

# ACI 314RS-16

## Guía para el diseño simplificado de edificaciones en concreto reforzado

(Para edificaciones de tamaño y altura limitadas, basado en ACI 318S-14 e IPS-1, “Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado”)

Producido por el Comité ACI 314



American Concrete Institute  
*Siempre avanzando*



## Guía para el diseño simplificado de edificaciones en concreto reforzado

(Para edificaciones de tamaño y altura limitadas, basado en ACI 318S-14 e IPS-1,  
“Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado”)

Es propiedad del American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA. Todos los derechos reservados. Este material no puede ser reproducido ni copiado, en todo o en parte, en ningún medio impreso, mecánico, electrónico, película, u otro medio de distribución o archivo, sin el consentimiento escrito del ACI.

Los comités técnicos del ACI responsables de los informes y normas se esfuerzan para evitar ambigüedades, omisiones, y errores en estos documentos. A pesar de estos esfuerzos, los usuarios de los documentos del ACI ocasionalmente encuentran información o requisitos que pueden ser objeto de más de una interpretación o pueden estar incompletos o incorrectos. A los usuarios que tengan sugerencias para el mejoramiento de los documentos del ACI se les solicita ponerse en contacto con el ACI a través del sitio en la red para las Erratas: <http://concrete.org/Publications/Documenterrata.asp>. El uso apropiado del presente documento, debe incluir visitas periódicas a este sitio en la red para verificar la existencia de Erratas con las revisiones más recientes.

Los documentos desarrollados por los comités del ACI están orientados para ser utilizados por individuos competentes para evaluar la relevancia y limitaciones de su contenido y recomendaciones, los cuales aceptan la responsabilidad por el uso del contenido. Los individuos que utilicen esta publicación de cualquier manera asumen todo el riesgo inherente y aceptan la totalidad de la responsabilidad por el uso y aplicación de esta información.

Toda la información contenida en esta publicación se provee sin garantía de cualquier clase, explícita o implícita. Quedan excluidas, en particular, las garantías implícitas de que la información tenga valor comercial, sea útil para un propósito determinado y no constituya una violación de derechos de terceros.

El ACI y sus miembros niegan cualquier responsabilidad por daños de cualquier clase, incluyendo daños especiales, indirectos, accesorios, o relacionados, incluyendo sin limitación, lucro cesante o pérdida de ingresos, como consecuencia del uso de esta publicación.

Es responsabilidad del usuario de este documento determinar las políticas adecuadas de salubridad y seguridad ocupacional para las circunstancias específicas asociadas con su uso. El ACI no ha incluido en el documento asuntos relacionados con su uso respecto a salubridad y seguridad ocupacional. El usuario, antes de emplear este documento, debe determinar la necesidad de cumplir con toda la reglamentación y legislación de salubridad y seguridad ocupacional, incluyendo, sin limitarse a ella, la normatividad expedida por el United States Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

La participación por parte de cualquier representante del gobierno en el trabajo del American Concrete Institute y en el desarrollo de los estándares del Instituto no constituye un respaldo del gobierno al ACI o de los estándares que se desarrollen allí.

Información para pedidos: Los documentos del ACI están disponibles en medio impreso, accesibles a través de la red, o en CD-ROM, por medio de suscripciones electrónicas, o copiado, y pueden obtenerse a través del ACI. La mayoría de las normas e informes de los comités del ACI se coleccionan anualmente en el ACI Manual of Concrete Practice (MCP).

**American Concrete Institute**  
**38800 Country Club Drive**  
**Farmington Hills, MI 48331**  
**Teléfono: +1.248.848.3700**  
**Fax: +1.248.848.3701**

La versión oficial de un documento del ACI es la versión en el idioma inglés. La traducción de un documento de ACI se hace para la conveniencia de los usuarios. Se han tomado todas las precauciones para asegurarse que la traducción sea correcta; sin embargo, ACI no garantiza su exactitud. La interpretación oficial de un documento de ACI será basada solamente en la versión en el idioma inglés.

# Guía para el diseño simplificado de edificaciones de concreto reforzado

(Para edificaciones de tamaño y altura limitados, basado en ACI 318S-14 y ACI IPS-1  
“Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado”)

## Producido por el Comité ACI 314

Michael C. Mota  
Director

Esteban Anzola  
Secretario

John Aidoo  
Iyad M. Alsamsam  
JoAnn P. Browning  
James R. Cagley  
Omar D. Cardona  
Julián Carrillo  
W. Gene Corley†  
Om P. Dixit

David A. Fanella  
Yosef Farbiarz  
Luis E. García  
José M. Izquierdo-Encarnación  
Mahmoud E. Kamara  
Jason J. Krohn  
James S. Lai  
Lionel A. Lemay

Andres Lepage  
Adolfo B. Matamoros  
Mustafa Mahamid  
Lila Gabriela Méndez Flórez  
Javeed Munshi  
T. George Muste  
Ronald O’Kane  
Guney Ozcebe

Viral B. Patel  
Santiago Pujol  
William E. Rushing Jr.  
Guillermo Santana  
Jorge I. Segura  
Larbi M. Sennour  
Dorian Tung  
Jairo Uribe

†Fallecido

Un reconocimiento especial a J. P. Browning, L. E. García, J. M. Izquierdo-Encarnación, J. S. Lai, M. C. Mota, S. Pujol y J. I. Segura, por sus contribuciones a esta Guía.

## Subcomité ACI 318-S a cargo de la revisión de la traducción al español

Thomas C. Schaeffer  
Director

Ramón L. Carrasquillo  
Juan F. Correal Daza  
Luis E. García

Patricio García  
Augusto H. Holmberg  
José M. Izquierdo-Encarnación

José D. Juarez  
Carlos E. Ospina  
Gustavo J. Parra-Montesinos  
Enrique Pasquel

Mario E. Rodríguez  
Guillermo Santana  
George I. Taylor  
Fernando Yáñez

**Palabras claves:** análisis, análisis de pórticos; calidad del concreto, mezclado y colocación; construcción, edificación de poca altura; diseño, cimentación; diseño sísmico; diseño simplificado; diseño, estructura; diseño de secciones; inspección; especificaciones; estructuras de poca altura; disposición de la estructura.

Los informes, guías, procedimientos recomendados y comentarios desarrollados por los comités del ACI tienen como fin orientar en la planeación, diseño, ejecución y supervisión de construcción. Este documento está orientado al uso de individuos competentes para evaluar la relevancia y limitaciones de su contenido y recomendaciones, quien acepta su responsabilidad en la aplicación del mismo. El American Concrete Institute se libera de cualquiera y todas las responsabilidades derivadas de su contenido. El Instituto no es responsable por pérdidas o daños derivados de su uso. Las referencias a este documento no pueden realizarse en documentos contractuales. Si el profesional responsable para diseñar desea incluir algunos apartes de este documento dentro de los documentos contractuales, debe redactarlos de nuevo en lenguaje imperativo. La versión oficial de un documento del ACI es la versión en el idioma inglés. La traducción de un documento del ACI se hace para la conveniencia de los usuarios. Se han tomado todas las precauciones para asegurarse que la traducción es correcta; sin embargo, ACI no garantiza su exactitud. La interpretación oficial del documento se realizará únicamente sobre su versión en el idioma inglés.

Copyright © 2016, American Concrete Institute.

## PREFACIO

Esta guía presenta métodos y técnicas de diseño simplificados que facilitan y agilizan la ingeniería de edificaciones de poca altura dentro de ciertas limitaciones. El material se presenta en un orden que sigue el proceso típico de diseño, con procedimientos que se introducen a medida que el diseñador los necesita en el curso del diseño de una edificación.

La información presentada en esta guía se deriva de: ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015) La calidad y los ensayos de los materiales usados en construcción están cubiertos por las referencias a las especificaciones de las normas ASTM correspondientes.

Si bien muchas de las tablas, gráficas y valores incluidos en esta guía provienen de los documentos antes referenciados, se han modificado o reorganizado para que sean más conservadores, adaptarse al ritmo del proceso de diseño, o ayudar en el enfoque de diseño holístico y simplificado propuesto.

Aunque muchas de las tablas, figuras, y valores incluidos en esta guía se originaron en los documentos de referencia

El ACI 314RS-16 se adoptó y publicó en marzo de 2016.

Es propiedad © 2016, American Concrete Institute.

Todos los derechos reservados, incluyendo los derechos de reproducción y uso en cualquier forma o por cualquier medio, incluyendo el copiado por cualquier proceso fotográfico, electrónico o mecánico, la difusión oral, escrita, impresa o cualquier tipo de grabación para su reproducción sonora o visual o para ser usada en cualquier sistema o dispositivo, a menos que se obtenga una autorización escrita de los propietarios de los derechos.

mencionados, se han reorganizado y modificado para ser más conservadores, para encajar dentro del flujo del proceso de diseño, o apoyar de una manera más completa el enfoque simplificado presentado.

Aunque esta guía no está escrita en lenguaje imperativo, la información se presenta de tal manera que una estructura diseñada siguiendo esta guía cumplirá, en principio, con los reglamentos y normas en los cuales está basada. Esta guía está diseñada para aplicarse en su totalidad, ya que los requisitos simplificados son interdependientes, y no sería seguro emplear solamente una parte de ella y hacer caso omiso del resto. Esta guía no es un reglamento y no pretende satisfacer el ACI 318, ASCE 7 ó el International Building Code (International Code Council 2015). Se espera que esta guía sea especialmente útil en la educación y entrenamiento de ingenieros en el diseño de concreto reforzado de edificaciones de baja altura y área de piso pequeña a mediana.

Existen numerosas opciones dentro de estas normas que no se tienen en cuenta en esta guía, tales como el uso de materiales cementantes suplementarios en mezclas de concreto. Dado que esta guía se utiliza como una ayuda de diseño, es responsabilidad del profesional facultado para diseñar garantizar que el diseño de la estructura cumpla con los requisitos de ACI 318, ASCE 7-10 ó el International Building Code (International Code Council 2015).

El borrador original de esta guía, publicada como ACI IPS-1 (2002), fue producido por un comité conjunto del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Colombian Institute for Technical Standards and Certification) (ICONTEC) y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (Colombian Association for Earthquake Engineering) (AIS).

El planteamiento inicial del ACI IPS-1 (2002) fue motivado por las frecuentes discusiones a nivel mundial de que los reglamentos de concreto reforzado pueden ser innecesariamente sofisticados para algunas aplicaciones, tales como edificaciones pequeñas y de poca altura. El conocimiento actual del comportamiento del concreto reforzado obtenido a través de la experimentación y la experiencia, y su estatus y difusión como un material estructural usado mundialmente, hicieron factible el desarrollo de una guía de diseño y construcción simplificados. Esta guía usó el ACI IPS-1 (2002) como base, con información derivada de las siguientes normas: ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015).

Esta guía presenta enfoques simplificados para ayudar a los ingenieros en el diseño de edificaciones de poca altura dentro de ciertas limitaciones, además de las siguientes:

- (a) Información sobre el orden necesario durante el transcurso de un diseño.
- (b) Material explicativo en las ubicaciones apropiadas.
- (c) Cálculos que requieren solamente una calculadora de mano.
- (d) Explicaciones gráficas.

- (e) Información de diseño basada en modelos simplificados de resistencia.
- (f) Otros estados límites tenidos en cuenta con base en dimensiones mínimas.
- (g) Cargas conservadoras y guías de análisis simplificado.
- (h) Información geotécnica simplificada para ayudar a definir la capacidad portante del suelo.
- (i) Muros de cortante como sistema resistente ante fuerzas sísmicas.
- (j) Guías de materiales y construcción basadas en grados de acero disponibles comúnmente y concretos de resistencia media que se pueden producir en sitio.

## CONTENIDO

### Prefacio, p. 1

### Capítulo 1—Generalidades, p. 5

- 1.1 Alcance
- 1.2 Propósito
- 1.3 Limitaciones
- 1.4 Reglamentos y normas de referencia
- 1.5 Procedimiento de diseño y construcción
- 1.6 Estados límite
- 1.7 Diseño para resistencia
- 1.8 Diseño para funcionamiento

### Capítulo 2—Nomenclatura y definiciones, p. 10

- 2.1 Nomenclatura
- 2.2 Definiciones

### Capítulo 3—Disposición del sistema estructural, p. 20

- 3.1 Descripción de los componentes de la estructura
- 3.2 Generalidades
- 3.3 Disposición estructural
- 3.4 Factibilidad de aplicación de la guía

### Capítulo 4—Cargas, p. 22

- 4.1 Generalidades
- 4.2 Factores y combinaciones de carga
- 4.3 Masa y peso
- 4.4 Masa y peso de los materiales
- 4.5 Cargas muertas
- 4.6 Cargas vivas
- 4.7 Cargas vivas en techos
- 4.8 Carga por lluvia
- 4.9 Carga por nieve
- 4.10 Fuerzas de viento
- 4.11 Fuerzas sísmicas
- 4.12 Peso del suelo y empuje lateral
- 4.13 Fuerzas laterales
- 4.14 Sistema estructural de resistencia ante fuerzas laterales
- 4.15 Cantidad mínima de muros estructurales de concreto reforzado

### Capítulo 5—Información general del concreto reforzado, p. 38

- 5.1 Alcance

- 5.2 Materiales para concreto reforzado
- 5.3 Diámetro mínimo y máximo de las barras de refuerzo
- 5.4 Recubrimiento de concreto del refuerzo
- 5.5 Diámetro mínimo de doblado
- 5.6 Dimensiones del gancho estándar
- 5.7 Tamaño máximo del agregado
- 5.8 Longitud de desarrollo, empalmes por traslapo y anclaje del refuerzo
- 5.9 Refuerzo longitudinal
- 5.10 Refuerzo transversal
- 5.11 Flexión
- 5.12 Fuerzas axiales con o sin flexión
- 5.13 Cortante
- 5.14 Aplastamiento

### Capítulo 6—Sistemas de piso, p. 47

- 6.1 Tipos de sistemas de piso
- 6.2 Selección del sistema de piso
- 6.3 Integridad estructural
- 6.4 Trayectoria de cargas en losas en una y dos direcciones
- 6.5 Espesor mínimo de los miembros del sistema de piso
- 6.6 Predimensionamiento del sistema de piso
- 6.7 Acabado de piso
- 6.8 Ductos, aberturas y tuberías embebidas

### Capítulo 7—Losas macizas apoyadas sobre vigas maestras, vigas, viguetas o muros de concreto reforzado, p. 54

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Cargas
- 7.3 Detalles del refuerzo
- 7.4 Resistencia a cortante
- 7.5 Losa entre viguetas
- 7.6 Voladizos de losas apoyadas sobre vigas maestras, vigas o muros
- 7.7 Losas macizas de una luz en una dirección sobre vigas maestras, vigas o muros de concreto reforzado
- 7.8 Losas macizas en una dirección, de dos o más luces, apoyadas sobre vigas maestras, vigas o muros de concreto reforzado
- 7.9 Losas macizas en dos direcciones sobre vigas maestras, vigas o muros de concreto reforzado

### Capítulo 8—Vigas maestras, vigas y viguetas, p. 69

- 8.1 Generalidades
- 8.2 Cargas
- 8.3 Tipos de refuerzo
- 8.4 Refuerzo longitudinal
- 8.5 Refuerzo transversal
- 8.6 Viguetas y vigas apoyadas sobre vigas maestras
- 8.7 Vigas maestras que hacen parte de pórticos

### Capítulo 9—Sistemas losa-columna, p. 87

- 9.1 Generalidades
- 9.2 Cargas
- 9.3 Límites de las dimensiones
- 9.4 Detalles del refuerzo
- 9.5 Resistencia a cortante
- 9.6 Espesor mínimo de losa requerido por punzonamiento
- 9.7 Espesor mínimo de losa requerido por cortante simple (comportamiento como viga)

- 9.8 Flexión
- 9.9 Cálculo de las reacciones en los apoyos

### Capítulo 10—Columnas, p. 96

- 10.1 Generalidades
- 10.2 Cargas
- 10.3 Requisitos dimensionales
- 10.4 Detalles del refuerzo
- 10.5 Flexión
- 10.6 Cortante
- 10.7 Cálculo de la reacción en la cimentación

### Capítulo 11—Resistencia sísmica, p. 105

- 11.1 Detalles especiales de refuerzo para zonas sísmicas
- 11.2 Interacción con elementos no estructurales

### Capítulo 12—Muros de concreto reforzado, p. 113

- 12.1 Generalidades
- 12.2 Cargas
- 12.3 Límites de las dimensiones
- 12.4 Detalles del refuerzo
- 12.5 Flexión
- 12.6 Cortante
- 12.7 Cálculo de las reacciones en la cimentación
- 12.8 Muros de núcleo

### Capítulo 13—Otros miembros estructurales, p. 119

- 13.1 Escaleras y rampas
- 13.2 Tanques pequeños de agua (para almacenamiento de agua potable)

### Capítulo 14—Cimentaciones, p. 122

- 14.1 Exploración geotécnica
- 14.2 Capacidad portante admisible del suelo
- 14.3 Criterio de asentamientos
- 14.4 Dimensionamiento de los miembros de la cimentación
- 14.5 Zapatas aisladas
- 14.6 Zapatas de muros
- 14.7 Zapatas combinadas
- 14.8 Pilotes y cajones de cimentación (caissons)
- 14.9 Zapatas sobre pilotes
- 14.10 Losas de cimentación
- 14.11 Muros de contención
- 14.12 Vigas de cimentación
- 14.13 Losas sobre el terreno

### Capítulo 15—Planos y especificaciones, p. 139

- 15.1 Generalidades
- 15.2 Planos estructurales
- 15.3 Especificaciones del proyecto

### Capítulo 16—Construcción, p. 142

- 16.1 Introducción
- 16.2 Dosificación de la mezcla de concreto
- 16.3 Colocación del refuerzo
- 16.4 Mezclado y transporte del concreto
- 16.5 Evaluación de la resistencia del concreto
- 16.6 Curado del concreto
- 16.7 Desencofrado
- 16.8 Inspección

**Capítulo 17—Referencias, p. 150**

**Apéndice A—Comparación de ACI 314RS-16 con ACI 318S-14, International Building Code (2015) y ASCE 7-10, p. 151**

**Glosario de términos usados en la Guía  
Inglés-Español, p.155  
Español-Inglés, p.174**

## CAPÍTULO 1—GENERALIDADES

### 1.1—Alcance

Esta guía está destinada a la planeación, diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado de edificaciones nuevas de poca altura, con restricciones en la ocupación, número de pisos y área. Aunque la información presentada se redactó de tal manera que al ser usada apropiadamente produzca como resultado una estructura de concreto reforzado con un margen de seguridad adecuado, esta guía no reemplaza la experiencia y el conocimiento de un profesional facultado para diseñar. Para obtener un margen de seguridad apropiado en la estructura diseñada siguiendo la guía, ésta debe usarse en su totalidad y sólo se pueden usar procedimientos alternativos cuando esté permitido explícitamente en ella. Los requisitos mínimos incluidos en la guía reemplazan, en muchos casos, procedimientos más detallados contenidos en ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015).

### 1.2—Propósito

Esta guía brinda al profesional facultado para diseñar la información suficiente para adelantar el diseño de los elementos que conforman la estructura de concreto reforzado de una edificación de poca altura, cumpliendo con las limitaciones establecidas en 1.3. Los procedimientos de diseño que se establecen en esta guía son simplificaciones que, al usarse en conjunto, cumplen con los requisitos más detallados de ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015).

### 1.3—Limitaciones

Esta guía puede usarse únicamente cuando la edificación a diseñar cumpla con todas las limitaciones establecidas en 1.3.1 a 1.3.10.

Estas limitaciones mantienen el alcance de la guía en estrecha concordancia con la experiencia colectiva del comité que elaboró el borrador original (ICONTEC-AIS). Se espera que las edificaciones que se encuentren dentro de este alcance tengan una planta rectangular normal con geometría y dimensiones usuales tanto horizontal como verticalmente. Estas edificaciones deben tener muros estructurales de concreto reforzado para resistir las fuerzas horizontales. Al cumplir con estos límites se justifican los métodos de análisis y diseño simplificados presentados aquí sin la necesidad de análisis especiales que incluyan efectos de esbeltez y de segundo orden. Los edificios con retrocesos, esquinas entrantes e irregularidades verticales u horizontales están fuera del alcance de esta guía.

#### 1.3.1 *Uso y ocupación*

**1.3.1.1 Usos y ocupaciones permitidos.**— La Tabla 1.3.1.1 incluye los grupos y subgrupos de ocupación de las edificaciones, indicando para cada uno de ellos si está permitido o no el uso de esta guía.

**1.3.1.2 Ocupación mixta.**— Las recomendaciones descritas en esta guía son aplicables solamente a los casos que corresponden a combinaciones para los cuales se permite el empleo de la guía, como se identifica en la Tabla 1.3.1.1.

**1.3.2 Número máximo de pisos.**— Las recomendaciones descritas en esta guía aplican para edificaciones con cinco o

menos pisos por encima del nivel del terreno y no más de un sótano.

**1.3.3 Área máxima por piso.**— El área por piso no debe exceder 1000 m<sup>2</sup> (10,000 pie<sup>2</sup>).

**1.3.4 Altura máxima de entrepiso.**— La altura de entrepiso, medida entre niveles consecutivos de piso acabado, no debe exceder 4 m (13 pies).

**1.3.5 Luz máxima.**— La luz para vigas maestras, vigas y sistemas losa-columna, medida de centro a centro de los apoyos, no debe exceder 10 m (30 pies).

**1.3.6 Diferencia máxima entre luces.**— Las luces deben ser aproximadamente iguales y la más corta de dos luces adyacentes debe ser por lo menos igual al 80 por ciento de la luz más larga, excepto en núcleos de ascensores y escaleras. Véase la Sección 7.9.1 núcleos.

**1.3.7 Número mínimo de luces.**— Debe haber por lo menos dos luces en cada dirección principal en planta. Las luces simples se permiten en edificaciones de uno y dos pisos cuando su longitud no exceda 5 m (15 pies).

**1.3.8 Máxima longitud de voladizos.**— En vigas maestras, vigas o losas con voladizos, la longitud de los mismos no debe exceder un tercio de la longitud del primer vano interior del elemento.

**1.3.9 Pendiente máxima para losas, vigas maestras, vigas y viguetas.**— Cuando se usen losas, vigas maestras, vigas o viguetas inclinadas, la pendiente de los elementos no debe exceder 15 grados.

**1.3.10 Pendiente máxima del terreno.**— La pendiente del terreno en el que se ubique la edificación no debe exceder 30 grados (Fig. 1.3.10) o la relación de la altura del primer piso a la menor dimensión en planta de la edificación.

### 1.4—Reglamentos y normas de referencia

Se puede emplear esta guía para el diseño y construcción de edificaciones de concreto reforzado, cuando se cumplan las limitaciones de 1.3, como simplificación de los requisitos correspondientes contenidos en los siguientes reglamentos y normas de referencia:

- a) ACI 318
- b) ASCE 7
- c) International Building Code (International Code Council 2015).

Otros casos no están cubiertos por esta guía. Véase la Tabla A.1 en el Apéndice A para una guía por sección de los temas correspondientes en los reglamentos y normas de referencia.

### 1.5—Procedimiento de diseño y construcción

**1.5.1 Procedimiento.**— El procedimiento de diseño comprende los pasos incluidos en la Tabla 1.5.1. Véanse también las Figs. 1.5.1a y 1.5.1b. Nótese que al cumplir con los límites dimensionales y de recubrimiento de esta guía, se logra la calificación para una hora de resistencia al fuego. Este límite es normalmente suficiente para las ocupaciones permitidas en esta guía. Otras calificaciones están por fuera del alcance de esta guía, y su diseño se debe llevar a cabo usando ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015).

**1.5.2 Documentación del diseño.**— Los pasos de diseño deben ser registrados como se indica a continuación.

1.5.2.1 *Memoria de cálculo.*— El profesional facultado para diseñar debe documentar todos los pasos del diseño en una memoria de cálculos. Esta memoria debe contener, como mínimo, lo siguiente:

- (a) El programa estructural general, como se define en el Capítulo 3.
- (b) Una descripción del sistema estructural empleado.

- (c) Cargas empleadas.
- (d) Características, resistencia y normas de fabricación para todos los materiales estructurales.
- (e) Justificación de todos los cálculos de diseño.
- (f) Esquemas de la disposición del refuerzo para todos los elementos estructurales.

Tabla 1.3.1.1—Usos y ocupaciones permitidos

Grupo de Ocupación	Subgrupo de Ocupación		Permitido
<b>Grupo A – Reunión</b>	A-1	Teatros con silletería fija, estudios de radio y televisión	NO
	A-2	Edificaciones con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenario	SÍ
	A-3		
	A-4	Coliseos, pistas de patinaje, piscinas o canchas de tenis	NO
	A-5	Parques de diversiones, graderías, tribunas o estadios	NO
<b>Grupo B – Negocios</b>	B	Edificaciones usadas como oficinas, centros de servicios profesionales con restaurantes para menos de 50 personas.	SÍ
<b>Grupo E – Educativos</b>	E	Usados para fines educativos con menos de 500 ocupantes (estudiantes y personal).	SÍ
<b>Grupo F – Fábricas</b>	F-1	Industrias livianas que no emplean maquinaria pesada	SÍ
	F-2	Industrias pesadas que emplean maquinaria pesada	NO
<b>Grupo H – Riesgosas</b>	H	Manufactura, procesamiento, generación o almacenamiento de materiales que constituyen una amenaza física o para la salud	NO
<b>Grupo I—Institucional</b>	I-1	Internados con atención a los residentes	SÍ
	I-2	Hospitales	NO
	I-3	Prisiones, cárceles, reformatorios y centros de detención	SÍ
	I-4	Guarderías	SÍ
<b>Grupo M – Comercio</b>	M	Exhibición y venta de mercancías	SÍ
<b>Grupo R – Residencial</b>	R-1	Hoteles con un salón de reunión para menos de 100 personas y sin escenario	SÍ
	R-2	Edificios de apartamentos y residencias estudiantiles	SÍ
	R-3	Casas	SÍ
	R-4	Instalaciones residenciales con posibilidades de asistencia primaria	SÍ
<b>Grupo S – Almacenamiento</b>	S-1	Almacenamiento de materiales pesados o peligrosos	NO
	S-2	Almacenamiento de materiales livianos	SÍ
<b>Grupo U – Servicios y Misceláneos</b>	U	Servicios públicos, sistemas de abastecimiento de aguas, plantas de generación eléctrica	NO
	U	Garajes para vehículos con capacidad de carga de hasta 1800 kg (4000 lb.)	SÍ
	U	Garajes para vehículos con capacidad de carga de más de 1800 kg (4000 lb.)	NO

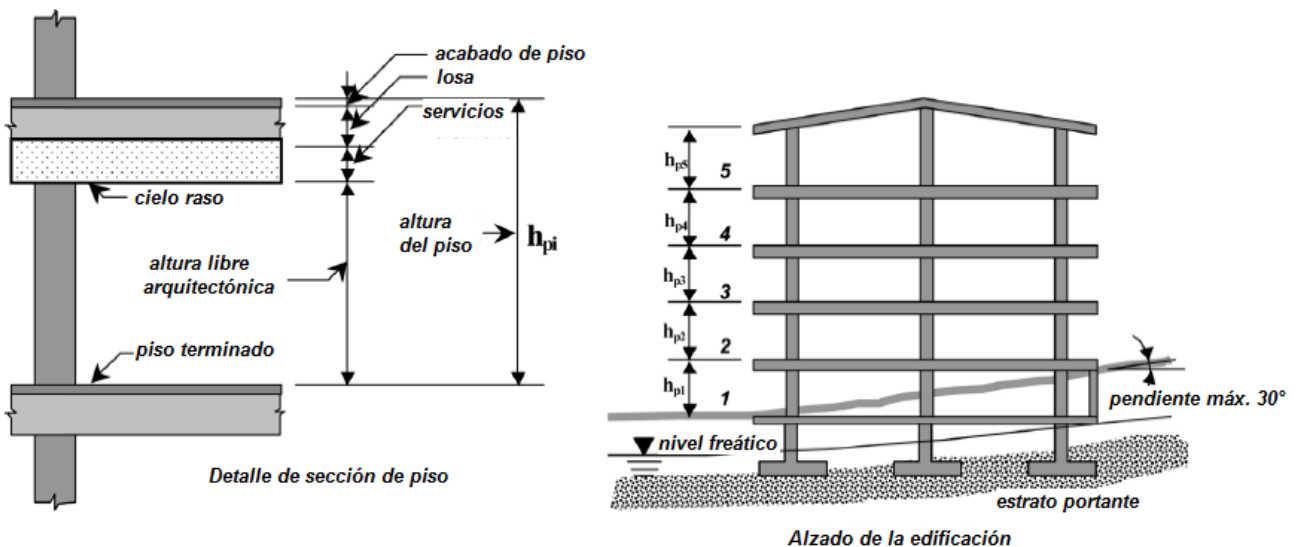


Fig. 1.3.10—Disposición vertical general de la edificación.



**1.5.2.2 Reporte geotécnico.**— El reporte geotécnico debe contener, como mínimo, la exploración geotécnica realizada, la capacidad portante del suelo recomendada para la cimentación, el tipo de perfil del suelo, el empuje horizontal del suelo previsto para el diseño de cualquier estructura de contención y toda la información adicional indicada en los Capítulos 4 y 14.

**1.5.2.3 Planos estructurales.**— Los planos estructurales deben incluir, como mínimo, todos los planos indicados en el Capítulo 15 para la construcción de la edificación.

**1.5.2.4 Especificaciones del proyecto.**— Las especificaciones del proyecto deben incluir, como mínimo, todas las especificaciones constructivas descritas en el Capítulo 15.

**1.5.3 Elementos prefabricados de concreto.**— Se pueden usar elementos prefabricados de concreto, incluyendo concreto preesforzado, fabricado en plantas industriales. Tales elementos deben ser diseñados por un profesional facultado para diseñar de acuerdo con ACI 318, ASCE 7 y el International Building Code (International Code Council 2015). Los cálculos deben ser revisados por el profesional facultado para diseñar la edificación (1.2), e incluidos en la memoria de cálculos (1.5.2.1). Los planos de detallado y colocación del refuerzo elaborados de acuerdo con 15.2.2 deben ser entregados e incluidos como parte de los planos estructurales (1.5.2.3). La producción de los elementos prefabricados debe realizarse en plantas industriales con competencia demostrada para elaborar productos de calidad.

**Tabla 1.5.1—Pasos del procedimiento de diseño y construcción**

<b>Paso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Capítulo relacionado</b>
<i>A</i>	Verificación del cumplimiento de las limitaciones para el uso de la guía. Definición del esquema en planta y elevación de la estructura.	1 y 3
<i>B</i>	Cálculo de todas las cargas gravitacionales que actúan sobre la estructura, excluyendo el peso propio de los elementos estructurales.	4
<i>C</i>	Definición de un sistema de piso apropiado, dependiendo de la luz de los elementos y la magnitud de las cargas gravitacionales.	6
<i>D</i>	Predimensionamiento de la losa del sistema de piso. Cálculo del peso propio del sistema de piso y diseño de los elementos que lo conforman, corrigiendo las dimensiones que se requieran para cumplir con los estados límite de resistencia y funcionamiento, cumpliendo con los requisitos para sistemas de losas con vigas o sistemas losa-columna.	6, 7 y 9
<i>E</i>	Predimensionamiento de vigas y vigas maestras (si se requiere). Cálculo del peso propio de vigas maestras, vigas y viguetas. Diseño de vigas y vigas maestras a flexión y cortante, corrigiendo las dimensiones que se requieran para cumplir con los estados límite de resistencia y funcionamiento.	6 y 8
<i>F</i>	Predimensionamiento de las columnas. Verificación de la esbeltez de las columnas usando las dimensiones mínimas. Cálculo del peso propio de las columnas. Diseño de columnas para combinación de carga axial, momento y cortante. Corrección de las dimensiones que se requieran para cumplir con los estados límite de resistencia y funcionamiento.	10
<i>G</i>	Si las fuerzas horizontales por efectos de sismo, viento o empuje de tierras, están por encima de las nominales, su magnitud y puntos de aplicación deben ser definidos, de lo contrario el diseñador puede proseguir al paso 1.	4
<i>H</i>	Localización preliminar y predimensionamiento de los muros de concreto que deben resistir las fuerzas horizontales. Para las fuerzas de sismo, se debe tener en cuenta la influencia del peso propio de los muros. Diseño a flexión y cortante de los muros de concreto reforzado.	11 y 12
<i>I</i>	Diseño de escaleras, rampas, tanques pequeños de agua potable y muros de contención.	13
<i>J</i>	Determinación de las cargas al nivel de cimentación. Definición del sistema de cimentación. Diseño de los elementos estructurales de la cimentación.	14
<i>K</i>	Producción de los planos y especificaciones estructurales.	15
<i>L</i>	Construcción de la estructura cumpliendo con los requisitos de construcción e inspección.	16

**1.6—Estados límite**

El procedimiento de diseño de esta guía está basado en estados límite, donde un estado límite es la condición más allá de la cual la estructura, o un elemento estructural, se torna inapropiada ya sea porque se considera insegura o porque ya no está capacitada para cumplir su función. El diseñador debe verificar que la estructura resultante del diseño cumple con los estados límites de resistencia y funcionamiento.

Lo siguiente se considera implícitamente dentro del procedimiento de diseño:

- (a) Integridad estructural.
- (b) Deriva de piso causada por fuerzas horizontales.
- (c) Durabilidad.
- (d) Resistencia al fuego.

**1.7—Diseño para resistencia**

**1.7.1 Generalidades.**— En el diseño para resistencia, la estructura y los miembros estructurales se dimensionan para que en todas sus secciones tengan una resistencia de diseño por lo menos igual a la resistencia requerida calculada para las cargas y fuerzas mayoradas y combinadas según lo estipulado en el Capítulo 4.

El requisito básico para un estado límite de resistencia es:

$$\text{resistencias} \geq \text{efectos de las cargas} \quad (1.7.1a)$$

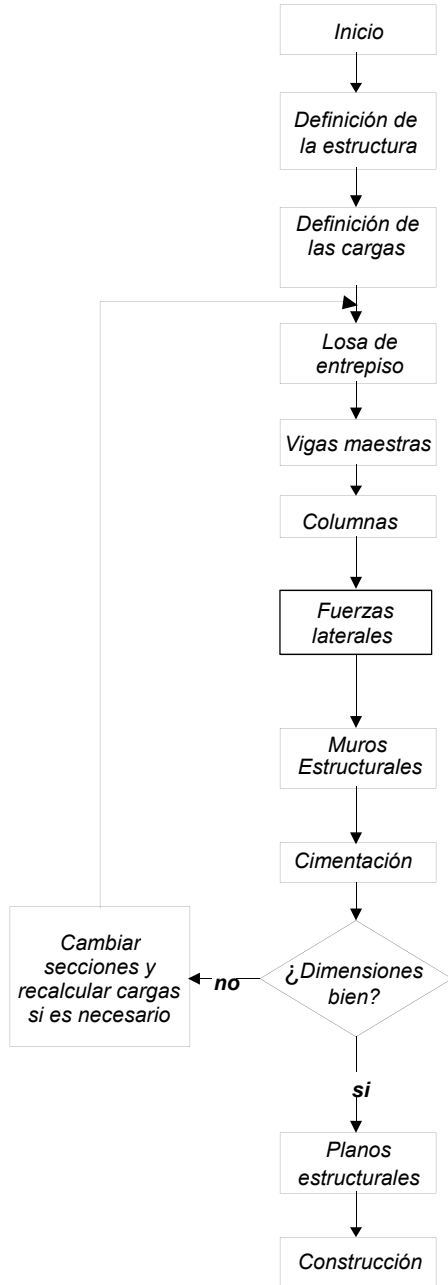


Fig. 1.5.1a—Procedimiento de diseño y construcción

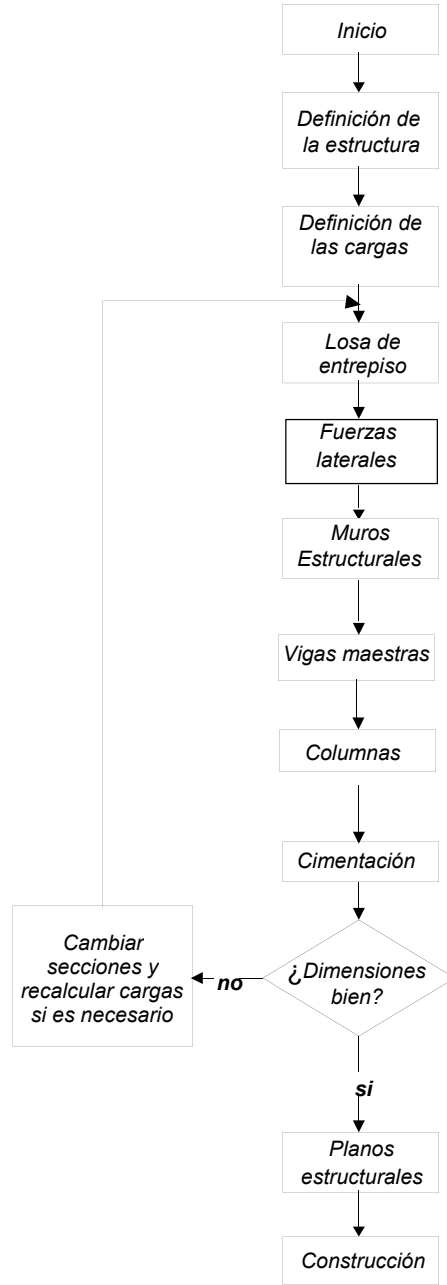


Fig. 1.5.1b—Procedimiento de diseño y construcción para zonas sísmicas

Para evitar la posibilidad de que las resistencias sean menores a las calculadas y que los efectos de las cargas sean mayores a los calculados, se emplean coeficientes de reducción de resistencia,  $\phi$ , menores que la unidad, y coeficientes de carga,  $\gamma$ , generalmente mayores que la unidad, de tal manera que:

$$\phi R_n \geq \gamma_1 S_1 + \gamma_2 S_2 + \dots \quad (1.7.1b)$$

donde  $R_n$  se refiere a una resistencia nominal y  $S$  representa los efectos de carga obtenidos usando las cargas prescritas en el Capítulo 4. Por lo tanto, el diseño para resistencia requiere que:

$$\text{resistencia de diseño} \geq \text{resistencia requerida} \quad (1.7.1c)$$

$$\phi(\text{resistencia nominal}) \geq U \quad (1.7.1d)$$

donde la resistencia requerida es  $U = \gamma_1 S_1 + \gamma_2 S_2 + \dots$

**1.7.2 Resistencia requerida.**— La resistencia requerida  $U$  debe calcularse para las combinaciones de cargas mayoradas indicadas en 4.2.

**1.7.3 Resistencia de diseño.**— La resistencia de diseño de un elemento, sus conexiones a otros miembros y todas sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial y cortante, debe tomarse como la resistencia nominal multiplicada por un coeficiente de reducción,  $\phi$ . La resistencia nominal debe calcularse para cada efecto de carga particular en cada tipo de elemento y en las secciones

definidas como críticas. Deben usarse los siguientes coeficientes de reducción de resistencia,  $\phi$ :

- a) Flexión, sin carga axial .....  $\phi = 0.90$
- b) Tracción axial y tracción axial con flexión.....  $\phi = 0.90$
- c) Compresión axial y compresión axial con flexión:
  - i. Columnas con estribos y muros de concreto reforzado .....  $\phi = 0.65$
  - ii. Columnas con refuerzo en espiral.....  $\phi = 0.75$
- d) Cortante y torsión.....  $\phi = 0.75$
- e) Esfuerzos de aplastamiento.....  $\phi = 0.65$

**1.8—Diseño para funcionamiento**

Para garantizar una respuesta adecuada durante el funcionamiento, se deben seguir las recomendaciones de esta guía en cuanto a dimensiones mínimas, recubrimiento, detalles del refuerzo y requisitos constructivos. Dentro de las condiciones de funcionamiento se incluyen efectos tales como:

- (a) Efectos ambientales a largo plazo, incluyendo exposición a ambientes agresivos o corrosión del refuerzo.
- (b) Cambios dimensionales debidos a variaciones de temperatura, humedad relativa y otros efectos.
- (c) Fisuración excesiva del concreto.
- (d) Deflexiones verticales excesivas.
- (e) Vibración excesiva.

## CAPÍTULO 2— NOMENCLATURA Y DEFINICIONES

## 2.1—Nomenclatura

$a$	= profundidad del bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión, en mm (pulg.)	$b_f$	= ancho de la cara de compresión del miembro, en mm (pulg.)
$a_w$	= distancia entre el borde de la zapata de muro y la resultante de la reacción del terreno en la zapata de muro, en mm (pulg.)	$b_o$	= perímetro de la sección crítica para cortante en dos direcciones (punzonamiento) en losas, en mm (pulg.)
$A_a$	= aceleración sísmica horizontal pico efectiva en la roca para períodos cortos de vibración, expresada como fracción de la gravedad, $g$	$b_w$	= ancho del alma de la sección, o ancho del muro, en mm (pulg.)
$A_b$	= área de una barra o alambre individual de refuerzo, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$B_f$	= menor dimensión horizontal de una zapata, en mm (pulg.)
$A_{cb}$	= área cargada para esfuerzos de aplastamiento en el concreto, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$c_c$	= menor distancia entre la superficie del refuerzo y la cara lateral, en mm (pulg.)
$A_{cs}$	= área del núcleo del miembro a compresión reforzado con espiral, medida hasta el diámetro exterior de la espiral, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$C_p$	= coeficiente de presión por viento en la superficie del componente o revestimiento
$A_f$	= área de contacto de la zapata con el terreno, en $\text{m}^2$ (pie <sup>2</sup> )	$C_{su}$	= coeficiente de presión de viento en la superficie
$A_g$	= área bruta de la sección de un miembro, o área de concreto solamente excluyendo el área de vacíos, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$C_{vx}$	= coeficiente definido en 4.11.4 para diseño para fuerzas sísmicas
$A_i$	= área del refuerzo colgante adicional donde una viga se apoya en una viga maestra o en otras vigas, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$d$	= altura efectiva de la sección, medida como la distancia entre la fibra extrema a compresión y el centroide del refuerzo a tracción, en mm (pulg.)
$A_j$	= área transversal efectiva para cortante dentro de un nudo, $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$d'$	= distancia desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a compresión, en mm (pulg.)
$A_p$	= área de la superficie del componente o del revestimiento expuesta al viento, en $\text{m}^2$ (pie <sup>2</sup> )	$d_b$	= diámetro nominal de la barra o alambre de refuerzo, en mm (pulg.)
$A_s$	= área de refuerzo longitudinal a tracción, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$d_c$	= distancia desde la fibra extrema a tracción hasta el centroide del refuerzo a tracción, en mm (pulg.)
$A'_s$	= área del refuerzo longitudinal a compresión, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$d_s$	= diámetro exterior del refuerzo en espiral, en mm (pulg.)
$A_{se}$	= área de refuerzo en la cara extrema de una columna o muro de concreto reforzado, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$D$	= cargas muertas, o momentos y fuerzas internas relacionados
$A_{s,\text{min}}$	= área mínima de refuerzo longitudinal a tracción, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$e_x$	= excentricidad, medida en la dirección $x$ , entre el centro de rigidez lateral de un piso y el punto de aplicación de las fuerzas laterales en ese piso que actúan en la dirección $y$ , en mm (pulg.)
$A_{ss}$	= área de refuerzo en las caras laterales de una columna o muro de concreto reforzado, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$e_y$	= excentricidad, medida en la dirección $y$ , entre el centro de rigidez lateral de un piso y el punto de aplicación de las fuerzas laterales en ese piso que actúan en la dirección $x$ , en mm (pulg.)
$A_{st}$	= área total de refuerzo longitudinal, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$e_B$	= excentricidad de la resultante aplicada a una zapata en dirección paralela a $B_f$ , en mm (pulg.)
$A_{su}$	= área de la superficie expuesta al viento, en $\text{m}^2$ (pie <sup>2</sup> )	$e_H$	= excentricidad de la resultante aplicada a una zapata en dirección paralela a $H_f$ , en mm (pulg.)
$A_v$	= área del refuerzo a cortante, en $\text{mm}^2$ (pulg. <sup>2</sup> )	$E$	= fuerzas sísmicas, o momentos y fuerzas internas relacionadas
$b$	= ancho del ala a compresión del miembro, o ancho del miembro, en mm (pulg.)	$E_c$	= módulo de elasticidad del concreto, en MPa (lb./pulg. <sup>2</sup> )
$b_c$	= ancho de la sección de la columna, y para evaluación del punzonamiento, menor dimensión en planta del pedestal, capitel de columna o ábaco, o cambio en el espesor en zapatas escalonadas, en mm (pulg.)	$f'_c$	= resistencia a compresión especificada del concreto, en MPa (lb./pulg. <sup>2</sup> )
		$\sqrt{f'_c}$	= raíz cuadrada de la resistencia a compresión especificada del concreto, el resultado tiene unidades en MPa (lb./pulg. <sup>2</sup> )