

ÍNDICE

PRÓLOGO	19
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Historia del concreto armado	21
1.2. Ventajas y desventajas del concreto armado frente a otros materiales	24
1.2.1. Ventajas del concreto armado frente a otros materiales	24
1.2.2. Desventajas del concreto armado frente a otros materiales	24
1.3. Métodos de diseño	25
1.3.1. Diseño elástico	25
1.3.2. Diseño a la rotura	26
1.4. Métodos de diseño propuestos por el código del ACI	28
1.4.1. Combinaciones de cargas	30
1.4.2. Cargas vivas	35
1.4.3. Reducción de resistencia	40
2. COMPONENTES Y PROPIEDADES DEL CONCRETO	
2.1. Materiales	47
2.1.1. Cemento	48
2.1.2. Agregados	54
2.1.3. Agua	64
2.1.4. Aditivos	68
2.1.5. Fibras	75
2.2. Producción, colocación y curado del concreto	82
2.2.1. Requisitos para la producción del concreto	82
2.2.2. Diseño de mezcla del concreto	88
2.2.3. Mezclado del concreto	90
2.2.4. Transporte del concreto	92
2.2.5. Colocación del concreto	94
2.2.6. Curado del concreto	106
2.2.7. Desencofrado	109

2.3.	Resistencia del concreto	111
2.3.1.	Resistencia del concreto ante solicitaciones uniaxiales	112
2.3.2.	Resistencia del concreto al esfuerzo cortante	119
2.3.3.	Resistencia del concreto ante solicitaciones biaxiales y triaxiales	120
2.3.4.	Resistencia del concreto a los ataques	121
2.4.	Propiedades mecánicas del concreto	121
2.4.1.	Relación esfuerzo-deformación del concreto a compresión	121
2.4.2.	Módulo de Poisson	125
2.4.3.	Módulo de corte	125
2.5.	Variación en el volumen del concreto	126
2.5.1.	Variaciones de volumen por contradicción de fragua	126
2.5.2.	Deformación plástica o creep	128
2.5.3.	Variaciones de volumen por temperatura	130
2.6.	Concreto sometido a cargas de compresión repetidas	130
2.7.	El acero	131
2.7.1.	Varillas corrugadas y alambres	132
2.7.2.	Mallas electrosoldadas	134
2.7.3.	Tipos especiales de acero de refuerzo	135
2.8.	Propiedades mecánicas del acero	135
2.8.1.	Relación esfuerzo-deformación del acero	135
2.8.2.	Coefficiente de dilatación térmica	137
2.8.3.	Maleabilidad	137
2.9.	Oxidación del acero	137
2.10.	Fatiga del acero	138
2.11.	Soldadura del acero	138
3. ACERO DE REFUERZO EN EL CONCRETO		
3.1.	Mecanismo de adherencia entre refuerzo y concreto	139
3.2.	Recubrimiento y espaciamiento mínimo del refuerzo	145
3.2.1.	Recubrimiento mínimo del acero	145
3.2.2.	Espaciamientos mínimos entre varillas	149
3.3.	Longitud de anclaje o desarrollo del refuerzo	150
3.3.1.	Longitud de anclaje en varillas de acero en tensión	150
3.3.2.	Longitud de anclaje en varillas de acero en compresión	155
3.4.	Ganchos estándar	156
3.4.1.	Factor de corrección por exceso de refuerzo	159
3.5.	Desarrollo de barras con cabeza en tracción	160
3.6.	Empalmes de varillas	162
3.6.1.	Empalme traslapado	162

3.6.2. Empalmes soldados	166
3.6.3. Empalmes mecánicos	167
3.7. Paquetes de varillas	171
3.8. Tuberías empotradas en estructuras de concreto armado	171
3.9. Tolerancias	173
3.10. Juntas de construcción	173
4. CARGA AXIAL	
4.1. Compresión pura en elementos de concreto armado	175
4.2. Aplastamiento en elementos de concreto armado	179
4.3. Tracción pura	181
5. FLEXIÓN PURA	
5.1. Comportamiento de una viga de concreto armado sometida a flexión	187
5.2. Hipótesis básicas para el estudio de elementos sometidos a flexión según el código del ACI	191
5.3. Tipos de falla de los elementos sometidos a flexión	192
5.4. Análisis de elementos de sección rectangular con refuerzo en tracción sometidos a flexión	195
5.4.1. Análisis de una sección rectangular con comportamiento dúctil	196
5.4.2. Cuantía máxima de refuerzo	198
5.4.3. Cuantía mínima de refuerzo	205
5.5. Diseño de una sección rectangular con refuerzo en tensión	207
5.6. Análisis de elementos de sección rectangular con refuerzo en compresión sometidos a flexión	211
5.6.1. Análisis de una sección rectangular con refuerzo en compresión	213
5.6.2. Determinación de la cuantía máxima con acero en compresión	216
5.7. Diseño de una sección rectangular con refuerzo en compresión	218
5.8. Análisis de elementos de sección T sometidos a flexión	218
5.8.1. Análisis de una sección tipo T con falla dúctil	221
5.8.2. Determinación de la cuantía máxima en una sección tipo T	223
5.8.3. Cuantía mínima de secciones T	224
5.9. Diseño de una sección T	224
5.10. Corte del refuerzo y desarrollo del refuerzo longitudinal	226
5.10.1. Desarrollo del refuerzo positivo en elementos sometidos a flexión	230
5.10.2. Desarrollo del refuerzo negativo	232
Ejemplos	233

6. ESFUERZO CORTANTE Y TRACCIÓN DIAGONAL

6.1. Introducción	257
6.2. Análisis de una viga de concreto armado sometida a fuerza cortante	257
6.2.1. Comportamiento de una viga sin refuerzo en el alma	261
6.2.2. Comportamiento de una viga con refuerzo en el alma	264
6.3. Diseño de elementos prismáticos sometidos a fuerza cortante según el código del ACI	266
6.3.1. Resistencia del concreto a la fuerza cortante (V_c)	270
6.3.2. Tipos de refuerzo transversal	273
6.3.3. Resistencia al corte que aporta el acero transversal (V_s)	277
6.3.4. Requerimientos mínimos de refuerzo	279
6.3.5. Espaciamiento máximo de refuerzo transversal	280
6.3.6. Aporte máximo del refuerzo transversal a la resistencia al corte	282
6.4. Vigas peraltadas	283
6.4.1. Diseño por flexión de vigas peraltadas	285
6.4.2. Diseño por corte de vigas peraltadas según el código del ACI	287
6.5. Corte-fricción	288
6.5.1. Diseño de elementos sometidos a corte-fricción según el código de ACI	289
6.6. Consolas	293
6.6.1. Diseño de consolas según el código del ACI	293
6.6.2. Otras consolas	297
Ejemplos	298

7. TORSIÓN

7.1. Comportamiento de elementos de concreto armado sometidos a torsión	312
7.1.1. Elementos de concreto armado sin refuerzo en el alma	313
7.1.2. Elementos de concreto armado con refuerzo en el alma	315
7.2. Diseño de elementos sometidos a torsión según el código del ACI	323
7.2.1. Resistencia a la torsión aportada por el acero	326
Ejemplos	330

8. CONTROL DE LAS CONDICIONES DE SERVICIO

8.1. Control de deflexiones	341
8.1.1. Método del ACI para el control de deflexiones	342
8.1.2. Cálculo de deflexiones	343
8.2. Control de rajadura	351
8.2.1. Ancho de fisuras	352
8.2.2. Vigas de gran peralte	354
Ejemplos	355

9. VIGAS Y LOSAS ARMADAS EN UNA DIRECCIÓN

9.1. Método de análisis	359
9.2. Método de coeficientes del ACI	361
9.2.1. Limitaciones	361
9.2.2. Coeficientes de diseño	361
9.3. Alternancia de cargas	366
9.4. Redistribución de momentos	368
9.5. Vigas simplemente apoyadas y vigas continuas	372
9.6. Losas armadas en una dirección	373
9.6.1. Losas macizas	374
9.6.2. Losas nervadas y losas aligeradas	376
9.7. Escaleras	381
9.8. Requisitos de integridad estructural (ACI 318-14 ítem 4.10)	387
Ejemplos	388

10. COLUMNAS

10.1. Introducción	401
10.2. Análisis de pórticos	402
10.2.1. Transmisión de cargas a través de los pisos	404
10.3. Análisis y diseño de columnas	405
10.3.1. Columnas esbeltas	405
10.3.2. Columnas cortas	420
10.3.3. Diseño de columnas de concreto armado sometidas a flexión biaxial	431
10.4. Detalles del diseño de columnas	439
10.4.1. Columnas con estribos	439
10.4.2. Columnas con refuerzo en espiral	441
10.4.3. Cambios de sección en columna	443
10.4.4. Empalme del refuerzo longitudinal en columnas	443
Ejemplos	445

11. MUROS

11.1. Refuerzo mínimo en muros	456
11.2. Muros de concreto armado	457
11.2.1. Compresión y flexocompresión en muros de concreto armado	458
11.2.2. Esfuerzo cortante en muros de concreto armado	461
11.2.3. Diseño alternativo de muros esbeltos	466
Ejemplos	470

12. CIMENTACIONES

12.1. Introducción	477
12.2. Tipos de cimentaciones	479
12.3. Presión del suelo	480
12.3.1. Cimentación con carga excéntrica	481
12.4. Consideraciones generales para el diseño	484
12.5. Zapatas aisladas	484
12.5.1. Determinación de la presión neta del suelo y dimensionamiento de la zapata	485
12.5.2. Reacción amplificada del suelo	487
12.5.3. Verificación por corte	488
12.5.4. Refuerzo longitudinal por flexión	491
12.5.5. Verificación de la conexión columna-zapata o muro-zapata y desarrollo del refuerzo	493
12.6. Zapatas de muros	495
12.7. Zapatas sobre pilotes	496
12.8. Zapatas combinadas	499
12.9. Zapatas conectadas	506
12.10. Pilotes	507
12.10.1. Pilotes de madera	508
12.10.2. Pilotes de acero	508
12.10.3. Pilotes de concreto	508
Ejemplos	512

13. MUROS DE CONTENCIÓN

13.1. Introducción	531
13.2. Cargas que actúan sobre los muros de sostenimiento	533
13.2.1. Empuje del suelo	533
13.2.2. Peso del relleno	535
13.2.3. Reacción del terreno	535
13.2.4. Fricción en la base	535
13.2.5. Sobrecarga en el relleno	536
13.2.6. Subpresión	537
13.3. Criterios de estabilidad	537
13.4. Drenaje	540
13.5. Muros de gravedad	541
13.6. Muros en voladizo	543
13.7. Muros con contrafuertes	547

13.8. Muros celulares	551
13.9. Muros de sótano	552
13.10. Muros prefabricados	553
Ejemplos	556
14. CONCRETO SIMPLE	
14.1. Criterios de diseño	573
14.2. Muros de concreto simple	576
14.2.1. Limitaciones	576
14.2.2. Método empírico	577
14.3. Pedestales	577
14.3.1. Dados de concreto zunchado	578
14.4. Zapatas	581
15. LOSAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES	
15.1. Introducción	585
15.2. Tipos de losas armadas en dos sentidos	586
15.3. Criterios para el dimensionamiento de losas armadas en dos sentidos	588
15.3.1. Espesor mínimo de la losa	588
15.3.2. Ábacos o paneles	590
15.3.3. Capiteles	591
15.4. Principios generales para el diseño de losas armadas en dos direcciones	592
15.5. Diseño de losas armadas en dos direcciones	595
15.5.1. Según el Joint Comitee ASCE-ACI 1940	595
15.5.2. Método directo	598
15.5.3. Método del pórtico equivalente	606
15.6. Transmisión de cargas de la losa a los elementos verticales	616
15.6.1. Transferencia del corte en losas con vigas y en losas sin vigas	616
15.6.2. Transferencia del momento flector de la losa a la columna	621
15.7. Refuerzo en losas armadas en dos direcciones	627
15.7.1. Refuerzo longitudinal por flexión	627
15.7.2. Refuerzo por corte en losas armadas en dos direcciones	629
15.7.3. Aberturas en losas-refuerzo	634
16. EFECTO DE CARGAS SÍSMICAS	
16.1. Introducción	637
16.2. Requerimientos generales para el diseño de estructuras dúctiles	639
16.2.1. Análisis de la estructura	641
16.2.2. Factor de reducción de resistencia	642

16.2.3. Materiales	642
16.2.4. Empalmes	643
16.2.5. Anclajes	644
16.3. Estructuras ubicadas en regiones de alto riesgo sísmico	644
16.3.1. Elementos que resisten cargas inducidas por sismo	644
16.3.2. Cimentaciones de estructuras asísmicas	670
16.3.3. Elementos que no resisten cargas inducidas por sismo	672
16.4. Estructuras en regiones de riesgo sísmico moderado	674
16.5. Concreto simple en estructuras asísmicas	677
16.6. Cálculo de la norma sísmica según la NTP E.030 DS N° 003-2016	677
16.6.1. Análisis de fuerza dinámico modal espectral	685
16.7. Aisladores sísmicos de estructuras	686
Consideraciones generales para el análisis y diseño con aisladores sísmicos	691

17. ESTRUCTURAS COMPUESTAS

17.1. Vigas compuestas de acero y concreto	695
17.1.1. Resistencia a la flexión de la pieza	698
17.1.2. Conectores de corte	700
17.2. Columnas compuestas de acero y concreto	706
17.2.1. Columnas compuestas por perfiles tubulares	707
17.2.2. Columnas compuestas con refuerzo en espiral	709
17.2.3. Columnas compuestas con estribos	709
17.3. Elementos compuestos de concreto sometidos a flexión	710
17.3.1. Esfuerzo cortante horizontal	711
17.4. Vigas con refuerzo externo de fibra de carbono	714
17.4.1. Refuerzo de vigas a flexión y corte	714

18. TANQUES

18.1. Consideraciones generales para el diseño	726
18.1.1. Recubrimiento del refuerzo	726
18.1.2. Método de diseño a la rotura	727
18.1.3. Control de rajaduras	727
18.1.4. Juntas y detallado de las uniones	728
18.2. Análisis de tanques rectangulares y circulares	729
18.2.1. Tanques rectangulares	729
18.2.2. Tanques circulares	731
18.3. Tanques enterrados	732
18.4. Tanques superficiales	733
18.5. Tanques elevados	735
18.5.1. Diseño de la cuba	735

18.5.2. Diseño de la estructura portante	736
18.5.3. Tipos especiales de tanques elevados	739

19. SILOS

19.1. Comportamiento del material dentro del silo	742
19.1.1. Tipos de flujo	742
19.1.2. Presiones en las paredes del silo	743
19.2. Cargas de diseño	745
19.2.1. Presión ejercida por el material almacenado	745
19.2.2. Cargas de sismo	755
19.2.3. Carga de viento	755
19.2.4. Efectos térmicos	756
19.3. Criterios generales de diseño	757
19.3.1. Espesores mínimos	757
19.3.2. Factores de carga	757
19.3.3. Especificaciones de refuerzo	758
19.3.4. Detallado de refuerzo	759
19.4. Análisis y diseño de las paredes	760
19.4.1. Fuerzas que actúan sobre las paredes	760
19.4.2. Determinación del refuerzo requerido en las paredes	762
19.4.3. Control de rajaduras en las paredes de los silos	764
19.5. Análisis y diseño del fondo	766
19.6. Diseño de las vigas de soporte	769
19.7. Diseño de las columnas	769
19.8. Diseño de las cimentaciones	769

20. CHIMENEAS

20.1. Consideraciones generales para el diseño	771
20.1.1. Revestimiento interior	771
20.1.2. Dimensiones de la estructura	772
20.1.3. Refuerzo	773
20.1.4. Aberturas	773
20.1.5. Puerta de limpieza	774
20.1.6. Deflexiones	775
20.2. Cargas de diseño	775
20.2.1. Cargas sísmicas	775
20.3. Diseño de chimeneas	780
20.3.1. Combinaciones de carga y factores de reducción de resistencia	780
20.3.2. Diseño del refuerzo vertical por flexocompresión	781
20.3.3. Diseño del refuerzo vertical por flexocompresión y temperatura	785
20.3.4. Diseño del refuerzo horizontal por temperatura	789

21. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES	
21.1. Pruebas analíticas	791
21.2. Pruebas de carga	792
22. ESTRUCTURAS PREFABRICADAS	
22.1. Criterios de diseño de estructuras prefabricadas	796
22.1.1. Elementos prefabricados	796
22.1.2. Conexiones	797
22.1.3. Pórticos especiales prefabricados	800
22.1.4. Muros estructurales prefabricados	803
22.2. Recomendaciones para la fabricación	803
22.3. Evaluación de estructuras prefabricadas	804
23. ENCOFRADOS	
23.1. Introducción	805
23.2. Materiales para encofrados	805
23.2.1. Madera	806
23.2.2. Acero	807
23.3. Utilización	807
23.4. Diseño de encofrados	809
23.4.1. Cargas de diseño	809
23.4.2. Encofrado de vigas y losas	811
23.4.3. Encofrado de columnas	812
23.4.4. Criterio general para el diseño de encofrados	812
23.5. Encofrados típicos	813
24. ESTRUCTURAS DE GRANDES LUCES	
24.1. Estructuras pretensadas y postensadas	819
24.2. Estructuras de arco	819
24.2.1. Articulaciones de concreto armado	820
24.2.2. Tijerales de concreto armado	826
25. MÉTODO PUNTAL-TENSOR	
25.1. Introducción	833
25.2. Metodología de diseño Puntal-Tensor	838
26. NOCIONES DE CONCRETO PREESFORZADO	
26.1. Antecedentes	843
26.2. Ventajas del concreto preesforzado	844

26.3. Tipos de concreto preesforzado	845
26.4. Conceptos básicos del preesforzado	846
26.5. Materiales	850
26.6. Pérdidas de tensión	852
26.7. Diseño de estructuras a partir del ACI 318-14	854
26.7.1. Esfuerzos admisibles	854
26.7.2. Módulos mínimos de una sección	855
26.7.3. Resistencia en flexión	857
26.7.4. Resistencia en cortante	859
26.8. Ejemplo de diseño	860
27. PERNOS DE ANCLAJE	
27.1. Tipos de pernos	865
27.2. Tipos de falla	866
27.3. Resistencia de pernos a la tracción	869
27.4. Pruebas a la tracción	873
27.5. Rotura lateral del concreto en pernos a tracción	874
27.6. Resistencia a la adherencia en tracción	874
27.7. Diseño de pernos sometidos a fuerza cortante	877
27.7.1. Rotura por el perno	877
27.7.2. Rotura por el concreto	878
27.8. Interacción de las fuerzas a tracción y compresión de corte	883
27.9. Recubrimientos y distancias entre pernos	884
APÉNDICE A	887
APÉNDICE B	891
APÉNDICE C	895
APÉNDICE D	931
APÉNDICE E	941
APÉNDICE F	949
BIBLIOGRAFÍA	963