistencia de algún componente estructural necesario para la transferencia de cargas.

NOTA A través de la identificación de la configuración estructural del edificio se pueden determinar las primeras deficiencias del sistema estructural, las que podrían incluir discontinuidades en la transferencia de cargas, uniones débiles, irregularidades geométricas en planta y elevación, resistencias insuficientes y/o limitadas capacidades de deformación, entre otras.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

8.3.1 Diafragmas

Los diafragmas deben clasificarse como flexibles o rígidos. Para ello se debe efectuar un análisis estructural que considere las rigideces relativas de los diafragmas y de los elementos verticales que componen el sistema sismorresistente asociado al diafragma en evaluación.

Un diafragma se define como flexible cuando la máxima deformación en el plano del diafragma debido a cargas laterales es mayor a dos veces el desplazamiento de entrepiso promedio de los elementos verticales ubicados en los extremos de la planta del sistema sismorresistente (asociado al diafragma en evaluación). En caso contrario, el diafragma se define como rígido.

Las losas de hormigón armado y las losas con placa colaborante diseñadas con colaboración total que consideren en su diseño la capacidad de transmitir los esfuerzos de corte sísmico a través de su plano, pueden ser consideradas como un diafragma rígido.

Para el propósito de clasificación de diafragmas, las deformaciones entre pisos y de diafragmas deben ser obtenidas usando la fuerza lateral especificada en 9.2.1.

8.4 Caracterización de materiales

Las propiedades de los materiales deben ser obtenidas a través de ensayos realizados *in situ*, de preferencia no destructivos. Todos los ensayos deben ser realizados de acuerdo a normativa vigente y/o laboratorio certificado.

Los valores de resistencia nominal de los materiales, indicados en planos o documentos de construcción, deben ser considerados como valores de límite inferior, sin que ello los exima de realizar los ensayos necesarios.

En el caso de realizar ensayos destructivos, los resultados obtenidos se consideran aceptables si se cumple con la siguiente cantidad de muestras:

a) Probetas de materiales: a lo menos tres.

b) Probetas de sistemas constructivos, simples o compuestos: a lo menos una si se complementa con ensayos no destructivos o información de planos constructivos; y a lo menos tres si es el único método de recolección de información.

Los ensayos destructivos deben ser complementados con ensayos no destructivos, en caso de ser posible, a fin de obtener un mayor conocimiento de las propiedades mecánicas del sistema constructivo.

En el caso de realizar ensayos no destructivos, los resultados obtenidos se consideran aceptables si se cumple con lo siguiente:

a) Complementarios a ensayos destructivos: a lo menos 3 mediciones.

b) Suplementarios a ensayos destructivos: a lo menos 8 mediciones.

NOTA Un ejemplo de lo anterior resulta en ensayar un murete de albañilería a través de ensayos destructivos y no destructivos para generar una relación entre los resultados de ambos ensayos y luego obtener indirectamente información del resto de muretes del sistema constructivo a través de ensayos no destructivos.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Todos los elementos estructurales intervenidos para realizar los ensayos deben ser reparados y/o repuestos con elementos similares a los presentes en la edificación original.

NOTA En edificaciones que cuenten con parapetos, antetechos y/o antepechos es recomendable que de estos elementos se obtengan las muestras a ensayar, de modo de no afectar la resistencia del sistema estructural y que resulte de fácil reposición posterior al ensayo. En estructuras de más de un nivel se recomienda no extraer testigos desde elementos resistentes de los primeros niveles.

En caso de no poder realizar ensayos, ya sea constructivos o destructivos, o de no obtener la cantidad mínima de resultados aceptables, se permite utilizar los valores de referencia indicados en subcláusulas 8.4.2 a 8.4.5.

8.4.1 Albañilería

Las propiedades mecánicas de los materiales de albañilería deben ser obtenidas a través de planos, especificaciones o algún otro documento de construcción en el caso que estos se encuentren disponibles. Cuando estos documentos no entreguen la información necesaria, ésta se debe obtener a través de ensayos, prefiriendo siempre ensayos de tipo no destructivo. Se deben obtener a lo menos las siguientes propiedades de materiales presentes en la edificación:

Tabla 7 – Propiedades mecánicas en albañilerías

1	Resistencia a la compresión	f_m'
2	Resistencia al corte	ζ_0
3	Módulo de Young	Em
4	Módulo de corte	G_m

NOTA En caso de realizar ensayos de albañilería, se permite utilizar un prisma por paño del largo de un ladrillo a un ladrillo y medio, cumpliendo con las condiciones de NCh2123.

En caso que no exista información histórica de la edificación, y no sea posible realizar ensayos (ya sea por mantención del inmueble o por estado de materiales), se podrán utilizar los valores por defecto presentados en Anexo E, Tabla E.1 para calcular la capacidad de las secciones de albañilería según 9.4.2.

NOTA Para los elementos de albañilería se proponen los siguientes factores de transformación de propiedades en el límite inferior a propiedades esperadas.

Tabla 8 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas

Propiedad	Factor
Resistencia a la compresión	1,30

8.4.2 Madera

Las propiedades mecánicas de las tipologías de madera deben ser obtenidas a través de planos, especificaciones o algún otro documento de construcción en caso que éstos existan. Se deben obtener a lo menos las siguientes propiedades de materiales presentes en la edificación.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 9 – Propiedades mecánicas en maderas

1	Resistencia a la flexión	F_f
2	Resistencia a la compresión paralela	F_{cp}
3	Resistencia de cizalle	F_{CZ}
4	Módulo de elasticidad en flexión	E_f

Cuando estos documentos no estén disponibles o no entreguen la información necesaria, ésta se debe obtener a través de ensayos, considerando preferentemente los del tipo no destructivo.

En caso que no exista información histórica de la edificación, y no sea posible realizar ensayos (ya sea por mantención del inmueble o por estado de materiales), se podrán utilizar los valores por defecto presentados en Anexo E, Tabla E.2 para calcular la capacidad de las secciones de madera según 9.4.3.

NOTA Para los elementos de madera se proponen los siguientes factores de transformación de propiedades en el límite inferior a propiedades esperadas.

Tabla 10 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas

Propiedad	Factor
Resistencia a la flexión	1,05

8.4.3 Hormigón

Las propiedades mecánicas de los materiales de hormigón deben ser obtenidas a través de planos, especificaciones o algún otro documento de construcción en el caso que estos se encuentren disponibles. Cuando estos documentos no entreguen la información necesaria, ésta se debe obtener a través de ensayos, prefiriendo siempre ensayos de tipo no destructivo. Se deben obtener a lo menos las siguientes propiedades de materiales presentes en la edificación:

Tabla 11 – Propiedades mecánicas en hormigones

1	Resistencia a la compresión	f_c'
2	Módulo de Young	E
3	Tensión de fluencia barras de refuerzo	f_y

En caso que no exista información histórica de la edificación, y no sea posible realizar ensayos (ya sea por mantención del inmueble o por estado de materiales), se podrán utilizar los valores por defecto presentados en Anexo E, en Tabla E.3 para hormigones y en Tabla E.4 para acero de refuerzo, para calcular la capacidad de las secciones de hormigón según 9.4.4.

NOTA Para los elementos de hormigón se proponen los siguientes factores de transformación de propiedades en el límite inferior a propiedades esperadas.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 12 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas

Propiedad	Factor
Resistencia a la compresión hormigón	1,50
Tensión de fluencia acero de refuerzo	1,25

8.4.4 Acero

Las propiedades mecánicas de los aceros deben ser obtenidas a través de planos, especificaciones o algún otro documento de construcción en caso que estos se encuentren disponibles. Cuando estos documentos no entreguen la información necesaria, ésta se debe obtener a través de ensayos de campo, prefiriendo siempre ensayos de tipo no destructivos. Se debe determinar, a lo menos, las siguientes propiedades mecánicas y químicas de los materiales presentes en la edificación:

Tabla 13 – Propiedades mecánicas en aceros

1	Tensión de fluencia	f_y
2	Tensión de rotura	f_u
3	Elongación de rotura	ε_u
4	Carbono equivalente	C_{eq}

En el caso que no exista información histórica de la edificación, y no sea posible realizar ensayos (ya sea por mantención del inmueble o por estado de materiales), se podrán utilizar los valores por defecto presentados en Anexo E, Tabla E.5 para calcular la capacidad de las secciones de acero según 9.4.5.

NOTA Para los elementos de acero se proponen los siguientes factores de transformación de propiedades en el límite inferior a propiedades esperadas.

Tabla 14 – Factores de transformación propiedades en el límite inferior a esperadas

Propiedad	Factor
Tensión de fluencia acero estructural	1,08

Según la clasificación química del material de acero, determinada mediante ensayos, se deberá definir la composición del elemento y verificar correspondencia con acero, hierro o algún otro material.

NOTA La definición de valores por defecto para el acero resulta compleja por la gran variabilidad de opciones que existen y las consecuencias de adoptar determinadas propiedades mecánicas en el comportamiento de la estructura. Es por ello la importancia de caracterizar claramente el tipo de acero presente en la estructura. Dada la temporalidad en que fueron realizadas las construcciones históricas es posible encontrar diferentes tipos de hierro, dulce o fundido, más que acero estructural. A mayores contenidos de carbono se tendrá estructuras más rígidas, presentando fallas frágiles, versus estructuras con menor contenido de carbono que se comportarán más dúctilmente.

Cuando se trabaje con materiales que no correspondan estrictamente a aceros, sino más bien tipos de hierro, se debe aplicar un factor de reducción $\omega = 0{,}8$ a los valores por defecto presentados en Tabla E.5.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Comentario: Los valores entregados en Tabla E.5 corresponden a valores de tensiones admisibles. Por lo tanto, en el caso de considerar propiedades obtenidas mediante ensayos, éstas deben corresponder a tensiones admisibles una correcta comparación.

8.5 Factor de confianza

Se define un factor de confianza *k* que refleja el nivel de conocimiento que se alcanza a partir de la información recopilada en el diagnóstico de la construcción y en la recopilación de antecedentes, de acuerdo a lo indicado en cláusulas 6 y 8. Los valores de *k* se indican en Tabla 15, y deben ser utilizados en los cálculos de capacidad de los componentes.

Comentario: Para el caso de análisis estático, se permite la utilización de antecedentes con el mínimo nivel de conocimiento. Sin embargo, para el caso de análisis no lineales se debe tener información más certera respecto de los materiales utilizados en la edificación.

Tabla 15 – Recolección de información y factor de confianza

	Sin ensayos[a)]	**Con ensayos[b)]**
Evaluación de condición[c)]	Visual	Exhaustiva
Descripción de la estructura	Descripción general	Descripción detallada de elementos y uniones
Factor de confianza, *k*	0,75	1,00

a) Propiedades de materiales se obtienen de valores por defecto presentados en Anexo E.

b) Propiedades de materiales se obtienen a través de ensayos, ya sea destructivos, no destructivos o una combinación de ellos.

c) La evaluación de condición corresponde a la observación y análisis del estado actual, incluyendo deficiencias y mecanismos de deterioro de la edificación.

8.6 Comportamiento de componentes

Se debe definir el comportamiento sísmico que tendrá cada uno de los componentes del sistema sismorresistente, el que puede ser controlado por deformaciones o por fuerzas. El comportamiento sísmico se debe clasificar como Tipo 1, 2 ó 3.

NOTA Una respuesta controlada por deformaciones corresponde a un comportamiento dúctil, mientras que una respuesta controlada por fuerzas corresponde a un comportamiento frágil, controlado por resistencia. En el caso de estructuras históricas chilenas, se estima que la mayoría debiera presentar comportamientos frágiles.

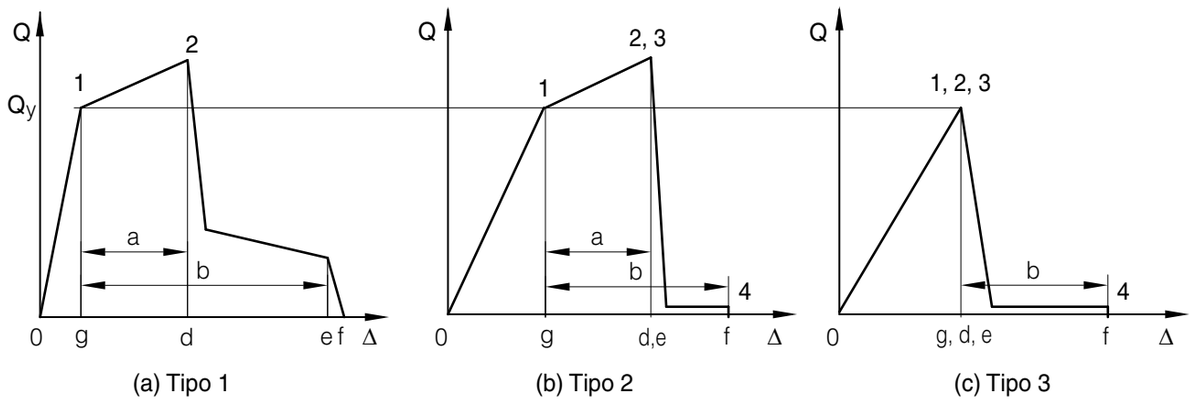
La clasificación anterior se debe realizar según las curvas de fuerza versus deformación mostradas en Figura 2.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo



(a) Tipo 1 (b) Tipo 2 (c) Tipo 3

Figura 2 – Curvas de fuerza versus deformación del componente
Fuente: ASCE 41-13

a) Tipo 1: Es representativa del comportamiento dúctil donde hay un rango elástico (entre puntos 0-1) y un rango plástico (entre puntos 1-3), seguido por una pérdida de la capacidad de resistencia sísmica en el punto 3 y una pérdida de la capacidad de resistencia gravitacional en el punto 4. El rango plástico puede tener una pendiente post elástica positiva o negativa (entre puntos 1-2) y una región degradada por la fuerza con una resistencia residual no despreciable para resistir fuerzas sísmicas y cargas de gravedad (entre puntos 2-3). Componentes estructurales que presenten este comportamiento deben ser clasificados como controlados por deformación si es que el rango plástico es tal que $d \geq 2\ g$; de otro modo, el componente debe ser considerado como controlado por fuerzas.

b) Tipo 2: Es representativa del comportamiento dúctil donde hay un rango elástico (entre puntos 0-1) y un rango plástico (entre puntos 1-3). El rango plástico puede tener una pendiente post elástica positiva o negativa (entre puntos 1-3) seguido por una pérdida sustancial de capacidad de resistencia sísmica en el punto 3. La pérdida de la habilidad para soportar cargas gravitacionales ocurre con la deformación asociada al punto 4. Componentes estructurales que presenten este comportamiento deben ser clasificados como controlados por deformación si es que el rango plástico es tal que $e \geq 2\ g$; de otro modo, el componente debe ser considerado como controlado por fuerzas.

c) Tipo 3: Es representativa del comportamiento frágil o no dúctil donde hay un rango elástico (entre puntos 0-1) seguido por una pérdida de resistencia para soportar las cargas sísmicas en el punto 3 y la habilidad para soportar las cargas gravitacionales más allá del punto 4. Elementos estructurales que presenten este comportamiento deben ser considerados como controlados por fuerzas.

Para cualquier componente estructural, con alguno de los comportamientos presentados en Figura 2, sólo se aceptan deformaciones hasta el punto 2.

Es importante considerar también que la fuerza Q, más allá del punto 3, decae considerablemente, y en algunos casos hasta aproximadamente cero.

Cuando no se conozcan las curvas de comportamiento de los elementos, se deben considerar como controlados por fuerza.

NOTA La selección de la curva de comportamiento y del nivel de desempeño sísmico permite definir los criterios de aceptación a considerar durante la evaluación de la estructura.

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Para componentes que presenten comportamientos de Tipo 1, se consideran criterios de aceptación basados en deformaciones, las que se pueden encontrar en el rango elástico o plástico (entre puntos 0 y 2) para componentes estructurales.

Para componentes que presenten comportamientos de Tipo 2, se consideran criterios de aceptación basados en deformaciones, las que se pueden encontrar en el rango elástico o plástico según el nivel de desempeño alcanzado.

Para componentes que presenten comportamientos de Tipo 3, se consideran criterios de aceptación basados en resistencias, y sus deformaciones se deben encontrar dentro del rango elástico.

Un mismo componente puede tener una combinación de comportamientos, según la respuesta (a flexión, corte, esfuerzo axial y torsión, entre otros) que se esté evaluando.

La clasificación del comportamiento del componente, ya sea controlado por fuerza o por deformación, no se debe efectuar a criterio del diseñador. Es por lo anterior que se presentan las curvas de comportamiento según fuerza versus deformación. En el caso que no se encuentren los criterios de aceptación o los factores de modificación de demanda por capacidad de deformación no lineal, será necesario considerar el elemento como controlado por fuerzas.

La Figura 3 muestra una curva genérica fuerza versus deformación considerada en el modelo de análisis,

y los criterios de aceptación de los componentes. Los conceptos ilustrados en la figura aplican a cualquiera de las materialidades básicas. El rango lineal se encuentra entre el punto A (elemento descargado) y el punto B (límite elástico efectivo). La pendiente entre los puntos B y C es generalmente un 10% de la pendiente elástica y es incluida para representar los fenómenos de endurecimiento por deformación post fluencia. En el punto C se inicia la degradación significativa de resistencia (línea C – D). Más allá del punto D, la resistencia del elemento es limitada, hasta llegar al punto E, donde la resistencia sísmica del componente es igual a cero.

Los límites de deformaciones aceptadas quedan supeditados a los niveles de desempeño sísmico escogidos: ocupación inmediata (OI), seguridad de la vida (SV) y prevención de colapso (PC); y del nivel de sismo evaluado: servicio (SDS), diseño (SDI) o máximo (SMP).

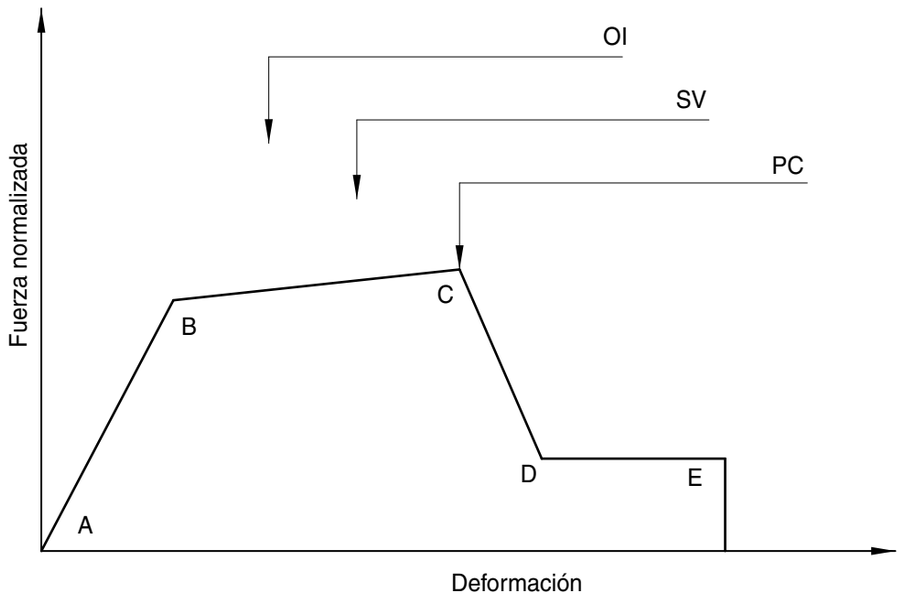


Figura 3 – Criterios de modelación y aceptación de componente
Fuente: ASCE41-13

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

8.7 Capacidad de componentes

Se debe determinar la capacidad de cada componente, en conformidad con subcláusulas 9.4.2 a 9.4.5, según corresponda.

8.7.1 Procedimientos lineales: Si se utilizan procedimientos de análisis lineal, la capacidad para comportamientos controlados por deformación está definida por el producto entre los factores *m*, el factor de confianza *k* y la resistencia esperada Q_{CE}. Para el caso de comportamiento controlado por fuerza, la capacidad está dada por la resistencia en el límite inferior. Lo anterior queda descrito en Tabla 16.

Tabla 16 – Cálculo de capacidad por elemento - Procedimientos lineales

Parámetro	Controlado por deformación	Controlado por fuerzas
Capacidad	$m \cdot k \cdot QCE$	$k \cdot Q_{CL}$

Procedimientos no lineales: Si se utilizan procedimientos de análisis no lineal, la capacidad del componente para acciones controladas por deformación debe ser considerada igual al límite de deformación inelástico permitido. Para el caso de comportamiento controlado por fuerza, la capacidad está dada por la resistencia en el límite inferior, Q_{CL}. Lo anterior queda descrito en Tabla 17.

Tabla 17 – Cálculo de capacidad por elemento – procedimientos no lineales

Parámetro	Controlado por deformación	Controlado por fuerzas
Capacidad de deformación	$k \cdot$ *Límite deformación*	*N/A*
Capacidad resistente	*N/A*	$k \cdot Q_{CL}$

9 Análisis estructural

9.1 Selección método de análisis estructural

Se debe realizar un análisis de la estructura en su condición actual para determinar las fuerzas y deformaciones inducidas en los componentes por la acción sísmica seleccionada en conformidad con 8.1.

Se debe determinar si los procedimientos de análisis serán del tipo lineal o no lineal y estático o dinámico, según las disposiciones de subcláusulas 9.1.1 a 9.1.3.

NOTA Los procedimientos de análisis lineal son aquellos en que no se considera explícitamente en el modelo el comportamiento no lineal de los elementos.

Los procedimientos de análisis no lineal son aquellos en que los componentes pueden superar su límite elástico dado que el comportamiento histerético de los componentes es modelado explícitamente. Para la aplicación de estos procedimientos resulta fundamental determinar correctamente la capacidad de deformación del componente analizado.

El método no lineal estático, también llamado análisis de pushover, usa técnicas no lineales simplificadas para estimar las deformaciones sísmicas inelásticas de todos los elementos de la estructura. Por otro lado, el método no lineal dinámico, o también conocido como análisis no lineal de respuesta en el tiempo, requiere de buen juicio y experiencia profesional para llevarlo a cabo.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Los procedimientos estáticos son apropiados cuando las edificaciones son bajas y regulares. En el caso de edificios altos o con irregularidades se requiere utilizar procedimientos dinámicos de análisis. Procedimientos no lineales estáticos resultan aplicables en la mayoría de los edificios, pero debiese usarse en conjunto con procedimientos lineales dinámicos si la masa efectiva del primer modo de vibrar de la estructura es baja.

9.1.1 Limitaciones de uso de métodos lineales

Se debe determinar la aplicabilidad de los métodos lineales de análisis según las configuraciones de irregularidades estructurales descritas en esta sección.

La determinación de irregularidades se debe efectuar para las estructuras original e intervenida.

Para determinar la aplicabilidad de los métodos lineales se deberá efectuar un análisis lineal, ya sea estático según 9.2.1 o dinámico según 9.2.2. Con los resultados del análisis se debe identificar la magnitud y distribución de las demandas inelásticas sobre los componentes estructurales. Lo anterior debe ser definido a través de los cocientes entre demanda y capacidad (DCR's), según se indica en Ecuación (2):

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \tag{2}$$

en que:

Q_{UD} = fuerza causada por cargas gravitacionales y cargas sísmicas calculadas según 9.3.1.1;

Q_{CE} = resistencia esperada del componente en análisis, calculadas para elementos controlados por deformación según subcláusulas 9.4.2 a 9.4.5.

Los cocientes entre demanda y capacidad (DCR's) deben ser calculados para cada solicitación (axial, corte y momento) y para cada componente del sistema sismorresistente. La solicitación crítica para cada componente corresponderá a la que exhiba el mayor DCR.

Si en la edificación existe alguna de las irregularidades listadas en subcláusulas 9.1.1.1 hasta 9.1.1.2.2 y el DCR de algún componente es mayor a 3 o al factor *m* correspondiente a la solicitación evaluada, entonces los métodos lineales no son aplicables y no se deben usar.

NOTA Es importante notar que los cocientes entre demanda y capacidad (DCR) no son adecuados para aceptar comportamientos de algún componente, sino que solo para determinar el potencial de la estructura para responder en el rango no lineal.

Si todos los DCR's de un componente son iguales o menores a 1,0, se espera que ese componente responda elásticamente a las cargas sísmicas.

Es importante notar que en el caso de estructuras complejas, puede resultar más sencillo realizar directamente un análisis no lineal en vez de verificar la aplicabilidad de los procedimientos lineales.

9.1.1.1 Irregularidades verticales

Se deben verificar las irregularidades verticales estructurales listadas desde 9.1.1.1.1 hasta 9.1.1.1.5.

9.1.1.1.1 Discontinuidad en el plano: Se considera que existe una discontinuidad en el plano si cualquier elemento del sistema sismorresistente está presente en algún piso pero no continúa, o está desplazado dentro del plano del elemento, en el piso adyacente.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

9.1.1.1.2 Irregularidad de rigidez - piso blando: Se debe verificar si hay mecanismo de piso blando por una discontinuidad en la rigidez lateral de alguna de las maneras siguientes:

a) Se considera una discontinuidad en la rigidez lateral si en alguna dirección de la estructura la razón entre los promedios de los DCR en la misma dirección entre pisos adyacentes supera el 125%. El DCR promedio de un piso se debe obtener usando Ecuación (3):

$$\overline{DCR} = \frac{\sum_{1}^{N} DCR_i V_i}{\sum_{1}^{N} V_i} \qquad (3)$$

en que:

DCR_i = DCR de la solicitación crítica para el elemento *i* del piso;

Vi = fuerza total de corte en el elemento *i* causada por la respuesta sísmica, considerando que la estructura permanece elástica;

N = número total de elementos en el piso.

b) Se considera un piso blando aquél cuya rigidez lateral es 0,7 veces la rigidez del piso superior o 0,8 veces la rigidez promedio de los tres pisos superiores al piso blando.

9.1.1.1.3 Irregularidad vertical geométrica: Se considera que existe irregularidad vertical geométrica cuando la dimensión horizontal del sistema resistente a las fuerzas laterales en cualquier piso son 1,3 veces las de un piso adyacente. No es necesario considerar los pisos de azotea de un solo nivel.

9.1.1.1.4 Irregularidad de capacidad - piso débil: Se considera una discontinuidad en capacidad si hay un piso cuya resistencia es 0,8 veces la resistencia del piso superior. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes a las fuerzas sísmicas que comparten el esfuerzo cortante del piso en la dirección bajo consideración.

9.1.1.1.5 Irregularidad de masa: Se considera que existe una irregularidad de masa cuando la masa sísmica de cualquier piso es 1,5 veces la masa sísmica de un piso adyacente. No es necesario considerar el nivel de techo.

9.1.1.2 Irregularidades en planta

Se debe verificar las irregularidades horizontales estructurales listadas desde 9.1.1.2.1 hasta 9.1.1.2.5.

9.1.1.2.1 Discontinuidad fuera del plano: Se considera que existe una discontinuidad fuera del plano si cualquier elemento del sistema sismorresistente se encuentra desplazado en relación al mismo elemento en algún piso adyacente.

9.1.1.2.2 Irregularidad torsional: Se considera que existen irregularidades torsionales si en alguno de los pisos con diafragma rígido se cumple alguna de las características siguientes, para cualquiera de las direcciones de análisis:

a) La razón entre el DCR del elemento crítico a un lado del centro de masa del piso y el DCR del elemento crítico al otro lado del centro de masa supera 1,5.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

b) El máximo desplazamiento relativo del piso calculado incluyendo torsión accidental, en un extremo de la estructura transversal a un eje es más de 1,2 veces el promedio de los desplazamientos relativos del piso de los dos extremos de la estructura.

9.1.1.2.3 Esquinas reentrantes: Se debe considerar que existe irregularidad en planta cuando el sistema resistente a las fuerzas laterales posee planos con esquinas reentrantes tales que los retrocesos o avances ocasionados son mayores que el 15% de la dimensión del plano resistente en su dirección principal.

9.1.1.2.4 Discontinuidad de diafragma: Se considera que existe una irregularidad si los diafragmas con discontinuidades abruptas o variaciones de rigidez, incluyendo los que tienen áreas recortadas o abiertas mayores del 50% del área bruta encerrada del diafragma o cambios en la rigidez efectiva del diafragma mayores del 50% de un piso al siguiente.

9.1.1.2.5 Sistemas no paralelos: Se considera que existe una irregularidad si los elementos verticales resistentes a las cargas laterales no son paralelos ni simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales del sistema que resiste las fuerzas laterales.

9.1.2 Limitación de uso de análisis lineal estático:

Cuando, en 9.1.1 sea permitido el uso de un método lineal de análisis, éste puede ser estático a menos que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

a) La estructura tenga más de 5 pisos o 20 m de altura.

b) El período fundamental, T, de la estructura sea mayor o igual a 3,5 veces T_c, según Anexo B, Tabla B.2.

c) La razón entre las dimensiones en planta de dos pisos consecutivos en altura sea mayor que 1,4.

d) Exista alguna irregularidad vertical según 9.1.1.1.

e) Exista una irregularidad torsional en algún piso según 9.1.1.2.

f) No se tenga un sistema sismorresistente ortogonal.

NOTA Un sistema sismorresistente ortogonal se refiere a la relación entre los ejes de análisis en la edificación. Una estructura regular presenta sistemas con direcciones perpendiculares entre sí.

9.1.3 Limitaciones de uso del análisis no lineal

Los métodos no lineales están permitidos en todos los edificios y deben ser usados cuando no se permitan los métodos lineales de análisis según se indica en 9.1.1.

En el caso que se observe participación significativa de los modos de vibrar altos, se deberá acompañar el análisis no lineal estático con un análisis lineal dinámico y se deberán cumplir los criterios de aceptación para ambos análisis.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.2 Métodos de análisis estructural

9.2.1 Análisis lineal estático

En este método de análisis la acción sísmica se asimila a un sistema de fuerzas laterales cuyos efectos sobre la estructura se calculan siguiendo los procedimientos de la estática. Este sistema de fuerzas horizontales, aplicadas en el centro de masas de cada una de las partes, se define en subcláusulas 9.2.1.1 a 9.2.1.3.

9.2.1.1 Período

Se debe obtener el período fundamental de la edificación a través de alguna de las siguientes opciones:

a) Analíticamente.

b) Experimentalmente: a través de sistemas de medición de vibraciones ambientales instalados en la estructura.

9.2.1.2 Esfuerzo de corte basal

El esfuerzo de corte basal está dado por:

$$Q_0 = S_a \frac{W}{g} \tag{4}$$

en que:

S_a = aceleración espectral obtenida del espectro definido en 8.1.4 para el período de la estructura en la dirección de análisis;

W = peso sísmico total de la estructura sobre el nivel basal, donde se debe considerar las cargas permanentes más un porcentaje de la sobrecarga de uso, que no debe ser menor a 25% en edificios sin aglomeración de personas o cosas, ni menor a 50% en edificios con esa aglomeración;

g = aceleración de gravedad.

9.2.1.3 Distribución de fuerzas

Las fuerzas sísmicas horizontales se pueden calcular por la expresión:

$$F_i = \frac{P_i A_i}{\sum_{j=1}^{n} A_j P_j} Q_0 \tag{5}$$

en que:

$$A_i = \sqrt{1 - \frac{Z_{i-1}}{H}} - \sqrt{1 - \frac{Z_i}{H}} \tag{6}$$

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.2.2 Análisis lineal dinámico o modal espectral

Es posible utilizar este método para todas las estructuras que presenten modos normales de vibración clásicos, con amortiguamientos modales del orden de 5% del amortiguamiento crítico.

Se debe incluir en el análisis todos los modos normales ordenados según valores crecientes de las frecuencias propias, necesarios para que la suma de las masas equivalentes para cada una de las dos acciones sísmicas, sea mayor o igual a un 90% de la masa total.

NOTA Los métodos de combinación modal a considerar en el análisis modal espectral debe corresponder a los especificados en NCh433.

9.2.3 Análisis no lineal estático

Al utilizar este método se deben incluir en el modelo matemático las características no lineales de carga versus deformación para cada componente de la estructura que es sometido a cargas laterales que aumentan monotónicamente, representando las fuerzas inerciales originadas durante un sismo hasta alcanzar un desplazamiento de techo objetivo.

Para efectos de esta norma, el desplazamiento de techo objetivo, δ_u, se debe obtener como la ordenada del espectro elástico de desplazamiento S_{de}, para un 5% de amortiguamiento respecto al crítico, asociado al período del modo con mayor masa traslacional en la dirección del análisis, multiplicada por un factor de 1,3.

$$\gamma_u = 1{,}3\ S_{de}\ (T_{ag}) \tag{7}$$

NOTA *El desplazamiento objetivo representa al máximo desplazamiento que alcanza la estructura durante un sismo, y a través de éste obtener las fuerzas internas máximas aproximadas en cada elemento del sistema estructural.*

Se deben incluir explícitamente en el modelo los comportamientos fuerza-deformación de todos los componentes a través de curvas representativas que incluyan la degradación de resistencia o resistencia residual.

9.2.4 Análisis no lineal dinámico

Se permite la utilización de un método no lineal dinámico, siempre y cuando las hipótesis del cálculo queden explícitas, debidamente justificadas y cumplan con las leyes constitutivas de los materiales.

9.3 Combinaciones de carga

Para efectos de esta norma, se deben utilizar las siguientes combinaciones de cargas gravitacionales (cargas permanentes más sobrecargas de uso) y cargas sísmicas, según corresponda, conforme al método de análisis escogido según 9.2.

9.3.1 Métodos lineales

Para los métodos lineales de análisis, descritos en subcláusulas 9.2.1 y 9.2.2, se deben considerar las siguientes combinaciones de cargas gravitacionales, Q_0, y su interacción con las cargas sísmicas según corresponda en 9.3.1.1 o 9.3.1.2.

$$Q_G = 1{,}1\ (D + L) \tag{8}$$

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

$$Q_G = 0{,}9\ D \tag{9}$$

NOTA La primera de las combinaciones de carga considera que la demanda sísmica y la demanda gravitacional son aditivas. Por otro lado, la segunda ecuación de combinaciones representa que las demandas sísmicas y gravitacionales se contrarrestan.

El análisis debe considerar ambas opciones y verificar la mayor demanda obtenida de los resultados.

Ya sea para análisis estáticos o dinámicos se deben utilizar las siguientes demandas, según el comportamiento del componente escogido para cada solicitación en 8.6.

9.3.1.1 Solicitaciones controladas por deformación

La demanda Q_{UD}, debe ser obtenida como sigue:

$$Q_{UD} = Q_G + E \tag{10}$$

en que:

Q_G = cargas gravitacionales según 9.3.1;

E = cargas sísmicas según 8.1.

9.3.1.2 Solicitaciones controladas por fuerza

La demanda Q_{UF} debe ser obtenida como sigue:

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{E}{C \cdot J} \tag{11}$$

en que:

Q_G = cargas gravitacionales según 9.3.1;

E = cargas sísmicas según 8.1;

C_1 = factor de modificación según Tabla 18;

J = factor de reducción por traspaso de fuerzas, con valor mayor o igual que 1, tomado como el menor de los cocientes demanda capacidad (DCR) entre todos los componentes que traspasan cargas al componente en análisis. En el caso que no se calculen los DCR's, se puede considerar igual a 2 para cualquier objetivo de desempeño considerado, excepto para ocupación inmediata, que se debe considerar igual a 1.

NOTA *El factor de modificación C_1 corresponde al producto de dos factores. Uno de ellos relaciona los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos calculados a partir de la respuesta elástica lineal, mientras que el otro factor representa el efecto de las curvas de histéresis para los ciclos de carga y la degradación de la rigidez y resistencia en el desplazamiento máximo de respuesta.*

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 18 – Valores para factor de modificación C_1

Periodo fundamental	Factor de modificación C_1		
	$m_{máx.} < 2$ a)	$2 \leq m_{máx.} < 6$ a)	$m_{máx.} \geq 6$ a)
$T \leq 0,3$	1,1	1,4	1,8
$0,3 \leq T \leq 1,0$	1,0	1,1	1,2
$T \geq 1,0$	1,0	1,0	1,1

a) $m_{máx.}$ corresponde al mayor factor m de todos los elementos del sistema sismorresistente del edificio en la dirección que se está analizando.

NOTA La diferencia entre el comportamiento controlado por deformación y el comportamiento controlado por fuerzas es que el segundo no permite deformaciones más allá del rango elástico, es por esto que la demanda en estos componentes no puede superar la capacidad (resistencia) de los mismos.

Idealmente, se debiese identificar el mecanismo inelástico del edificio, y las solicitaciones controladas por fuerza ser determinadas a través de un análisis de estado límite utilizando ese mecanismo. Este enfoque genera una estimación conservadora de las solicitaciones, incluso si se escoge un mecanismo incorrecto.

9.3.2 Métodos no lineales

Para métodos no lineales de análisis, descritos en 9.2.3, se debe considerar la siguiente carga gravitacional, Q_G, y su interacción con las cargas sísmicas.

$$Q_G = D + L \tag{12}$$

Las fuerzas sísmicas deben ser aplicadas en ambos sentidos, y el máximo efecto producto de ellas debe ser utilizado para el análisis.

9.4 Parámetros de modelación y criterios de aceptación

La evaluación del sistema sismorresistente se debe hacer según se indica en las subcláusulas 9.4.1 hasta 9.4.5, según la tipología presente en la edificación.

9.4.1 Requerimientos generales

9.4.1.1 Criterios de aceptación para métodos lineales

Se deben verificar las ecuaciones presentadas en 9.4.1.1.1 y 9.4.1.1.2, según corresponda, para comprobar si la estructura cumple con lo esperado.

Además de lo anterior se debe verificar que los momentos en los elementos horizontales de grandes luces, generados por cargas gravitacionales, no excedan el 75% de la capacidad en cualquier punto a lo largo del elemento. Si efectivamente se excede el 75% de la capacidad, deberá hacerse un análisis de la posibilidad de incursión inelástica al momento de la carga sísmica.

NOTA Resulta importante la verificación del porcentaje de la capacidad utilizada por las cargas gravitacionales, ya que al momento de ocurrir el evento sísmico es muy probable que se alcance la capacidad del elemento y éste incurra en el rango no lineal, pudiendo generar mecanismos de daño no deseados.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.1.1.1 Solicitaciones controladas por deformación

Para métodos de análisis estáticos o dinámicos, las solicitaciones controladas por deformación deben cumplir con lo siguiente:

$$m \cdot k \cdot Q_{CE} > Q_{UD} \tag{13}$$

NOTA Es necesario recordar que el factor m depende del objetivo de desempeño escogido, por lo tanto, el criterio de aceptación varía según el comportamiento requerido.

En el caso de secciones controladas por deformación, se debe cumplir que la resistencia esperada de la estructura sea igual o superior a la demanda sobre ella, es por esto que la resistencia se debe calcular con los valores esperados de los materiales.

Se definen los factores de modificación de capacidad para el caso de análisis lineal según el objetivo de desempeño determinado en 7.2 para cada materialidad en subcláusulas 9.4.2 hasta 9.4.5.

9.4.1.1.2 Solicitaciones controladas por fuerzas

Para métodos de análisis estáticos o dinámicos, las solicitaciones controladas por fuerzas deben cumplir con lo siguiente:

$$k \,.\, Q_{CL} > Q_{UF} \tag{14}$$

NOTA En el caso de secciones controladas por fuerzas, se debe cumplir que la resistencia mínima de la estructura sea igual o superior a la demanda sobre ella, es por esto que la resistencia se debe calcular con los valores en el límite inferior de los materiales, correspondiente a los valores medios menos una desviación estándar.

9.4.1.2 Criterios de aceptación para métodos no lineales

Se deben verificar las subcláusulas 9.4.1.2.1 y 9.4.1.2.2, según corresponda, para comprobar si la estructura permite alcanzar los objetivos de desempeño esperados. Además, debe verificarse que la formación de rótulas plásticas se produzca en los extremos del elemento, a menos que éstas estén explícitamente consideradas en el modelo de análisis.

NOTA Los mecanismos de daño aceptados por la disciplina consideran la formación de rótulas plásticas en los extremos de los elementos y que se formen primero en los elementos horizontales, de manera que los elementos verticales continúen soportando las cargas gravitacionales y prevenir el colapso de la estructura.

9.4.1.2.1 Solicitaciones controladas por deformación

Los componentes del sistema sismorresistente deben tener capacidades de deformación esperadas no menores que las demandas de deformación máxima calculadas cuando la estructura alcanza los desplazamientos objetivos.

Se definen los parámetros de modelación para el caso de análisis no lineal y sus respectivos criterios de aceptación, según el objetivo de desempeño determinado en 7.2, para cada materialidad descrita en subcláusulas 9.4.2 a 9.4.5.

9.4.1.2.2 Solicitaciones controladas por fuerzas

Los componentes del sistema sismorresistente deben tener resistencias en el límite inferior mayores que las fuerzas máximas actuando sobre el componente, obtenidas mediante análisis.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.2 Albañilería

Para todas las edificaciones con tipologías correspondientes a albañilería, según 8.2, se debe satisfacer lo indicado en 9.4.2.1, 9.4.2.2 o 9.4.2.3, según corresponda.

Los modelos matemáticos para representar la estructura deben contener lo siguiente:

a) Dimensiones y propiedades seccionales de cada elemento;

b) Estructuración de componentes y presencia de excentricidades o deformaciones permanentes;

c) Configuración de conexiones; y

d) Propiedades y presencia de diafragmas rígidos.

9.4.2.1 Albañilería simple

Para todas las edificaciones con muros de albañilería simple se debe cumplir lo indicado en 9.4.2.1.1 hasta 9.4.2.1.3.

9.4.2.1.1 Resistencia

Se debe obtener la resistencia nominal de cada elemento de albañilería simple para solicitaciones de corte y axial, según sus tipos de fallas típicas, aplastamiento, tracción diagonal y compresión axial, entre otros.

9.4.2.1.1.1 Falla por aplastamiento

Se debe obtener la resistencia lateral en el límite inferior (Q_{CL}) del muro de albañilería para falla por aplastamiento como se indica en la siguiente ecuación:

$$Q_{CL} = V_A = (\alpha P_D + 0{,}5P_w)\left(\frac{l}{h_{ef}}\right)\left(1 - \frac{f_a}{0{,}7f_m'}\right) \quad (15)$$

en que:

V_A = resistencia a corte en el límite inferior para falla por aplastamiento;

α = factor igual a 0,5 para muros en voladizo o igual a 1,0 para muros empotrados;

h_{ef} = altura efectiva del muro de albañilería;

l = longitud del muro de albañilería;

P_D = carga superpuesta de peso propio en la superficie del elemento (por ejemplo, revestimientos);

P_w = peso propio del elemento;

f_a = esfuerzo de compresión axial causado por cargas gravitacionales según Ecuación (8);

f_m' = resistencia a compresión en el límite inferior de albañilería, obtenida según 8.4.2.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01956-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.2.1.1.2 Falla por tracción diagonal

Se debe obtener la resistencia lateral en el límite inferior (Q_{CL}) del muro de albañilería para falla por tracción diagonal como se indica en la siguiente ecuación:

$$Q_{CL} = V_{DT} = \left(\gamma f'_{td} A_n\right)\left(\sqrt{1+\frac{f_a}{f'_{td}}}\right) \quad (16)$$

en que:

V_{DT} = resistencia a corte en el límite inferior para falla por tracción diagonal;

γ = factor que relaciona la esbeltez del muro. $\gamma = \begin{cases} 0,67 & l / h_{ef} < 0,67 \\ l / h_{ef}\ 067 & \leq l / h_{ef} \leq 1 \\ 1,0 & l / h_{ef} \geq 1,0 \end{cases}$

h_{ef} = altura efectiva del muro de albañilería;

l = longitud del muro de albañilería;

A_n = área neta de mortero o sección rellena del muro;

f_a = esfuerzo de compresión axial causado por cargas gravitacionales según Ecuación (8);

f'_{td} = resistencia a tracción diagonal en el límite inferior de albañilería, puede ser reemplazada por $\frac{0,75(\tau_0 + P_D / A_n)}{1,5}$, donde τ_0 es obtenido según 8.4.2;

9.4.2.1.1.3 Falla por compresión vertical

Se debe obtener la resistencia lateral en el límite inferior (Q_{CL}) del muro de albañilería para falla por compresión vertical como se indica en la siguiente ecuación:

$$Q_{CL} = P_{CL} = 0,80\ (0,85\ f'_m A_n) \quad (17)$$

en que:

P_{CL} = resistencia a compresión axial en el límite inferior para falla por compresión vertical;

A_n = área neta de mortero o sección rellena del muro;

$f'm$ = resistencia a compresión en el límite inferior de albañilería, obtenida según 8.4.2.

9.4.2.1.2 Rigidez

La rigidez de los muros de albañilería simple debe ser determinada considerando deformaciones axiales, de corte y de flexión. La rigidez debe ser determinada mediante principios mecánicos considerando un comportamiento único y homogéneo entre los bloques de albañilería y el mortero de pega.

NOTA En el caso que se tengan muros de albañilería simple en voladizo, se propone la siguiente ecuación para obtener la rigidez lateral (K):

$$K = \frac{1}{\frac{h_{ef}^3}{3 I_g E_m} + \frac{h_{ef}}{A_v G_m}} \quad (18)$$

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

en que:

h_{ef} = altura efectiva del muro de albañilería;

E_m = módulo de elasticidad albañilería;

I_g = momento de inercia de la sección bruta no agrietada;

G_m = módulo de corte albañilería según 8.4.2;

A_v = área de corte del muro de albañilería.

9.4.2.1.3 Comportamiento

El comportamiento de los elementos de albañilería simple debe ser considerado controlado por fuerzas y por lo tanto cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

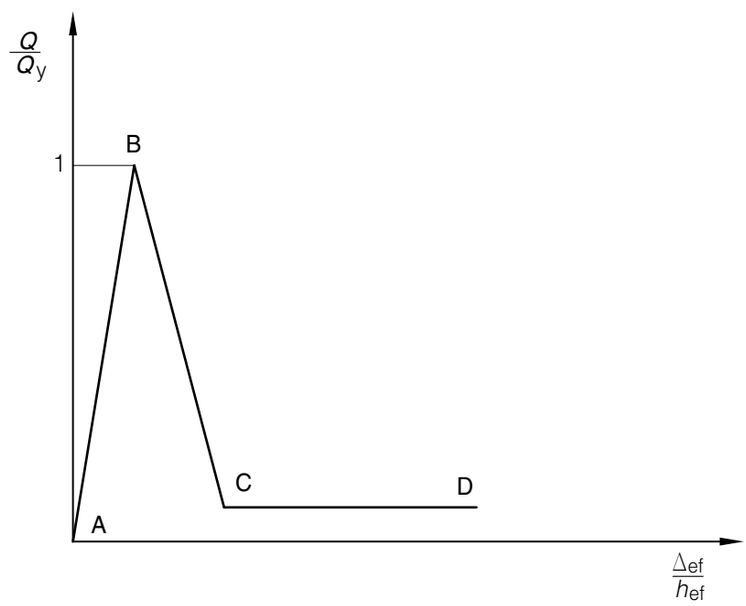


Figura 4 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de albañilería controlados por fuerzas

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Para métodos lineales se deberán obtener los factores *m* según Tabla 19.

Tabla 19 – Procedimientos lineales estáticos - Factores *m* en muros de albañilería no reforzada

Condiciones	Objetivo de desempeño					
Clase[b)]	Elementos estructurales				Elementos secundarios	
	OI	***DC***[e)]	***SV***	***PC***	***SV***	***PC***
Rocking	$1 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 1{,}5$	$1{,}5 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 3{,}75$	$1 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 3{,}75$	$2 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 5$	$2 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 5$	$3 \leq 1{,}5\ h_{eff}/L \leq 8$
Deslizamiento por juntas de mortero	1	2	3	4	6	8

9.4.2.2 Albañilería armada

Para todas las edificaciones con muros de albañilería armada se debe cumplir lo indicado en 9.4.2.2.1 hasta 9.4.2.2.3.

9.4.2.2.1 Resistencia

Se debe determinar la resistencia nominal de cada elemento de albañilería armada, mediante las ecuaciones de NCh1928.

9.4.2.2.2 Rigidez

Se debe obtener la rigidez lateral de los muros de albañilería armada a través de los principios de la mecánica de materiales, considerando lo siguiente:

a) La rigidez de corte de los muros de albañilería armada debe considerar las propiedades de las secciones no agrietadas; y

b) La rigidez a flexión de los muros de albañilería armada debe considerar las propiedades de las secciones agrietadas. Se permite el uso de un momento de inercia agrietado igual al 50% de la inercia de la sección no agrietada.

9.4.2.2.3 Comportamiento

Los muros de albañilería armada pueden tener comportamientos controlados por deformación o controlados por fuerzas, esto debe quedar determinado según lo especificado en 8.6.

9.4.2.2.3.1 Controlados por fuerzas

Los muros de albañilería armada que presentan un comportamiento controlado por fuerzas deben cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

Los muros de albañilería armada que presentan un comportamiento controlado por fuerzas se podrán asociar a una relación generalizada de fuerza - deformación como la indicada en Figura 4.

9.4.2.2.3.2 Controlados por deformación

Los muros de albañilería armada que presentan un comportamiento controlado por deformación se podrán asociar a una relación generalizada de fuerza - deformación como la indicada en Figura 5.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

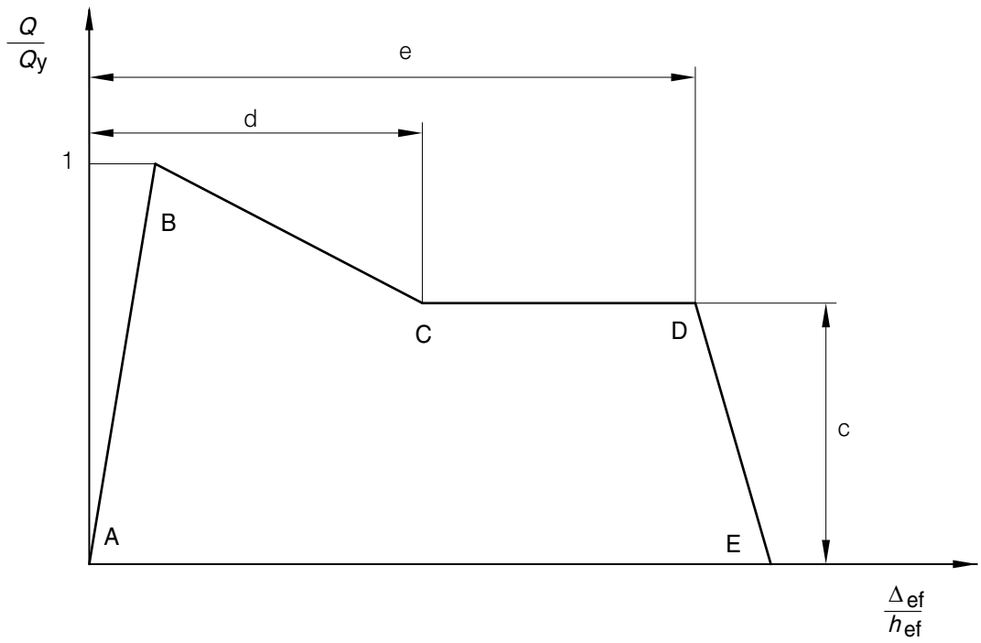


Figura 5 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de albañilería controlados por deformación

Para métodos no lineales, la modelación de estas se curvas puede realizar a través de los valores entregados en Tabla 20, según corresponda, o mediante cálculos justificados basados en la mecánica de materiales, para cada uno de los elementos estructurales. Asociados a estos parámetros se entregan los criterios de aceptación que deben ser cumplidos según 9.4.1.2.1.

Tabla 20 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Albañilería armada

			Parámetros de modelación			Criterio de aceptación[a) g)]			
			Razón de resistencia residual	Deformación entre piso (%)		Deformación entre piso (%)			
Condiciones						Objetivo de desempeño			
Clase[b)]	$\frac{f_{ae}}{f_{me}}$ [c)]	$\frac{\rho_g f_{ye}}{f_{me}}$ [d)]	c	d (%)	e (%)	OI	DC[e)]	SV	PC
I	0,000	≤ 0,01	0,5	2,1	4,1	0,8	1,60	3,1	4,1
		0,05	0,6	0,8	1,6	0,3	0,60	1,2	1,6
		≥ 0,2	0,7	0,3	0,6	0,1	0,20	0,5	0,6
I	0,038	≤ 0,01	0,4	0,8	1,5	0,3	0,60	1,1	1,5
		0,05	0,5	0,5	1,0	0,2	0,40	0,7	1,0
		≥ 0,2	0,6	0,3	0,6	0,1	0,20	0,4	0,6
I	0,075	≤ 0,01	0,3	0,4	0,9	0,2	0,40	0,7	0,9
		0,05	0,4	0,4	0,7	0,1	0,20	0,5	0,7
		≥ 0,2	0,5	0,2	0,5	0,1	0,20	0,4	0,5

(continúa)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Tabla 20 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Albañilería armada (conclusión)

Condiciones			Parámetros de modelación			Criterio de aceptación[a) g)]			
			Razón de resistencia residual	Deformación entre piso (%)		Deformación entre piso (%)			
						Objetivo de desempeño			
Clase[b)]	$\frac{f_{ae}}{f_{me}}$ [c)]	$\frac{r_g f_{ye}}{f_{me}}$ [d)]	c	d (%)	e (%)	OI	DC[e)]	SV	PC
II[f)]	-	-	0,4	0,75	2.0	0,4	0,50	0,75	1,5

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Clase I se asocia a muros controlados por flexión y Clase II se asocia a muros controlados por corte.

c) f_{ae}/f_{me} se debe obtener basado en las fuerzas de compresión producto de las cargas gravitacionales según las combinaciones de 9.3.

d) $\rho_g = \rho_\upsilon + \rho_h$; donde ρ_υ corresponde a la cuantía de refuerzo vertical y ρ_h a la cuantía de refuerzo horizontal.

e) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC representan una interpolación entre OI y SV.

f) Para componentes controlados por flexión, el esfuerzo axial f_{ae} debe ser menor o igual a 0,15 f_{me} ; de otra manera, éste debe ser analizado como controlado por fuerzas.

g) Valores asociados a una relación de l/h_{ef} = 1 + 0,5. En el caso de tener otra relación, se debe obtener la curva de comportamiento y justificar criterios de aceptación.

Para métodos lineales se deberán obtener los factores *m* según Tabla 21, y ser aplicados en los criterios de aceptación según 9.4.1.1.1.

Tabla 21 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Albañilería armada

Condiciones			Factores m[a) g)]			
			Objetivo de desempeño			
Clase[b)]	$\frac{r_g f_{ye}}{f_{me}}$ [c)]	$\frac{\rho_g f_{ye}}{f_{me}}$ [d)]	OI	DC[e)]	SV	PC
I	0,000	≤ 0,01	4,0	5,0	7,0	8,0
		0,05	3,5	4,5	6,5	7,5
		≥ 0,2	1,5	2,0	3,0	4,0
I	0,038	≤ 0,01	4,0	5,0	7,0	8,0
		0,05	2,5	3,3	5,0	6,5
		≥ 0,2	1,5	1,8	2,5	3,5
I	0,075	≤ 0,01	2,5	3,3	5,0	6,5
		0,05	2,0	2,5	3,5	4,5
		≥ 0,2	1,5	1,8	2,5	3,5
II[f)]	-	-	2,0	2,0	2,0	3,0

(continúa)

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 21 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Albañilería armada (conclusión)

Condiciones			Factores m[a) g)] Objetivo de desempeño			
Clase[b)]	$\frac{r_g f_{ye}}{f_{me}}$ [c)]	$\frac{\rho_g f_{ye}}{f_{me}}$ [d)]	OI	DC[e)]	SV	PC

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Clase I se asocia a muros controlados por flexión y Clase II se asocia a muros controlados por corte.

c) f_{ae}/f_{me} se debe obtener basado en las fuerzas de compresión producto de las cargas gravitacionales según las combinaciones de 9.3.

d) $\rho_g = \rho_\upsilon + \rho_h$; donde ρ_υ corresponde a la cuantía de refuerzo vertical y ρh a la cuantía de refuerzo horizontal.

e) Los factores m del objetivo de desempeño de DC representan una interpolación entre OI y SV.

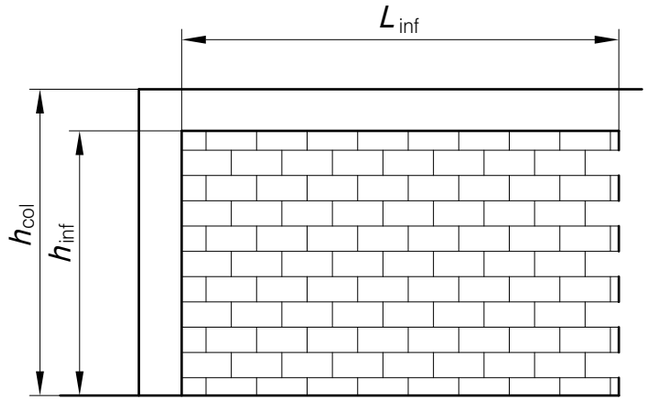
f) Para componentes controlados por flexión, el esfuerzo axial f_{ae} debe ser menor o igual a 0,15 f_{me}; de otra manera, éste debe ser analizado como controlado por fuerzas.

g) Valores asociados a una relación de l/h_{ef} = 1 + 0,5. Para otras relaciones de aspecto, se deben considerar los elementos controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

9.4.2.3 Albañilería confinada

Para todas las edificaciones con muros de albañilería confinada se debe cumplir lo indicado en 9.4.2.3.1 hasta 9.4.2.2.1.

NOTA Para muros de albañilería confinada es importante considerar las alturas y desplazamientos efectivos del relleno y las columnas que lo confinan según su estructuración. Para aclarar esto se presenta Figura 6.



En que:

L_{inf} Longitud relleno de albañilería
h_{inf} Altura efectiva paño de albañilería
h_{col} Altura efectiva columna de confinamiento

Figura 6 – Estructuración y geometría en muros de albañilería confinada

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.2.3.1 Resistencia

Se debe determinar la resistencia nominal de cada elemento de albañilería confinada, mediante las ecuaciones especificadas en NCh2123.

9.4.2.3.2 Rigidez

La rigidez de los muros de albañilería confinada debe ser determinada considerando deformaciones de corte y flexión. Esta debe ser obtenida mediante principios mecánicos considerando un comportamiento único y homogéneo entre los bloques de albañilería y el marco que lo confina.

NOTA En el caso de albañilería confinada en voladizo, se propone la siguiente ecuación para obtener la rigidez lateral (K), considerando al muro como una columna compuesta en voladizo, donde las columnas que confinan son las alas y el paño de albañilería el alma:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{k_{fl}} + \frac{1}{k_c}} \tag{19}$$

en que:

k_{fl} = rigidez equivalente a flexión, con aporte de las columnas según Ecuación(20);

k_c = rigidez equivalente a corte, con aporte de columnas y albañilería según Ecuación (21).

$$k_{fl} = \frac{3E_c I_{ce}}{h_{col}^3} \tag{20}$$

en que:

I_{ce} = momento de inercia de la sección transformada de hormigón, considerando agrietamiento;

E_c = módulo de elasticidad del hormigón;

h_{col} = altura de la columna del marco que confina.

$$k_c = \frac{G_m A_{inf}}{h_{inf}} \tag{21}$$

h_{inf} = altura del muro de albañilería;

G_m = módulo de corte albañilería según 8.4.2;

A_{inf} = área de la sección del muro de albañilería.

9.4.2.3.3 Comportamiento

Los muros de albañilería confinada pueden presentar comportamientos controlados por deformación o controlados por fuerzas, esto debe ser determinado según lo especificado en 8.6.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.2.3.3.1 Controlados por fuerzas

Los muros de albañilería confinada que presentan un comportamiento controlado por fuerzas deben cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

Los muros de albañilería confinada que presentan un comportamiento controlado por fuerzas se podrán asociar a una relación generalizada fuerza - deformación como la indicada en Figura 4.

9.4.2.3.3.2 Controlados por deformación

Los muros de albañilería confinada que presentan un comportamiento controlado por deformación se podrán asociar a una relación generalizada fuerza - deformación como la indicada en Figura 5.

Para métodos no lineales la modelación de estas curvas puede realizarse a través de los valores entregados en Tabla 22, según corresponda, o mediante cálculos justificados basados en la mecánica de materiales, para cada uno de los elementos estructurales. Asociados a estos parámetros se entregan los criterios de aceptación que deben ser cumplidos según 9.4.1.2.1.

Tabla 22 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Albañilería confinada

	Parámetros de modelación			Criterio de aceptación[a) d)]			
	Razón de resistencia residual	Deformación entre piso (%)		Deformación entre piso (%)			
Condiciones				Objetivo de desempeño			
$\beta = \frac{V_{cv}}{V_{inf}}$ [b)]	c	d (%)	e (%)[c)]	OI	DC	SV	PC
$\beta < 0,7$	-	0,4	-	-	-	0,3	-
$0,7 \leq \beta < 1,3$	-	0,8	-	-	-	0,6	-
$\beta \geq 1,3$	-	1,2	-	-	-	0,9	-

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación. Solo hay valores para seguridad de la vida.

b) V_{CV} corresponde a la capacidad de corte esperada de las columnas; V_{inf} corresponde a la capacidad de corte esperada del paño de albañilería.

c) Se permite considerar *e* igual a *d*.

d) Valores asociados a una relación de $l/h_{ef} = 1 + 0,5$. Para otras relaciones de aspecto, se deben considerar los elementos controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

Para métodos lineales se deberán obtener los factores *m* según Tabla 23, y ser aplicados en los criterios de aceptación según 9.4.1.1.1.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 23 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Albañilería confinada

	Factores m [a) d)]			
Condiciones	**Objetivo de desempeño**			
$\beta = \frac{V_{cv}}{V_{inf}}$ [b)]	**OI**	**DC** [c)]	**SV**	**PC**
$\beta < 0,7$	1,0	1,8	3,5	-
$0,7 \leq \beta < 1,3$	1,2	2,5	5,2	-
$\beta \geq 1,3$	1,2	3,1	7,0	-

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación. No hay valores para prevención de colapso.

b) V_{CV} corresponde a la capacidad de corte esperada de la columna del marco vacío; V_{inf} corresponde a la capacidad de corte esperada del relleno de albañilería.

c) Los factores m del objetivo de desempeño de DC se obtienen por interpolación entre OI y SV.

d) Valores asociados a una relación de $l/h_{ef} = 1 + 0,5$. Para otras relaciones de aspecto, se deben considerar los elementos controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

9.4.3 Madera

Para todas las edificaciones con tipologías correspondientes a madera, según 8.2, se debe cumplir lo indicado en 9.4.3.1 hasta 9.4.3.3.

Los modelos matemáticos para representar la estructura deben contener lo siguiente:

a) Dimensiones y propiedades seccionales de cada elemento;

b) Estructuración de componentes y presencia de excentricidades o deformaciones permanentes;

c) Configuración de conexiones; y

d) Propiedades y presencia de diafragmas rígidos.

9.4.3.1 Resistencia

Se debe determinar la resistencia nominal de cada elemento de madera, usando las ecuaciones y procedimientos especificados en NCh1198.

9.4.3.2 Rigidez

Se debe determinar la rigidez efectiva de los elementos de madera. Los cálculos se deben efectuar en conformidad con los principios de la mecánica de materiales y pueden ser basados en lo expresado en NCh1198.

NOTA La rigidez del sistema sismorresistente resulta decisiva en las deflexiones que presentan los elementos. Se propone la siguiente ecuación para estimar la deformación de fluencia de los muros de madera:

$$\Delta_y = \frac{v_y h}{G_d} + \left(\frac{h}{b}\right) d_a \qquad (22)$$

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

en que:

h = altura del muro de madera;

u_y = corte por unidad de longitud en fluencia en la dirección bajo consideración;

G_d = rigidez a corte del muro;

b = ancho del muro de madera;

d_a = elongación del anclaje al final de muro dependiente de la carga sobre el elemento.

Para estimar la rigidez a corte del muro, se proponen los siguientes casos:

Tabla 24 – Rigidez de corte muros de madera

Tipo muro		Rigidez a corte (G_d) kN/m
Recubrimiento recto	-	350
Recubrimiento diagonal	Acordonado	1400
	No acordonado	700

9.4.3.3 Comportamiento

9.4.3.3.1 Controlados por fuerzas

Los elementos de madera que presentan un comportamiento controlado por fuerzas deben cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

9.4.3.3.2 Controlados por deformación

A los elementos de madera que presentan un comportamiento controlado por deformación se le podrá asociar una relación generalizada fuerza - deformación como la indicada en Figura 7.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

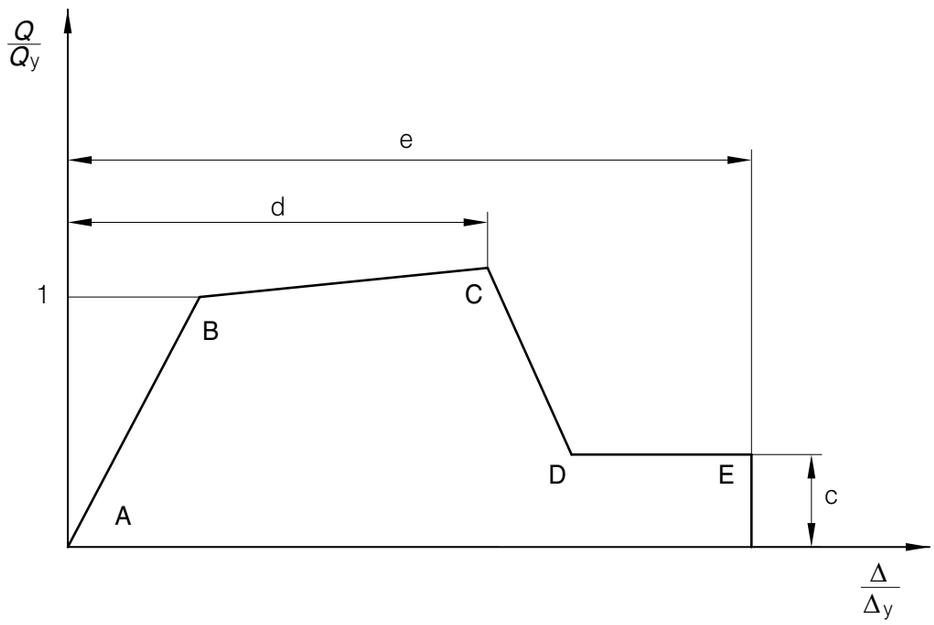


Figura 7 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de madera controlados por deformación

Para métodos no lineales la modelación de estas curvas se puede realizar a través de los valores entregados en Tabla 25, según corresponda, o mediante cálculos justificados basados en la mecánica de materiales, para cada uno de los elementos estructurales. Asociados a estos parámetros se entregan los criterios de aceptación que deben ser cumplidos según 9.4.1.2.1.

Tabla 25 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Madera

		Parámetros de modelación			Criterio de aceptación			
		$\frac{\Delta}{\Delta_y}$		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
Condiciones					Objetivo de desempeño			
Tipo Componente	$\frac{h}{b}$ a)	d	e	c	OI	DC c)	SV	PC
Muros b)								
Recubrimiento horizontal	≤ 1,5	2,6	3,6	0,2	1,4	1,8	2,6	3,6
Recubrimiento diagonal	≤ 2,0	2,3	3,0	0,2	1,3	1,6	2,3	3,0
Yeso sobre listón de madera	≤ 2,0	4,6	5,0	0,2	1,9	2,8	4,6	5,0
Recubrimiento de aglomerado	≤ 1,5	3,8	4,0	0,2	1,7	2,4	3,8	4,0
Marcos								
Sujetos a tensión axial o flexión	-	Controlado por fuerzas						
Sujetos a compresión axial	-	Controlado por fuerzas						

(continúa)

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 25 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Madera

(conclusión)

Condiciones		Parámetros de modelación			Criterio de aceptación			
		$\frac{\Delta}{\Delta_y}$		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
					Objetivo de desempeño			
Tipo Componente	$\frac{h}{b}$ **a)**	**d**	**e**	**c**	**OI**	**DC[c)]**	**SV**	**PC**
Conexiones[d)]								
Clavos	-	5,5	7,0	0,2	2,1	3,2	5,5	7,0
Tornillos	-	2,5	3,0	0,2	1,4	1,8	2,5	3,0

a) Razones de altura *h* sobre ancho *b* que excedan el máximo listado debe quedar fuera del sistema sismorresistente.

b) Actúan como muros de madera aquellos que tienen viguetas de madera recubiertas con los elementos listados.

c) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

d) El resto de conexiones que no esté listado aquí debe ser considerada como controlada por fuerzas.

Para métodos lineales se deberán obtener los factores *m* según Tabla 26, según corresponda y ser aplicados en los criterios de aceptación según 9.4.1.1.1.

Tabla 26 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Madera

Condiciones		Factores *m*			
		Objetivo de desempeño			
Tipo Componente	$\frac{h}{b}$ **a)**	**OI**	**DC[c)]**	**SV**	**PC**
Muros[b)]					
Recubrimiento horizontal	≤ 1,5	1,3	1,6	2,3	2,6
Recubrimiento diagonal	≤ 2,0	1,3	1,5	2	2,3
Yeso sobre listón de madera	≤ 2,0	1,7	2,4	3,9	4,6
Recubrimiento de aglomerado	≤ 1,5	1,6	2,1	3,2	3,8
Marcos					
Sujetos a tensión axial o flexión	-	1,0	1,5	2,5	3,0
Sujetos a compresión axial	-	Controlado por fuerzas			
Conexiones[d)]					
Clavos	-	2,0	2,7	4,0	6,0
Tornillos	-	1,2	1,5	2,0	2,2

a) Razones de altura *h* sobre ancho *b* que excedan el máximo listado debe quedar fuera del sistema sismorresistente.

b) Actúan como muros de madera aquellos que tienen viguetas de madera recubiertas con los elementos listados.

c) Los factores m del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

d) El resto de conexiones que no esté listado aquí debe ser considerada como controlada por fuerzas.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.4 Hormigón

Para todas las edificaciones con tipologías correspondientes a hormigón, según 8.2, se debe cumplir lo indicado en 9.4.4.1 o 9.4.4.2, según corresponda.

Los modelos matemáticos para representar la estructura deben contener lo siguiente:

a) Dimensiones y propiedades seccionales de cada elemento;

b) Estructuración de componentes y presencia de excentricidades o deformaciones permanentes;

c) Configuración de conexiones; y

d) Propiedades y presencia de diafragmas rígidos.

9.4.4.1 Hormigón simple

Para todas las edificaciones con componentes de hormigón simple se debe cumplir lo indicado en 9.4.4.1.1 hasta 9.4.4.1.3

9.4.4.1.1 Resistencia

Se debe estimar la resistencia nominal de cada elemento de hormigón simple, ésta puede ser calculada a partir de las ecuaciones especificadas en la normativa vigente, con las consideraciones pertinentes. El factor de reducción de resistencia, o, debe ser considerado igual a 1.

9.4.4.1.2 Rigidez

Se debe estimar la rigidez efectiva de cada elemento de hormigón, considerando secciones agrietadas. Ésta puede ser calculada según se especifica en ACI 318.

9.4.4.1.3 Comportamiento

Los elementos de hormigón simple deben ser considerados con un comportamiento controlado por fuerzas y por lo tanto cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

9.4.4.2 Hormigón armado

Para todas las edificaciones con componentes de hormigón armado se debe cumplir con lo indicado en 9.4.4.2.1 hasta 9.4.4.2.3.

9.4.4.2.1 Resistencia

Se debe determinar la resistencia nominal de cada elemento de hormigón armado, usando la metodología especificada en la normativa técnica vigente. El factor de reducción de resistencia, ∅, debe ser considerado igual a 1.

9.4.4.2.2 Rigidez

Se debe determinar la rigidez efectiva de cada elemento de hormigón, considerando secciones agrietadas. Ésta puede ser calculada según se especifica en ACI 318.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.4.2.3 Comportamiento

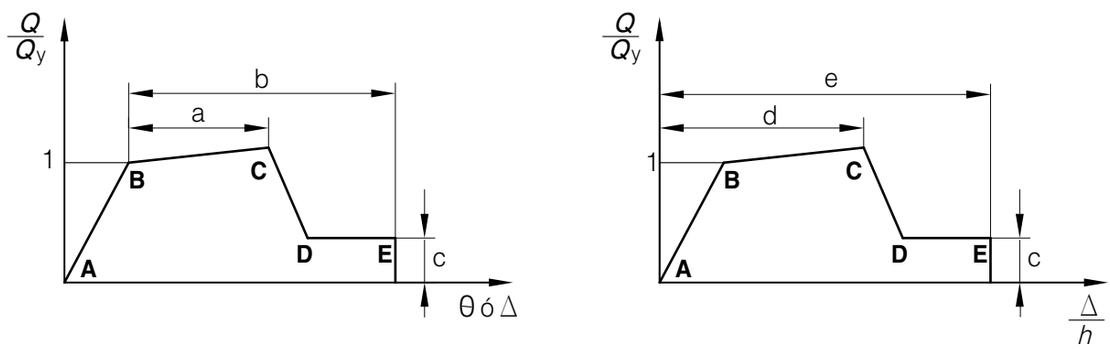
Los elementos de hormigón armado pueden tener comportamientos controlados por deformación o controlados por fuerzas, esto debe quedar determinado según lo especificado en 8.6.

9.4.4.2.3.1 Controlados por fuerzas

Los elementos de hormigón armado que presentan un comportamiento controlado por fuerzas deben cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

9.4.4.2.3.2 Controlados por deformación

A los elementos de hormigón armado que presentan un comportamiento controlado por deformación se le podrá asociar una relación generalizada fuerza-deformación como la indicada en Figura 8.



(A) Deformación (B) Razón de deformación

Figura 8 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de hormigón armado

Comentario: La respuesta observada en Figura 8 suele estar asociada a flexión, donde $Q/Q_y = 1$ corresponde al punto donde se alcanza la fluencia, seguido por el endurecimiento por deformación. Cuando esta respuesta se asocie a compresión, el valor $Q/Q_y = 1$ se relaciona al punto donde el hormigón comienza a descascararse y el endurecimiento posterior se alcanza en secciones bien confinadas.

Los parámetros a y b representan las deformaciones luego de alcanzada la fluencia. Los parámetros d y e representan las deformaciones totales. El parámetro c representa la resistencia reducida.

Las deformaciones utilizadas en las curvas pueden considerar:

a) Deformación: En esta curva las deformaciones son expresadas directamente en términos de deformaciones unitarias, curvatura, rotación o elongación.

b) Razón de deformación: En esta curva las deformaciones son expresadas en términos de razones, como ángulos de corte o desplazamientos entrepiso.

Para métodos no lineales la modelación de estas curvas puede realizarse a través de los valores entregados en Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29 o Tabla 30, según corresponda, o mediante cálculos justificados basados en la mecánica de materiales, para cada uno de los elementos estructurales. Asociados a estos parámetros se entregan los criterios de aceptación que deben ser cumplidos según 9.4.1.2.1.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01556-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

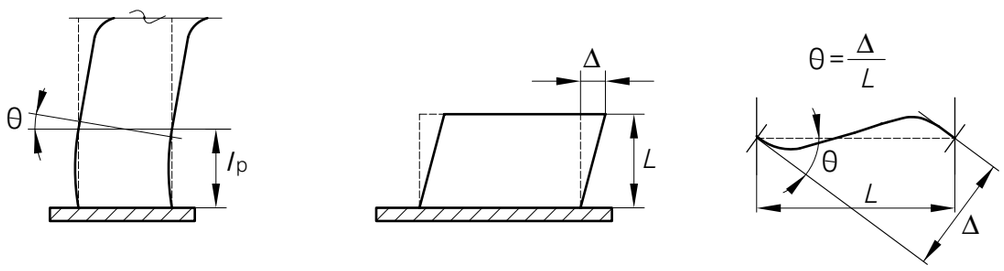
© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Los elementos de hormigón armado deberán ser clasificados según la solicitación que determine su capacidad, de este modo habrá elementos controlados por flexión y otros controlados por corte.

Comentario: Los elementos de hormigón armado que han sido detallados correctamente serán controlados por flexión, ya que su capacidad al corte será superior a su capacidad a flexión. Sin embargo, en estructuras patrimoniales se pueden encontrar elementos con mala distribución de armaduras, pudiendo determinar un comportamiento controlado por corte.

Se espera que los muros esbeltos ($h/1 > 3$) tengan un comportamiento asociado a flexión, mientras que los muros bajos ($h/1 < 1,5$) tengan un comportamiento asociado a corte.



(a) Rotación plástica en muros donde la flexión domina la respuesta no lineal

(b) Desplazamiento relativo en muros donde el corte domina la respuesta no lineal

(c) Rotación para vigas de acople

Figura 9 – Deformación inelástica en muros de hormigón y vigas de acople según su comportamiento

Tabla 27 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Vigas hormigón armado

		Parámetros de modelación[a]			Criterio de aceptación[a]			
		Ángulo de rotación plástica (radianes)		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
Condiciones					Objetivo de desempeño			
Clase[b]	$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_c}}$ [c]	a	b	c	OI	DC[d]	SV	PC
I[e]	≤ 0,25	0,020	0,030 0	0,2	0,005 0	0,010	0,020	0,030
I[e]	≥ 0,5	0,010	0,015 0	0,2	0,001 5	0,004	0,010	0,015
II[f]	-	0,003	0,010 0	0,0	0,001 5	0,003	0,005	0,010

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Clase I se asocia a vigas controladas por flexión y Clase II se asocia a vigas controladas por corte o mal desarrollo de barras de refuerzo.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. *V* corresponde a la fuerza de corte de diseño según método de análisis no lineal.

d) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC corresponden a una interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a una cuantía de refuerzo longitudinal que cumple con $\rho - \rho'/\rho_b < 0$ y con refuerzo transversal que no cumpla con la normativa vigente. Para otras condiciones, se deben considerar los elementos controlados por fuerzas o justificar otros valores.

f) Valores asociados a vigas con espaciamiento de estribos ≥ $d/2$. Para otras condiciones, se debe considerar elementos controlados por fuerzas o justificar otros valores.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Tabla 28 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Columnas hormigón armado

Condiciones		Parámetros de modelación[a) e) f)]			Criterio de aceptación[a) e) f)]			
		Ángulo de rotación plástica (radianes)		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
					Objetivo de desempeño			
$\frac{P}{A_g f'_c}$ [b)]	$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_c}}$ [c)]	a	b	c	OI	DC[d)]	SV	PC
≤ 0,1	≤ 0,25	0,012	0,020	0,2	0,005	0,007	0,01	0,012
≤ 0,1	≥ 0,50	0,006	0,006	0,2	0,004	0,004	0,005	0,006
≥ 0,6	≤ 0,25	0,004	0,004	0,0	0,002	0,002	0,003	0,004
≥ 0,6	≥ 0,50	0,000	0,000	0,0	0,000	0,000	0,000	0,000

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) P corresponde a la máxima carga axial esperada sobre la columna producto de cargas sísmicas y gravitacionales. Para $P > 0{,}7\ A_g f'_c$, se debe considerar elemento controlado por fuerzas.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. V corresponde a la fuerza de corte de diseño según método de análisis no lineal.

d) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante una interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a una cuantía de refuerzo transversal que cumple con $\rho = \frac{A_v}{b_w s} \leq 0{,}000\,5$. Para otras condiciones, se deben considerar elementos controlados por fuerzas o justificar otros valores.

f) Valores para columnas donde se espera que se alcance la fluencia a flexión antes que la falla por corte. Columnas controladas por corte deberán considerarse como controladas por fuerzas.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 29 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Muros y vigas de acople controlados por flexión

Condiciones		Parámetros de modelación[a)]			Criterio de aceptación[a)]			
		Ángulo de rotación plástica (radianes)		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
					Objetivo de desempeño			
Elemento		a	b	c	OI	DC[d)]	SV	PC
Muro[b)]	$\frac{\left(A_s - A_s'\right) f_y + P}{t_w l_w f_c'}$ [c)]							
	≤ 0,1	0,006	0,015	0,600	0,002	0,004	0,008	0,015
	≥ 0,25	0,002	0,005	0,250	0,001	0,002	0,003	0,005
Viga[e)]	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$ [f)]							
	≤ 0,25	0,020	0,025	0,500	0,006	0,011	0,020	0,035
	≥ 0,5	0,010	0,050	0,250	0,005	0,007	0,010	0,025

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Valores asociados a muros sin bordes confinados y que cumplen con $\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}} \leq 3 \pm 1$. Para otras condiciones, se debe considerar elementos controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. *P* corresponde a la máxima carga axial esperada sobre el muro producto de las cargas sísmicas y gravitacionales.

d) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a vigas de acople con refuerzo longitudinal convencional y refuerzo transversal que no cumple con normativa vigente. Para otras condiciones, se debe considerar elementos controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

f) Expresión y resultados en sistema internacional. *V* corresponde a la fuerza de corte de diseño del método de análisis no lineal.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 30 – Parámetros de modelación y Criterios de aceptación para métodos no lineales - Muros y vigas de acople controlados por corte

Condiciones		Parámetros de modelación[a]			Criterio de aceptación[a]			
		Desplazamiento entre piso (%) o Ángulo de rotación (radianes)[b]		Razón de resistencia residual	Desplazamiento entre piso (%) o Ángulo de rotación (radianes)[b]			
					Objetivo de desempeño			
Elemento		d	e	c	OI	DC[e]	SV	PC
Muro[c]	$\frac{\left(A_s - A_s'\right) f_y + P}{t_w l_w f_c'}$ [d]							
	≤ 0,05	1,00	2,00	0,20	0,40	0,80	1,50	2,00
	≥ 0,05	0,75	1,00	0,00	0,40	0,50	0,75	1,00
Viga[f]	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$ [g]							
	≤ 0,25	0,012	0,025	0,400	0,006	0,007	0,010	0,020
	≥ 0,5	0,008	0,014	0,200	0,004	0,005	0,007	0,012

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Usar desplazamiento entre piso para muros de corte y ángulo de rotación para vigas de acople.

c) Para muros que son controlados por corte, se debe cumplir $P \leq 0{,}15\ A_g f'_c$, de otro modo, éste debe ser considerado controlado por fuerzas.

d) Expresión y resultados en sistema internacional - P corresponde a la máxima carga axial esperada sobre el muro producto de cargas sísmicas y gravitacionales.

e) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC representan una interpolación entre OI y SV.

f) Valores asociados a vigas de acople con refuerzo longitudinal convencional y refuerzo transversal que no cumple con normativa vigente. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

g) Expresión y resultados en sistema internacional. V corresponde a la fuerza de corte de diseño del método de análisis no lineal.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Para métodos lineales se deberán obtener los factores *m* según Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33 o Tabla 34, según corresponda y ser aplicados en los criterios de aceptación según 9.4.1.1.1.

Tabla 31 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Vigas hormigón armado

		Factores m[a)]			
Condiciones		**Objetivo de desempeño**			
Clase[b)]	$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_c}}$ [c)]	**OI**	**DC**[d)]	**SV**	**PC**
I[e)]	≤ 0,25	2,00	2,30	3,00	4,00
I[e)]	≥ 0,5	1,25	1,50	2,00	3,00
II[f)]	-	1,25	1,30	1,50	1,75

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Clase I se asocia a vigas controladas por flexión y Clase II se asocia a vigas controladas por corte o con desarrollo inadecuado de las barras de refuerzo.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. *V* corresponde a la fuerza de corte de diseño según método de análisis no lineal.

d) Los factores *m* del objetivo de desempeño de DC se han obtenido mediante interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a una cuantía de refuerzo longitudinal que cumple con $\rho - \rho'/\rho_b < 0$ y con refuerzo transversal que no cumple con los requisitos de la normativa vigente. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

f) Valores asociados a vigas con espaciamiento de estribos ≥ *d*/2. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 32 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Columnas hormigón armado

Condiciones		Factores m[a) e) f)] Objetivo de desempeño			
$\frac{P}{A_g f'_c}$ [b)]	$\frac{V}{b_w d\sqrt{f'_c}}$ [c)]	OI	DC[d)]	SV	PC
≤ 0,1	≤ 0,25	1,2	1,2	1,3	1,4
≤ 0,1	≥ 0,5	1,0	1,0	1,0	1,1
≥ 0,6	≤ 0,25	1,0	1,0	1,0	1,1
≥ 0,6	≥ 0,5	1,0	1,0	1,0	1,0

g) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

h) P corresponde a la máxima carga axial esperada sobre la columna producto de cargas sísmicas y gravitacionales. Para relaciones de $P > 0{,}7\ A_g f'_c$, se deberá considerar que la columna se encuentra controlada por fuerzas.

i) Expresión y resultados en sistema internacional. V corresponde a la fuerza de corte de diseño del método de análisis no lineal.

j) Los factores m del objetivo de desempeño de DC representan una interpolación entre OI y SV.

k) Valores asociados a una cuantía de refuerzo transversal que cumple con $\rho = \frac{A_v}{b_w s} \leq 0{,}000\,5$. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

l) Valores para columnas donde se espera que se alcance la fluencia a flexión antes que la falla por corte. Columnas controladas por corte deberán considerarse como controladas por fuerzas.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 33 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Muros y vigas de acople controlados por flexión

Condiciones		Factores m[a)]			
		Objetivo de desempeño			
Elemento		OI	DC[d)]	SV	PC
Muro[b)]	$\frac{\left(A_s - A_s'\right) f_y + P}{t_w l_w f_c'}$ [c)]				
	≤ 0,1	2,00	2,20	2,50	4,00
	≥ 0,25	1,25	1,30	1,50	2,00
Viga[e)]	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$ [f)]				
	≤ 0,25	1,50	2,20	3,50	5,00
	≥ 0,5	1,20	1,40	1,80	2,50

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Valores asociados a muros sin bordes confinados y que cumplen con $\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}} \leq 3 \pm 1$. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. P corresponde a la máxima carga axial esperada sobre el muro producto de cargas sísmicas y gravitacionales.

d) Los factores m del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a vigas de acople con refuerzo longitudinal convencional y refuerzo transversal que no cumple con normativa vigente. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

f) Expresión y resultados en sistema internacional. V corresponde a la fuerza de corte de diseño del método de análisis no lineal.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Tabla 34 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Muros y vigas de acople controlados por corte

Condiciones		Factores m[a)]			
		Objetivo de desempeño			
Elemento		OI	DC[d)]	SV	PC
Muro[b)]	$\frac{\left(A_s - A_s'\right) f_y + P}{t_w l_w f_c'}$ [c)]				
	≤ 0,05	2,0	2,2	2,5	3,0
	≥ 0,05	1,5	1,7	2,0	3,0
Viga[e)]	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_c'}}$ [f)]				
	≤ 0,25	1,5	1,8	2,5	3,0
	≥ 0,5	1,2	1,2	1,2	1,5

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) Para muros que son controlados por corte, se debe cumplir $P \leq 0{,}15\ A_g f'_c$, de otro modo, el muro debe ser considerado controlado por fuerzas.

c) Expresión y resultados en sistema internacional. P corresponde a la máxima carga axial esperada sobre el muro producto de cargas sísmicas y gravitacionales.

d) Los factores m del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

e) Valores asociados a vigas de acople con refuerzo longitudinal convencional y refuerzo transversal que no cumple con normativa vigente. Para otras condiciones, se debe considerar que los elementos se encuentran controlados por fuerzas o bien justificar otros valores.

f) Expresión y resultados en sistema internacional. V corresponde a la fuerza de corte de diseño del método de análisis no lineal.

9.4.5 Acero

Para todas las edificaciones con tipologías correspondientes a acero, según 8.2, se debe cumplir lo indicado en 9.4.5.1 hasta 9.4.5.3.

Los modelos matemáticos considerados para representar la estructura deben contener lo siguiente:

a) Dimensiones y propiedades seccionales de cada elemento;

b) Estructuración de componentes y presencia de excentricidades o deformaciones permanentes;

c) Configuración y propiedades de conexiones; y

d) Propiedades y presencia de diafragmas rígidos.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

9.4.5.1 Resistencia

Se debe determinar la resistencia nominal de cada elemento de acero, la que debe ser calculada usando las ecuaciones especificadas en NCh427. El factor de reducción de resistencia, ∅, debe ser considerado igual a 1.

9.4.5.2 Rigidez

Se debe determinar la rigidez efectiva de cada elemento de acero, que debe ser calculada según se especifica en NCh427.

9.4.5.3 Comportamiento

Los elementos de acero pueden tener comportamientos controlados por deformación o controlados por fuerzas, lo que debe quedar determinado según lo especificado en 8.6.

9.4.5.3.1 Controlados por fuerzas

Los elementos de acero que presentan un comportamiento controlado por fuerzas deben cumplir con los criterios de aceptación presentados en 9.4.1.1.2 para análisis con métodos lineales y 9.4.1.2.2 para análisis con métodos no lineales.

9.4.5.3.2 Controlados por deformación

A los elementos de acero que presentan un comportamiento controlado por deformación se le podrá asociar una relación generalizada fuerza - deformación como la indicada en Figura 10.

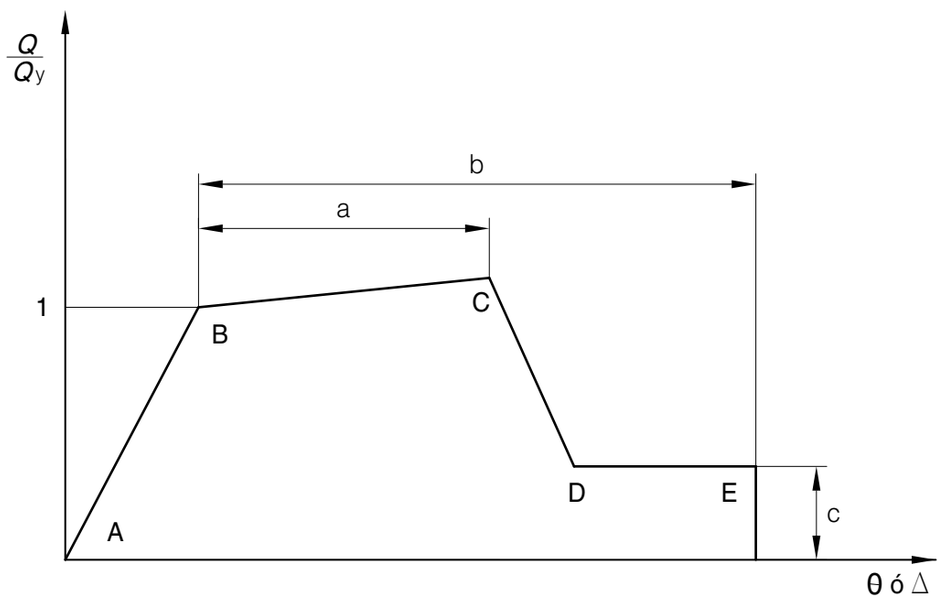


Figura 10 – Curva generalizada de fuerza versus deformación para elementos de acero

La modelación de estas curvas puede realizarse a través de los valores entregados en Tabla 35 según corresponda, o mediante cálculos justificados basados en la mecánica de materiales, para cada uno de los elementos estructurales.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01562-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Tabla 35 – Parámetros de modelación y criterios de aceptación para métodos no lineales - Acero

	Parámetros de modelación[a]			Criterio de aceptación[a]			
	Ángulo de rotación plástica (radianes)		Razón de resistencia residual	Ángulo de rotación plástica (radianes)			
Condiciones				Objetivo de desempeño			
Tipo Componente - Solicitación	a	b	c	OI	DC[d]	SV	PC
Vigas - Flexión							
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{418}{\sqrt{f_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0,6	$1\theta_y$	$4\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{640}{\sqrt{f_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0,2	$0{,}25\theta_y$	$1{,}2\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.						
Columnas - Flexión[b]							
$P/P_{CL} < 0{,}2$[c]							
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{300}{\sqrt{f_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0,6	$1\theta_y$	$4\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{460}{\sqrt{f_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0,2	$0{,}25\theta_y$	$1{,}2\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.						
$P/P_{CL} < 0{,}2$[c]							
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{260}{\sqrt{f_{ye}}}$	$11\left(1-\frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)\theta_y$	$17\left(1-\frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)\theta_y$	0,2			$14\left(1-\frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)\theta_y$	$17\left(1-\frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)\theta_y$
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ $\frac{h}{t_w} \le \frac{400}{\sqrt{f_{ye}}}$	$1\theta_y$	$1{,}5\theta_y$	0,2	$0{,}25\theta_y$	$0{,}6\theta_y$	$1{,}2\theta_y$	$1{,}2\theta_y$
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.						
$P/P_{CL} < 0{,}5$[c]	Fuerza controlada						

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) En caso de columnas cuadradas o rectangulares, reemplazar $b_f/2t_f$ por b/t, reemplazar 52 por 110, y 65 por 190.

c) P/P_{CL} representa la relación entre la carga axial a la que se somete el elemento sobre la resistencia en el límite inferior del elemento de acero.

d) Los criterios de aceptación del objetivo de desempeño de DC representan una interpolación entre OI y SV.

Para determinar la rotación total del elemento, se deben considerar las rotaciones a la fluencia especificadas en Ecuación 23 o Ecuación 24, según el componente que corresponda.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Para el caso de vigas, la rotación es:

$$\theta_y = \frac{Zf_{ye}\, l_b}{6EI_b} \tag{23}$$

Para el caso de columnas, la rotación es:

$$\theta_y = \frac{Zf_{ye}\, l_c}{6EI_c}\left(1 - \frac{P}{P_{ye}}\right) \tag{24}$$

Para métodos lineales se deben obtener los factores *m* según Tabla 36, según corresponda y ser aplicados en los criterios de aceptación según 9.4.1.1.1.

Tabla 36 – Criterios de aceptación para métodos lineales - Acero

	Factores *m*[a)]			
Condiciones	**Objetivos de desempeño**			
Tipo Componente - Solicitación	**OI**	**DC[d)]**	**SV**	**PC**
Vigas - Flexión				
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{418}{\sqrt{f_{ye}}}$	2,0	3,3	6	8
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{640}{\sqrt{f_{ye}}}$	1,25	1,5	2	3
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.			
Columnas - flexión[b)]				
$P/P_{CL} < 0{,}2$[c)]				
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{300}{\sqrt{f_{ye}}}$	2	3,3	6	8
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{460}{\sqrt{f_{ye}}}$	1,25	1,3	1,25	2
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.			
$0{,}2 \le P/P_{CL} \le 0{,}5$[c)]				
$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{260}{\sqrt{f_{ye}}}$	1,25	1,5	$9\left(1 - \frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)$	$12\left(1 - \frac{5}{3}\cdot\frac{P}{P_{CL}}\right)$
$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{f_{ye}}}$ | $\frac{h}{t_w} \le \frac{400}{\sqrt{f_{ye}}}$	1,25	1,3	1,25	1,5
Otras	Interpolación lineal entre aspectos del alma y del ala y el menor valor resultante debe ser utilizado.			
$P/P_{CL} < 0{,}5$[c)]	Fuerza controlada			

a) Valores intermedios deben ser obtenidos por interpolación.

b) En caso de columnas cuadradas o rectangulares, reemplazar $b_f/2t_f$ por b/t, reemplazar 52 por 110, y 65 por 190.

c) P/P_{CL} representa la relación entre la carga axial a la que se somete el elemento sobre la resistencia en el límite inferior del elemento de acero.

d) Los factores *m* del objetivo de desempeño de DC se obtienen mediante interpolación entre OI y SV.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

10 Opciones de intervención

Se deben proponer opciones de intervención para mejorar el comportamiento sísmico de la edificación. Para esto último, el sistema resistente debe proporcionar un nivel adecuado de redundancia, de modo que cualquier falla local no genere un colapso total o inestabilidad de la estructura.

10.1 Modificación local de componentes

Esta intervención debe ser aplicada cuando la estructura globalmente presenta rigidez y resistencia suficiente, pero algunos componentes no son suficientemente resistentes o dúctiles para alcanzar el comportamiento definido.

NOTA Es la opción de intervención más simple y de menor costo. Dentro de las modificaciones locales de componentes se encuentran la mejora de conexiones, aumento de resistencia, aumento de capacidad de deformación o una mezcla de los tres.

10.2 Aumento de rigidez lateral de la estructura

Esta intervención debe ser aplicada si la evaluación de la estructura en su condición actual muestra deficiencias atribuibles a deformaciones laterales excesivas y los componentes sismorresistentes críticos no poseen adecuada ductilidad para absorber dichas deformaciones.

NOTA Esta intervención resulta común en estructuras de marcos que presentan poca rigidez lateral. En edificaciones con alta densidad de muros no se presentan estos problemas.

10.3 Refuerzo de la estructura

Esta intervención debe ser aplicada cuando la evaluación de la estructura en su condición actual muestra un comportamiento inaceptable atribuible a falta de resistencia. Lo anterior se observa cuando se presentan comportamientos inelásticos en sismos de baja magnitud.

NOTA También se puede aplicar esta intervención cuando se observan demandas de deformación plástica a lo largo y alto de toda la estructura.

10.4 Reducción de masa

Esta intervención debe ser aplicada si la evaluación de la estructura en su condición actual muestra deficiencias atribuibles al exceso de masa, flexibilidad o limitada resistencia global de la estructura.

NOTA La masa y la rigidez del edificio controlan la fuerza y deformación inducidas por el sismo. Por lo tanto, una disminución de masa produce, en general, una reducción en los niveles de demanda sísmica actuando sobre la edificación.

10.5 Implementación de sistemas de aislación sísmica

Esta intervención debe ser aplicada en estructuras de alto valor patrimonial donde la evaluación de la edificación en su condición actual muestra deficiencias atribuibles al exceso de cargas sísmicas o demandas de deformación. También resulta necesaria cuando se requiere proteger contenidos de gran valor patrimonial, o elementos arquitectónicos y no estructurales. La implementación de este sistema debe efectuarse de acuerdo a NCh2745.

NOTA Esta intervención resulta muy conveniente cuando no se quiere intervenir la edificación para poder mantener sus propiedades arquitectónicas. De esta manera, se reduce la demanda sobre la estructura sin modificar su capacidad.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

10.6 Implementación de sistemas de disipación de energía suplementarios

Esta intervención debe ser aplicada cuando la evaluación muestre deficiencias atribuibles a la deformación excesiva producto de la flexibilidad del edificio. La implementación de este sistema se debe efectuar de acuerdo a NCh3411.

11 Proyecto de intervención estructural

Se definen los criterios de aceptación respecto del nivel de desempeño esperado de la estructura frente a un sismo del nivel y recurrencia definida, considerando la categoría de uso asignada y la invasividad que dicha intervención implicaría sobre la estructura original. Si se considera que sobrepasa ciertos límites de intervención e invade de manera significativa la estructura original, se debe considerar la reevaluación de la intervención, modificando el nivel de desempeño y/o uso hasta alcanzar intervenciones acordes con los criterios de intervención patrimoniales aceptadas en las cartas.

Una vez que se haya cumplido con las exigencias estructurales y patrimoniales se debe generar un informe con las bases de diseño y cálculo del proyecto de intervención que debe incluir a lo menos lo siguiente:

a) Descripción de la estructura: Incluyendo una breve identificación y caracterización de la tipología constructiva de la edificación existente, detallando sus singularidades;

b) Descripción de materiales: Identificación y caracterización de los materiales existentes y propuestos en la intervención, de acuerdo a las prospecciones realizadas en la construcción y a otra información disponible;

c) Normas y documentos de referencia: Listado de las normas, guías de diseño y otros documentos usados con el análisis, diseño y especificaciones de la intervención;

d) Solicitaciones y combinaciones de carga: Descripción y cuantificación de los pesos y cargas de uso que debe resistir la construcción patrimonial, en conjunto con las combinaciones de cargas utilizadas en el diseño de la intervención;

e) Identificación de las deficiencias y la solución propuesta: Descripción de los resultados de la evaluación realizada según 9.4 a la situación actual y resultados de la evaluación del diseño de la intervención propuesta.

f) Otras consideraciones o documentos que el proyectista considere necesario.

12 Protocolos de intervención

Los protocolos de intervención corresponden a todos los procedimientos que deben considerarse durante la etapa de ejecución y operación de las obras.

Se deben estimar los costos y riesgos asociados a cada tipo de intervención y las medidas adoptadas que permitan asegurar tanto la estabilidad de la estructura como la preservación de los valores de diseño preestablecidos.

No se consideran protocolos de intervención las etapas de análisis, diagnóstico y estudios previos, los que se realizan durante la etapa de proyecto.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01b6-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Se establecen los siguientes protocolos de intervención, los cuales deben ser verificados en obra:

a) Los procesos de intervención se deben realizar extremando las precauciones relativas a minimizar los daños sobre la construcción.

b) Los procedimientos de ejecución en intervenciones de carácter patrimonial deben contemplar, en toda su extensión, el principio del respeto a la autenticidad del original y la reversibilidad de la intervención.

c) Verificación de la calidad de los materiales dispuestos en obra y procedimentos de construcción, los cuales deben ser acordes a los especificados en el proyecto.

d) Verificar modificaciones o cambios que se generen durante el proceso de intervención, ya sea por alteraciones al diseño original, o cambios de criterio respecto a materialidades, conflictos de unión o integración entre materiales nuevos y originales, etc. Para esto, se deberá adoptar las medidas convenientes para su resolución en coordinación y aprobación de los profesionales responsables del proyecto.

e) Todo proceso de intervención patrimonial debe exigir la implementación de las medidas de seguridad necesarias conforme a la reglamentación vigente. Tales medidas deben considerar la prevención y mitigación del riesgo tanto al interior de la obra como en su entorno inmediato.

Para revisar los métodos de intervención comúnmente utilizados en tipologías estructurales comprendidas dentro del alcance de la presente norma, ver Anexo D.

13 Mantenimiento del inmueble

Con la finalidad de asegurar la permanencia en el tiempo de las hipótesis de cálculo y las características patrimoniales de la edificación, el proyecto de intervención debe establecer un plan de mantenimiento que debe contener a lo menos:

NOTA Es importante comprender cómo el medio ambiente y el entorno pueden afectar directa o indirectamente una edificación, hecho que se reflejará en un daño progresivo a lo largo de la vida útil de la construcción.

Este daño se puede acentuar debido a un diseño original poco elaborado, ya sea por defectos de construcción, o por condicionantes del entorno como condensación, humedad excesiva u otros. También por el uso de materiales inapropiados y/o deficiencias en el mantenimiento posterior.

El deterioro del material producido por acciones químicas, físicas y biológicas, puede acelerarse cuando se modifica el ambiente que lo rodea de manera desfavorable (por la contaminación, por ejemplo). Las consecuencias principales son el desgaste y envejecimiento de las superficies, la pérdida de material y, desde el punto de vista mecánico, la reducción de la resistencia.

El daño también puede producirse en componentes o sistemas no estructurales, tales como tabiques divisorios o revestimientos, debido a tensiones que se producen en el interior de esos elementos a causa de deformaciones o cambios de dimensión en la estructura.

a) Actividades preventivas: definición de revisiones y acciones a realizar periódicamente para asegurar el estado de conservación de la estructura antes que ésta presente algún daño;

b) Actividades correctivas: definición de revisiones y acciones a realizar periódicamente para asegurar el estado de conservación de la estructura luego que ésta presente algún daño leve;

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-01956-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

c) Periodicidad de las actividades: definición de la frecuencia con que se deben realizar las acciones solicitadas en puntos a) y b); y

d) Otros que defina el proyectista.

NOTA Un buen programa de mantenimiento de la estructura conlleva un adecuado proceso de monitoreo de la misma. Para ello se mide el comportamiento en cada fase (enfoque observacional) y los datos que se obtienen proporcionan la base para cualquier acción posterior. En este sentido actúa como un sistema de alarma.

Un sistema de monitoreo tiene como objetivo registrar los cambios en las deformaciones, fisuras, grietas, asentamientos, rotaciones o inclinaciones, temperaturas, humedad, etc. El monitoreo dinámico permite registrar aceleraciones, como las que ocurren en zonas sísmicas.

El método más simple y económico para monitorear grietas o fisuras consiste en situar un testigo en ellas. A veces es preciso utilizar sistemas de monitoreo en línea para registrar los datos en tiempo real.

La adopción de las estrategias adecuadas para elaborar un programa de mantenimiento, siempre debe adoptarse desde un enfoque multidisciplinar y considerando los datos obtenidos durante el proceso de evaluación y monitoreo de la construcción.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo A
(informativo)

Estudio de la construcción

A.1 Estudio histórico-constructivo

Para la realización del estudio histórico-constructivo se recomienda estudiar los registros históricos, arquitectónicos, socio-culturales u otros, cuya información aporte antecedentes sobre los cambios o modificaciones que ha experimentado el inmueble, edad de los materiales y transformaciones realizadas desde su origen.

El reconocimiento de la estructura desde un punto de vista histórico-constructivo requiere de información sobre las técnicas de construcción utilizadas, el daño existente, deterioro y alteraciones en el tiempo, que permita realizar el diagnóstico de su estado actual.

El objetivo del estudio histórico-constructivo es comprender el origen y características patrimoniales del edificio, las técnicas de construcción empleadas, los cambios producidos en la estructura y entorno, y los fenómenos que puedan haber causado los distintos tipos de daño.

Este estudio debe contener, a lo menos, la siguiente información:

a) Definición, descripción y análisis del valor patrimonial del edificio desde el punto de vista histórico y cultural.

b) Descripción detallada de los materiales, y sistemas constructivos originalmente utilizados en la construcción y sus modificaciones posteriores.

c) Descripción detallada del estado actual de la estructura, identificando daños y deterioro.

Estos contenidos deben considerar la inspección, en distinto niveles de profundidad de la construcción y su entorno.

NOTA Es importante que estos estudios respondan a un programa adecuado y coherente con la escala de la intervención, complejidad de la estructura, nivel de detalle requerido y recursos disponibles.

A.2 Levantamiento de la construcción

El levantamiento planimétrico de la construcción es la base sobre la cual contrastar la documentación histórica y los registros de las intervenciones sucesivas realizadas sobre la obra a lo largo del tiempo. Este levantamiento tiene como objeto comprender el sistema constructivo y tipología estructural, las épocas de las intervenciones históricas, a la vez que identificar el proceso patológico de la estructura.

Para lograr lo anterior, resulta fundamental la colaboración multidisciplinaria que permita entender los diferentes aspectos que convergen en el proyecto, contrastando los datos históricos de tal modo de esclarecer las interrogantes que surjan del levantamiento.

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

El levantamiento de la construcción podrá considerar los siguientes aspectos:

a) Levantamiento geométrico

Este levantamiento debe reflejar en detalle el estado de conservación de la construcción, referirse tanto a la geometría completa del conjunto como a la de los elementos constructivos, incluyendo la relación con edificios adyacentes, sean ellos solidarios o no. Los datos obtenidos se deben representar en planos a escala adecuada para su lectura que contengan plantas, elevaciones, cortes y detalles.

Se debe considerar que las irregularidades geométricas pueden ser resultado de deformaciones anteriores, pero también puede señalar distintas fases constructivas o alteraciones en las calidades de los materiales de la edificación.

b) Levantamiento del sistema estructural y materiales constituyentes

Debe contener la identificación de los materiales y describir el sistema estructural del inmueble, teniendo presente la calidad y el estado de conservación de los materiales, elementos constructivos, y los sistemas de unión y su inserción en la estructura del edificio.

El levantamiento del sistema estructural debe describir, a lo menos: sistema de fundaciones, sistema de pilares, losas y vigas de los distintos niveles de la construcción, sistema estructural de cubierta o techumbre y elevaciones de todos los ejes estructurales del edificio.

Este procedimiento requiere de la recopilación de información a través de ensayos no destructivos, en los casos donde no puedan llevarse a cabo ensayos de otra clase.

c) Levantamiento de daños y agentes de deterioro

Este registro debe contener una descripción exhaustiva de los daños y sus principales causas.

El estudio de las alteraciones estructurales comienza por el levantamiento de los daños visibles, con lo cual se debe elaborar una idea sobre el comportamiento estructural del edificio, y a su vez, examinar de forma más detallada aquellos aspectos críticos.

d) Levantamiento crítico

Levantamiento del estado de la construcción y de su entorno con el objetivo de identificar daños, que permitan determinar la causa de las lesiones con el fin de establecer la estrategia de intervención y las medidas de prevención.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo B
(normativo)

Definición de espectro sísmico SDI

El siguiente anexo presenta las curvas de espectro sísmico exigido en esta normativa, para ello se presenta Tabla B.2 con los parámetros necesarios para definir el espectro de diseño, SDI, ilustrado esquemáticamente en Figura B.1 para cada tipo de suelo.

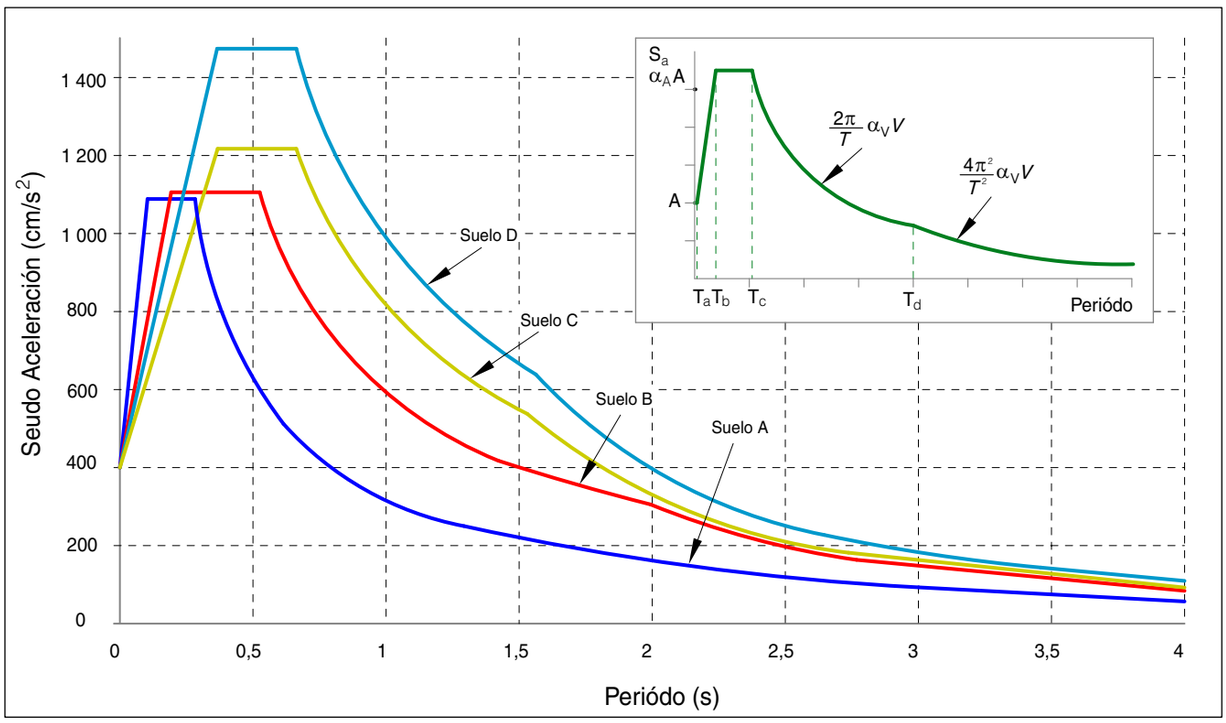


Figura B.1 – Espectro base de diseño para zona sísmica 2 y los cuatro tipos de suelos (β = 0,05)

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VDJ-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Además, se presenta Tabla B.1 los factores por los que se debe amplificar el espectro según la zonificación sísmica y la intensidad del sismo.

Tabla B.1 – Factores de amplificación que dependen de la zonificación sísmica según 8.1.2

Zona sísmica	Z_s	M_M
1	¾	1,2
2	1	1,2
3	5/4	1,2

Tabla B. 2 – Parámetros para definición del espectro de diseño, SDI

Suelo	T_a	T_b	T_c	T_d	T_e	T_f	$\alpha_A A$	$\alpha_V V$	$\alpha_D D$
NCh 433	s	s	s	s	s	s	cm/s^2	cm/s	cm
A	0,030	0,110	0,290	2,510	10	33	1085	50	20
B	0,030	0,200	0,540	2,000	10	33	1100	94	30
C	0,030	0,375	0,680	1,580	10	33	1212	131	33
D	0,030	0,375	0,680	1,580	10	33	1470	159	40

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo C
(informativo)

Ensayos y pruebas de laboratorio

Se detallan una lista de ensayos recomendados para cada tipología tratada en esta normativa, abarcando las propiedades físicas, químicas, mecánicas y biológicas que pueden ser de relevancia para el estado de conservación de la edificación y sus posibles deficiencias y futura intervención.

El listado aquí presente no es exhaustivo, pudiendo considerarse todos aquellos ensayos que cumplan con lo indicado en sección 8.4, “Caracterización de los materiales”.

<u>Albañilería de Arcilla Cocida</u>			
Propiedades físicas	:	Absorción de agua	NCh181
		Densidad	NCh2123
		Dimensiones geométricas	NCh2123
Propiedades químicas	:	Esflorescencias	
Propiedades mecánicas	:	Resistencia a compresión por unidad y bloque	NCh2123
		Resistencia a compresión diagonal	
<u>Acero</u>			
Propiedades físicas	:	Requisitos de forma acero estructural	NCh203
Propiedades químicas	:	Contenido de carbono	NCh203
		Corrosión	
Propiedades mecánicas	:	Resistencia a tracción	NCh203
		Tensión de fluencia	
		Alargamiento	
<u>Madera</u>			
Propiedades físicas	:	Humedad	NCh3028/2
		Estabilidad dimensional	
		Densidad aparente	
		Contracción e hinchamiento volumétrico	NCh980
			NCh3053
		Tolerancias dimensionales	NCh174
Propiedades químicas	:	Emisión de formaldehído	NCh3390

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Propiedades mecánicas :	Compresión paralela a la fibra	NCh976
	Compresión normal a la fibra	NCh975
	Resistencia a la flexión	NCh987
	Resistencia a clivaje	NCh977
	Extracción de clavo	NCh979
	Dureza	NCh978
	Tenacidad	NCh986
Propiedades Biológicas :	Ataque por organismos e insectos xilófagos	

Hormigón

Propiedades físicas :	Docilidad	NCh1019
	Densidad aparente - Densidad aparente compactada	NCh1564
	Contenido de aire	ASTM C-231
	Uniformidad	NCh1565
	Impermeabilidad	NCh2262
	Requisitos de forma barras de acero para hormigón armado	NCh204
Propiedades químicas :	Reacción Álcali-árido	ASTM C-227
	Carbonatación	
	Contenido de carbono barras de acero para hormigón armado	NCh204
	Corrosión barras de acero para hormigón armado	
Propiedades mecánicas :	Resistencia a compresión por testigos	NCh1037
	Extracción de barra de acero	
	Resistencia a tracción barras de acero para hormigón armado	NCh204
	Tensión de fluencia barras de acero para hormigón armado	
	Alargamiento barras de acero para hormigón armado	

Mortero

Propiedades físicas :	Densidad aparente	NCh1019
	Impermeabilidad	NCh2262
Propiedades químicas :	Reacción Álcali - árido	ASTM C-227
	Carbonatación	
Propiedades mecánicas :	Resistencia a compresión por testigos	NCh1037
	Ensayo de adherencia	

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo D
(informativo)

Factores de conversión para probetas de hormigón

La capacidad de las probetas de hormigón depende de sus dimensiones y forma, pudiendo ser necesario transformar los valores de resistencia a los de probetas cúbicas de dimensión básica de 200 mm, ensayada a los 28 días de edad.

D.1 Relación entre probetas cúbicas y probetas cilíndricas

Los valores de resistencia a la compresión de cubos de 200 mm de arista y cilindros de 150 mm de diámetro pueden relacionarse según la fórmula:

$$f_c = k_1 \cdot f'_c \qquad \text{(D.1)}$$

en que:

f_c = resistencia sobre probetas cúbicas;

f'_c = resistencia sobre probetas cilíndricas;

k_1 = coeficiente indicado en Tabla D.1.

Tabla D.1 – Factor de conversión para las probetas preferidas en formas cúbicas y cilíndricas

f_c MPa	k_1	f'_c MPa
5	1,25	4
10	1,25	8
15	1,25	12
20	1,25	16
25	1,25	20
30	1,20	25
35	1,17	30
40	1,14	35
45	1,13	40
50	1,11	45
55	1,10	50
60	1,09	55

Fuente: NCh170:85.

Los valores de Tabla D.1 se pueden interpolar linealmente para valores intermedios de resistencia.

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Anexo E
(normativo)

Propiedades de materiales

Se presentan valores por defecto de cada materialidad que pueden ser utilizados en caso de no existir ensayos, destructivos o no destructivos, en unidades de MPa.

E.1 Albañilería

Tabla E.1 – Valores por defecto nominales de albañilería histórica de ladrillo

Propiedad	Valor MPa
Resistencia a compresión (f'_m)	1,0
Módulo de elasticidad (E)	600 f'_m
Resistencia al corte (τ_0)	0,025
Módulo elástico de corte (G)	0,025 E

E.2 Madera

Tabla E.2 – Valores por defecto de tensión admisible de las maderas típicas chilenas

Especies	Tensión admisible		Estado seco MPa
Pino Radiata	Resistencia a la flexión	F_f	8,60
	Resistencia a la compresión paralela	F_{cp}	6,60
	Resistencia de cizalle	F_{cz}	0,86
	Módulo elasticidad Flexión	E_f	6 900
Roble	Resistencia a la flexión	F_f	14,00
	Resistencia a la compresión paralela	F_{cp}	10,50
	Resistencia de cizalle	F_{cz}	1,25
	Módulo elasticidad Flexión	E_f	9 100
Pino Oregón	Resistencia a la flexión	F_f	11,00
	Resistencia a la compresión paralela	F_{cp}	8,30
	Resistencia de cizalle	F_{cz}	1,05
	Módulo elasticidad Flexión	E_f	7 900

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.301.001-9 - VD-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

E.3 Hormigón

Tabla E.3 – Valores por defecto de resistencia característica de hormigón antiguo

Clases de hormigón	Resistencia característica probeta cúbica (f_c) MPa
A	10,0
B	12,8
C	15,2
D	18,8
E	24,0

Tabla E.4 – Valores por defecto de propiedades mecánicas de acero de refuerzo

Grado	Tensión de Fluencia (f_y) MPa	Resistencia a la tracción (f_u) MPa
A37 - 24H	240	370

E.4 Acero

Tabla E.5 – Valores por defecto de tensión admisible de acero estructural

Año	Tensión admisible (F_f) MPa
Antes de 1900	100
1900 - 1960	120
1960 en adelante	140

Copia para uso exclusivo - Corporación Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo F
(informativo)

Bibliografía

[1] Allen, D.E. *Safety Criteria for Evaluation of Existing Structures.* IABSE Colloquium: Remaining Structural Capacity, Copenhagen, 1993, pp. 77-84.

[2] ASCE 41:13:2014, *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*.

[3] Carta de Atenas para la Restauración de Monumentos históricos. Primera Conferencia Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos históricos, Atenas, 1931.

[4] Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios (la Carta de Venecia, 1964). Segundo Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos, Venecia 1964.

[5] FEMA 273:1997, *NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*.

[6] FEMA 310:1998, *Handbook for the seismic evaluation of buildings*.

[7] Hurtado, Eduardo. *Ficha de lesiones típicas de daños por terremoto en inmuebles.* Dirección de Arquitectura. Ministerio de Obras Públicas. Versión 1. Santiago, Abril, 2014.

[8] ICOMOS Charter. *Principles for the analysis, conservation and structural restoration of architectural Heritage*. 2003, ratified by the ICOMOS 14th General Assembly, in Victoria Falls, Zimbabwe.

[9] ICOMOS. *The Nara Document on Authenticity*. (1994) / Ratified at Nara Conference on Authenticity in Relation to the World Heritage Convention. Nara, Japón.

[10] ISO13822:2010, *Bases for design of structures - Assessment of existing structures - Technical Committee. ISO/TC 98/SC2. Reliability of structures. 2010*.

[11] ISO 2394:2015, *General principles on reliability for structures - Technical Committee.*

[12] ISO 12491:2013, *Statistical methods for quality control of building materials and components - Technical Committee. ISO/TC 98/SC2. Reliability of structures. 1997. Revised in 2013.*

[13] LineeGuida per la valutazione e riduzione del rischiosismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni. Consiglio superiore dei lavori pubblici. Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo. 2006.

[14] Manual para la construcción y diseño de edificios de Albañilería armada de bloques de cemento y ladrillos cerámicos. Dirección de Arquitectura. Ministerio de Obras Públicas. 1983.

[15] Melchers, R.E. *Structural Reliability; Analysis and Prediction*. ELLIS HORWOOD, 1987.

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

[16] Mori, Y; Ellingwood, B. *Reliability-based Service Life Assessment of Aging Concrete Structures*. Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.119, No. 5, 1993. Pp. 1600-1621,

[17] NCh170.Of2016, *Hormigón - Requisitos generales.*

[18] NCh431, *Diseño estructural - Cargas de nieve.*

[19] NCh432, *Diseño estructural - Cargas de viento.*

[20] NCh204.Of2006, *Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón.*

[21] NCh427/1:2016, *Construcción - Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero.*

[22] NCh428.Of57, *Ejecución de construcciones de acero.*

[23] NCh2123.Of1997 mod.2003, *Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo.*

[24] NCh1198.Of2014, *Madera - Construcciones en madera - Cálculo.*

[25] NCh1990.Of2017, *Madera - Tensiones admisibles para madera estructural.*

[26] Rackwitz, R. A *Concept for Deriving Partial Safety Factors for Time Variant Reliability*. Proceedings to ESREL '97, Advances in Safety and Reliability, Lisbon, 1997. Pp. 1295-1305.

[27] ICOMOS-ISCARSAH. Recomendaciones para el análisis, conservación y restauración estructural del Patrimonio arquitectónico. ISCARSAH-Comité Internacional sobre Análisis y restauración de estructuras del patrimonio arquitectónico, ICOMOS, 2003. Ed. especial. Trad. Agnès González Dalmau. 2004.

[28] Ley 17.288 de Monumentos Nacionales y Normas Relacionadas. Ministerio de Educación. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos. Consejo de Monumentos. 7ma edición. 2017.

[29] Urrejola, R. *Desarrollo de un anteproyecto de norma para intervenciones en estructuras patrimoniales*. Memoria de título para optar al título de ingeniero civil. UTFSM, 2018.

NOTAS:

El concepto de Autenticidad se definió en la Carta de Venecia[4] de 1964 como patrimonio compuesto de material original, posición original, diseño original y procedimiento original. Posteriormente, en 1994, fue ampliado por el Documento de Nara.

ISCARSAH (Comité Científico Internacional para el Análisis y Restauración de las Estructuras de Arquitectura Patrimonial, ICOMOS), elaboró una guía de conservación de las estructuras patrimoniales[8], documento ratificado por ICOMOS en la 14ª Asamblea General, en las Cataratas Victoria, Zimbabwe, Octubre, 2003[9].

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-0156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo

Anexo G
(informativo)

Participantes en elaboración de Norma Chilena NCh3389

La Norma Chilena NCh3389 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización y en su elaboración participaron las personas naturales y organizaciones siguientes:

V. Atria M.	Josefina Atria Mira
Profesional independiente	Arturo Millán
Instituto Nacional de Normalizacion, INN	Sergio Contreras
Prof. Independiente	Clio Vilquin
Prof. Independiente	Rocio Urrejola

Copia para uso exclusivo - Corporacion Administrativa del Poder Judicial - 60.501.001-9 - VU-01156-20

USO EXCLUSIVO - Corporación Administrativa del Poder Judicial (PROHIBIDO LA REPRODUCCION)

© INN 2020 - Todos los derechos reservados

Impreso por: Katherine Olguín Carvallo