

# Contenido

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Prefacio  | v   | <b>3. Análisis por resistencia de vigas de acuerdo con el Código ACI</b> | <b>67</b>   |
| <b>1. Introducción</b>                              | <b>1</b>  | <hr/>  |   |
| 1.1   | Concreto y concreto reforzado, 1  | 3.1  | Métodos de diseño, 67   |
| 1.2   | Ventajas del concreto reforzado como material estructural, 1                            | 3.2  | Ventajas del diseño por resistencia, 68   |
| 1.3   | Desventajas del concreto reforzado como material estructural, 2                         | 3.3  | Seguridad estructural, 68   |
| 1.4   | Antecedentes históricos, 3  | 3.4  | Obtención de expresiones para vigas, 69   |
| 1.5   | Comparación del concreto reforzado con el acero estructural para edificios y puentes, 5 | 3.5  | Deformaciones unitarias en miembros sujetos a flexión, 72   |
| 1.6   | Compatibilidad del concreto y el acero, 6   | 3.6  | Secciones balanceadas, secciones controladas por tensión, y secciones controladas por compresión o secciones frágiles, 73 |
| 1.7   | Códigos de diseño, 7  | 3.7  | Reducción de resistencia o factores $\phi$ , 73   |
| 1.8   | Resumen de cambios del código ACI 2014, 7   | 3.8  | Porcentaje mínimo de acero, 75  |
| 1.9   | Unidades SI y recuadros sombreados, 8   | 3.9  | Porcentaje de acero de equilibrio, 77   |
| 1.10  | Tipos de Cemento Portland, 9  | 3.10   | Problemas de ejemplo, 78  |
| 1.11  | Aditivos, 10  | 3.11   | Ejemplos con computadora, 82  |
| 1.12  | Propiedades del concreto reforzado, 11  |  | Problemas, 82   |
| 1.13  | Agregados, 18   | <b>4. Diseño de vigas rectangulares y losas en una dirección</b>         | <b>85</b>   |
| 1.14  | Concretos de alta resistencia, 19   | <hr/>  |   |
| 1.15  | Concretos reforzados con fibras, 21   | 4.1  | Factores de carga, 85   |
| 1.16  | Durabilidad del concreto, 22  | 4.2  | Diseño de vigas rectangulares, 87   |
| 1.17  | Acero de refuerzo, 22   | 4.3  | Ejemplos de diseño de vigas, 92   |
| 1.18  | Grados del acero de refuerzo, 24  | 4.4  | Consideraciones diversas en el diseño de vigas, 98  |
| 1.19  | Tamaños de varillas y resistencias de materiales en unidades SI, 26                     | 4.5  | Determinación del área de acero cuando las dimensiones de la viga son predeterminadas, 99                                 |
| 1.20  | Ambientes corrosivos 27   | 4.6  | Varillas en racimo, 101   |
| 1.21  | Identificación de las marcas en las varillas de refuerzo, 27                            | 4.7  | Losas en una dirección, 102   |
| 1.22  | Introducción a las cargas, 29   | 4.8  | Vigas en voladizo y vigas continuas, 105  |
| 1.23  | Cargas muertas, 29  | 4.9  | Ejemplo con unidades SI, 106  |
| 1.24  | Cargas vivas, 29  | 4.10   | Ejemplo con computadora, 108  |
| 1.25  | Cargas ambientales, 31  |  | Problemas, 109  |
| 1.26  | Selección de las cargas de diseño, 33   | <b>5. Análisis y diseño de vigas T y vigas doblemente reforzadas</b>     | <b>115</b>  |
| 1.27  | Exactitud de los cálculos, 34   | <hr/>  |   |
| 1.28  | Impacto de las computadoras en el diseño de concreto reforzado, 35                      | 5.1  | Vigas T, 115  |
|   | Problemas 36  | 5.2  | Análisis de vigas T, 117  |
| <b>2. Análisis de vigas sometidas a flexión, 37</b> | <hr/>   | 5.3  | Otros métodos para analizar vigas T, 121  |
| 2.1   | Introducción, 37  | 5.4  | Diseño de vigas T, 122  |
| 2.2   | Momento de agrietamiento, 40  | 5.5  | Diseño de vigas T para momentos negativos, 128  |
| 2.3   | Esfuerzos elásticos: concreto agrietado 43  | 5.6  | Vigas L, 130  |
| 2.4   | Momentos últimos o nominales de flexión, 50   | 5.7  | Acero de compresión, 130  |
| 2.5   | Ejemplo de problema usando unidades SI, 53  | 5.8  | Diseño de vigas doblemente reforzadas, 135  |
| 2.6   | Hojas de cálculo de la computadora, 54  | 5.9  | Ejemplos con unidades SI, 139   |
|   | Problemas, 56   | 5.10   | Ejemplos con computadora, 141   |
|   |   |  | Problemas, 146  |

**6. Estado límite de servicio 157**

- 6.1 Introducción, 157
- 6.2 Importancia de las deflexiones, 157
- 6.3 Control de las deflexiones, 158
- 6.4 Cálculo de deflexiones, 159
- 6.5 Momentos de inercia efectivos, 159
- 6.6 Deflexiones a largo plazo, 162
- 6.7 Deflexiones en vigas simples, 164
- 6.8 Deflexiones en vigas continuas, 166
- 6.9 Tipos de grietas, 172
- 6.10 Control de las grietas por flexión, 173
- 6.11 Normas del Código ACI relativas a grietas 176
- 6.12 Ejemplo con unidades SI, 177
- 6.13 Grietas diversas, 178
- 6.14 Ejemplos con computadora, 178  
Problemas, 180

**7. Adherencia, longitudes de desarrollo y empalmes 185**

- 7.1 Corte y doblado de las varillas (barras) de refuerzo, 185
- 7.2 Esfuerzos de adherencia, 188
- 7.3 Longitudes de anclaje para el refuerzo de tensión, 190
- 7.4 Longitudes de anclaje para varillas en racimo, 198
- 7.5 Ganchos, 199
- 7.6 Longitudes de anclaje para malla de alambre soldada en tensión, 205
- 7.7 Longitudes de anclaje para varillas a compresión, 206
- 7.8 Secciones críticas para la longitud de anclaje, 208
- 7.9 Efecto del momento y el cortante combinados en las longitudes de anclaje, 208
- 7.10 Efecto de la forma del diagrama de momento en las longitudes de anclaje, 209
- 7.11 Corte o doblado de las varillas de refuerzo (continuación), 210
- 7.12 Empalmes de varillas en miembros a flexión, 213
- 7.13 Empalmes a tensión, 214
- 7.14 Empalmes a compresión, 215
- 7.15 Varillas ancladas mecánicamente y con anclaje interno, 216
- 7.16 Ejemplo con unidades SI, 217
- 7.17 Ejemplo con computadora, 218  
Problemas, 219

**8. Cortante y tensión diagonal 225**

- 8.1 Introducción, 225
- 8.2 Esfuerzos cortantes en vigas de concreto, 225
- 8.3 Concreto de peso ligero, 226
- 8.4 Resistencia del concreto al cortante, 226
- 8.5 Agrietamiento por cortante en vigas de concreto reforzado, 228
- 8.6 Refuerzo del alma, 229
- 8.7 Comportamiento de las vigas con refuerzo del alma, 230
- 8.8 Diseño por cortante, 232

- 8.9 Requisitos del código ACI, 234
- 8.10 Ejemplos de problemas de diseño por cortante, 238
- 8.11 Separación económica de los estribos, 248
- 8.12 Fricción al cortante y ménsulas, 250
- 8.13 Resistencia al cortante de miembros sometidos a fuerzas axiales, 252
- 8.14 Requisitos para el diseño por cortante en vigas de gran peralte 254
- 8.15 Comentarios introductorios sobre torsión, 255
- 8.16 Ejemplo en unidades SI, 257
- 8.17 Ejemplo con computadora, 258  
Problemas, 259

**9. Introducción al estudio de columnas 265**

- 9.1 Generalidades, 265
- 9.2 Tipos de columnas, 266
- 9.3 Capacidad por carga axial de las columnas, 268
- 9.4 Fallas de columnas con estribos y espirales, 268
- 9.5 Requisitos del código para columnas coladas en obra, 271
- 9.6 Precauciones de seguridad para columnas, 273
- 9.7 Fórmulas de diseño, 274
- 9.8 Comentarios sobre diseño económico de columnas, 275
- 9.9 Diseño de columnas cargadas axialmente, 276
- 9.10 Ejemplo con unidades SI, 279
- 9.11 Ejemplo con computadora, 280  
Problemas, 281

**10. Diseño de columnas cortas sometidas a carga axial y flexión 283**

- 10.1 Carga axial y flexión, 283
- 10.2 El centroide plástico, 284
- 10.3 Desarrollo de los diagramas de interacción, 286
- 10.4 Uso de los diagramas de interacción, 292
- 10.5 Modificaciones de código a los diagramas de interacción de columna, 294
- 10.6 Diseño y análisis de columnas cargadas excéntricamente usando los diagramas de interacción, 295
- 10.7 Fuerza cortante en columnas, 303
- 10.8 Flexión biaxial, 304
- 10.9 Diseño de columnas con carga biaxial, 308
- 10.10 Continuación del estudio del factor de reducción de capacidad,  $\phi$ , 311
- 10.11 Ejemplo con computadora, 312  
Problemas, 314

**11. Columnas esbeltas 319**

- 11.1 Introducción, 319
- 11.2 Marcos con y sin desplazamiento lateral, 319
- 11.3 Efectos de esbeltez, 320
- 11.4 Determinación de los factores k con nomogramas, 322
- 11.5 Determinación de factores k mediante ecuaciones, 324
- 11.6 Análisis de primer orden usando propiedades especiales de los miembros, 325

- 11.7 Columnas esbeltas en marcos con y sin desplazamiento lateral, 326
- 11.8 Tratamiento del Código ACI de los efectos de esbeltez, 329
- 11.9 Amplificación de momentos de columnas en marcos sin desplazamiento lateral, 329
- 11.10 Amplificación de los momentos en las columnas de marcos con desplazamiento lateral, 334
- 11.11 Análisis de marcos con desplazamiento lateral, 337
- 11.12 Ejemplos con computadora, 343  
Problemas, 346

**12. Zapatas 349**

- 12.1 Introducción, 349
- 12.2 Tipos de zapatas, 349
- 12.3 Presiones reales del suelo, 351
- 12.4 Presiones permisibles del suelo, 352
- 12.5 Diseño de zapatas para muros, 354
- 12.6 Diseño de zapatas cuadradas aisladas, 359
- 12.7 Zapatas que soportan columnas circulares o con sección en forma de polígono regular, 365
- 12.8 Transmisión de la carga de las columnas a las zapatas, 365
- 12.9 Zapatas rectangulares aisladas, 370
- 12.10 Zapatas combinadas, 373
- 12.11 Diseño de zapatas con asentamientos iguales, 379
- 12.12 Zapatas sometidas a cargas axiales y momentos, 381
- 12.13 Transmisión de fuerzas horizontales, 383
- 12.14 Zapatas de concreto simple, 384
- 12.15 Ejemplo con unidades SI, 387
- 12.16 Ejemplos con computadora, 389  
Problemas, 392

**13. Muros de retención 395**

- 13.1 Introducción, 395
- 13.2 Tipos de muros de retención, 395
- 13.3 Drenaje, 398
- 13.4 Fallas de muros de retención, 399
- 13.5 Presiones laterales sobre muros de retención, 399
- 13.6 Presiones del suelo sobre zapatas, 404
- 13.7 Diseño de muros de retención de semigravedad, 405
- 13.8 Efectos de sobrecarga, 408
- 13.9 Estimación del tamaño de muros de retención en voladizo, 409
- 13.10 Procedimientos de diseño para muros de retención en voladizo, 413
- 13.11 Grietas y juntas en los muros, 424  
Problemas 426

**14. Estructuras continuas de concreto reforzado 431**

- 14.1 Introducción, 431
- 14.2 Consideraciones generales sobre los métodos de análisis, 431
- 14.3 Líneas de influencia cualitativas, 431

- 14.4 Diseño al límite, 434
- 14.5 Diseño al límite según el código ACI, 441
- 14.6 Diseño preliminar de miembros, 444
- 14.7 Análisis aproximado de marcos continuos por cargas verticales, 444
- 14.8 Análisis aproximado de marcos continuos por cargas laterales, 454
- 14.9 Análisis por computadora de marcos de edificios, 457
- 14.10 Arriostramiento lateral en edificios, 458
- 14.11 Requisitos de la longitud de desarrollo en miembros continuos, 458  
Problemas, 464

**15. Torsión 469**

- 15.1 Introducción, 469
- 15.2 Refuerzo por torsión, 470
- 15.3 Momentos torsionales que se han de considerar en el diseño, 473
- 15.4 Esfuerzos de torsión, 474
- 15.5 Cuando se requiere refuerzo de torsión según el ACI, 475
- 15.6 Resistencia al momento por torsión, 476
- 15.7 Diseño del refuerzo por torsión, 477
- 15.8 Requisitos adicionales del ACI, 478
- 15.9 Problemas ejemplo usando unidades comunes en Estados Unidos, 479
- 15.10 Ecuaciones para SI y ejemplo de problema, 482
- 15.11 Ejemplo con computadora, 486  
Problemas, 487

**16. Losas en dos direcciones, método directo de diseño 491**

- 16.1 Introducción, 491
- 16.2 Análisis de losas en dos direcciones, 494
- 16.3 Diseño de losas en dos direcciones según el código ACI, 494
- 16.4 Franjas de columna y franja central, 495
- 16.5 Resistencia al cortante de losas, 496
- 16.6 Limitaciones al espesor y requisitos de rigidez, 498
- 16.7 Limitaciones del método directo de diseño, 504
- 16.8 Distribución de momentos en losas, 504
- 16.9 Diseño de una placa interior plana, 510
- 16.10 Colocación de las cargas vivas, 514
- 16.11 Análisis de losas en dos direcciones con vigas, 515
- 16.12 Transmisión de momentos y cortantes entre losas y columnas, 521
- 16.13 Aberturas en los sistemas de losas, 526
- 16.14 Ejemplos con computadora, 527  
Problemas, 529

**17. Losas en dos direcciones, método del marco equivalente 531**

- 17.1 Distribución de momentos para miembros no prismáticos, 531

17.2 Introducción al método del marco equivalente, 532  
 17.3 Propiedades de las vigas losas, 534  
 17.4 Propiedades de columnas, 537  
 17.5 Ejemplo de problema, 538  
 17.6 Análisis con computadora, 542  
 17.7 Ejemplos con computadora, 543  
 Problemas, 544

**18. Muros 545**

18.1 Introducción, 545  
 18.2 Muros no portantes, 545  
 18.3 Muros de concreto de carga. Método empírico de diseño, 547  
 18.4 Muros de concreto soportantes de carga. Diseño racional, 550  
 18.5 Muros de cortante, 552  
 18.6 Requisitos del ACI para muros de cortante, 556  
 18.7 Aspectos económicos de la construcción de muros, 561  
 18.8 Ejemplo con computadora, 562  
 Problemas, 563

**19. Concreto presforzado 565**

19.1 Introducción, 565  
 19.2 Ventajas y desventajas del concreto presforzado, 567  
 19.3 Pretensado y postensado, 567  
 19.4 Materiales usados para el concreto presforzado, 568  
 19.5 Cálculo de esfuerzos, 570  
 19.6 Formas de las secciones presforzadas, 574  
 19.7 Pérdidas de presfuerzo, 577  
 19.8 Resistencia última de secciones presforzadas, 580  
 19.9 Deflexiones, 584  
 19.10 Fuerza cortante en secciones presforzadas, 588  
 19.11 Diseño del refuerzo por cortante, 589  
 19.12 Temas adicionales, 593  
 19.13 Ejemplos con computadora, 595  
 Problemas, 596

**20. Mampostería de concreto reforzado (en línea en [www.alfaomega.com.mx](http://www.alfaomega.com.mx))**

20.1 Introducción  
 20.2 Materiales de mampostería  
 20.3 Resistencia a la compresión especificada de la mampostería  
 20.4 Refuerzo máximo de tensión por flexión  
 20.5 Muros con cargas fuera del plano-muros que no son de carga  
 20.6 Dinteles de mampostería  
 20.7 Muros con cargas fuera del plano-muros de carga  
 20.8 Muros con carga coplanar-muros de cortante  
 20.9 Ejemplo con computadora  
 Problemas

**A. Tablas y gráficas: unidades usuales en EUA 599**

**B. Tablas en unidades del SI 637**

**C. El método de diseño del puntal y el tirante (en línea en [www.alfaomega.com.mx](http://www.alfaomega.com.mx))**

C.1 Introducción  
 C.2 Vigas de gran peralte  
 C.3 Claro de cortante y regiones de comportamiento  
 C.4 La analogía de la armadura  
 C.5 Definiciones  
 C.6 Requisitos del código ACI para el diseño de puntal y tirante  
 C.7 Selección de un modelo de armadura  
 C.8 Ángulos de los puntales en los modelos de armaduras  
 C.9 Procedimiento de diseño

**D. D. Diseño sísmico de las estructuras de concreto reforzado (en línea solamente en [www.alfaomega.com.mx](http://www.alfaomega.com.mx))**

D.1 Introducción  
 D.2 Terremoto máximo considerado  
 D.3 Clasificación de suelo en el sitio  
 D.4 Factores de riesgo y de importancia  
 D.5 Categorías de diseño sísmico  
 D.6 Cargas de diseño sísmico  
 D.7 Requisitos de detallado para las diferentes clases de marcos de concreto reforzado para momentos  
 Problemas

**Glosario 645**

**Índice 649**