

INDICE

1.-	COMBINACIÓN Y MAYORACIÓN DE ACCIONES	
1.1.-	Requerimientos básicos de resistencia	1
1.2.-	Resistencia requerida	1
1.2.1.-	Resumen del Reglamento CIRSOC 201-2005	1
1.2.2.-	Simplificaciones	2
1.3.-	Procedimientos para el cálculo de la resistencia requerida	3
1.3.1.-	Cálculo de solicitaciones en vigas y losas armadas en una dirección mediante los coeficientes dados en 8.3.3 del CIRSOC 201-2005	3
1.3.2.-	Cálculo de sistemas de losas mediante:	3
1.3.2.1.-	Método directo	3
1.3.2.2.-	Método del pórtico equivalente	3
1.3.3.-	Caso general	3
Ejemplo 1.I		5
	Calcular la resistencia requerida en la sección de encuentro del fuste del tanque elevado con la base de fundación.	
Ejemplo 1.II		6
	Calcular la carga uniforme total mayorada q_u [kN/m ²], a utilizar en el cálculo de la losa armada en 2 direcciones.	
2.-	FLEXIÓN SIMPLE	
2.1.-	Generalidades	7
2.2.-	Secciones rectangulares	8
2.2.1.-	Ecuaciones generales de equilibrio	8
2.2.2.-	Cuantías límites	9
2.2.3.-	Cálculo de armaduras	9
2.3.-	Secciones con alas (“T” y “L”)	10
2.3.1.-	Geometrías	10
2.3.1.1.-	Para Vigas “T” bajo losa	11
2.3.1.2.-	Para Vigas “L” bajo losa	11
2.3.1.3.-	Para Vigas “T” aisladas	11
2.3.2.-	Alturas relativas entre alas y alma	11
2.3.3.-	Cuantías límites	11
2.3.4.-	Cálculo de armaduras	12
	Tabla Auxiliar N°1 – Cálculo de secciones rectangulares y con alas	15
2.I.-	Ejemplos - Sección Rectangular	
Ejemplo 2.I.1		17
	Calcular las armaduras de una sección rectangular dado los materiales, la sección transversal y la solicitación.	

Ejemplo 2.I.2	Calcular las armaduras para las condiciones del Ejemplo 2.I.1 y $M_u = 16$ kNm	18
Ejemplo 2.I.3	Calcular las armaduras para las condiciones del Ejemplo 2.I.1 y $M_u = 100$ kNm. De ser necesaria armadura comprimida se supondrá que la distancia de la fibra más comprimida de hormigón al centro de gravedad de la armadura comprimida es $d' = 0,03$ m.	19
Ejemplo 2.I.4	Calcular las armaduras para las condiciones del Ejemplo 2.I.1 y $M_u = 100$ kNm. Se tratará de evitar el uso de armadura comprimida.	21
Ejemplo 2.I.5	Calcular las armaduras, constituidas por mallas soldadas de alambres conformados, de una sección rectangular perteneciente a una losa armada en una dirección dado los materiales, la sección transversal y la sollicitación.	23
Ejemplo 2.I.6	Calcular M_u de la viga rectangular dado los materiales y la sección transversal. La armadura longitudinal está compuesta por $A_s = 2 d_b 16$ y $A'_s = 0$.	25
Ejemplo 2.I.7	Calcular M_u de la viga rectangular dado los materiales y la sección transversal. La armadura longitudinal está compuesta por $A_s = 2 d_b 16$ y $A'_s = 2 d_b 16$.	27
Ejemplo 2.I.8	Calcular la altura total de una viga rectangular de modo de obtener máxima rigidez sin que la misma resulte sobredimensionada en flexión.	29
Ejemplo 2.I.9	Por requerimientos arquitectónicos se debe proyectar una viga rectangular de modo de obtener la menor altura posible. Como condición adicional no se recurrirá al uso de armadura de compresión.	31
2.II.- Ejemplos - Secciones con Alas		
Ejemplo 2.II.1	Calcular las armaduras de una viga "T" bajo losa dado los materiales, la sección transversal y la sollicitación.	34
Ejemplo 2.II.2	Calcular las armaduras de la viga "T" del Ejemplo 2.II.1 para $M_u = 20$ kNm.	36
Ejemplo 2.II.3	Calcular las armaduras de una viga "L" bajo losa dado los materiales, la sección transversal y la sollicitación.	38
Ejemplo 2.II.4	Dimensionar las armaduras de flexión de una viga "T" aislada dado los materiales, la sección transversal y la sollicitación.	42

3.-	CORTE	
3.1.-	Generalidades	45
3.2.-	Expresión general de cálculo y verificación	45
3.3.-	Determinación de V_c	46
3.3.1.-	Cuando no existan fuerzas axiales	46
3.3.2.-	Cuando existan fuerzas axiales de compresión (no pretensado)	46
3.3.3.-	Cuando existan cargas axiales de tracción	47
3.4.-	Determinación de V_s	47
3.4.1.-	V_s para estribos verticales	47
3.4.2.-	V_s para barras dobladas	48
3.4.3.-	Limitación de V_s total	48
3.4.4.-	Estribado mínimo	49
3.4.5.-	Separación máxima de armaduras de alma	49
3.4.6.-	Elementos sin armadura de alma	50
Ejemplo 3.I		52
	Calcular el estribado uniforme necesario para la viga rectangular, considerando:	
	a. Que no existen barras dobladas.	
	b. Que existen barras dobladas a 45°	
Ejemplo 3.II		56
	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular y dibujar el diagrama de "$\phi \cdot V_n$" (Corte Resistente) de la viga rectangular. • Calcular la máxima carga uniformemente distribuida "w_u" que se puede aplicar a la pieza. • Considerando un estado de carga consistente en dos cargas "P_u" aplicadas en los tercios de la luz libre entre caras internas de columnas, calcular – utilizando los resultados obtenidos en el primer punto – el valor "P_u" máximo que se puede aplicar a la viga. 	
Ejemplo 3.III		61
	Calcular el máximo valor de " w_u " que puede resistir la viga del Ejemplo 3.I y el estribado uniforme necesario para dicha carga.	
	Analizar la armadura de corte utilizando barras de acero ADN 420 y mallas de acero soldada AM 500 N.	
Ejemplo 3.IV		62
	Calcular el valor de " w_u " por debajo del cual la viga rectangular requerirá sólo estribado mínimo. Calcular y adoptar dicho estribado.	
4.-	TORSIÓN EN SECCIONES NO PRETENSADAS	
4.1.-	Introducción	65
4.2.-	Variables geométricas y una limitación	65
4.3.-	Posibilidad de despreciar la Torsión	66
4.4.-	Torsión de equilibrio y torsión de compatibilidad	66
4.5.-	Condición resistente	67
4.6.-	Secciones críticas	67
4.7.-	Momento torsor de fisuración	67

4.8.-	Verificación de bielas comprimidas y fisuración	67
4.9.-	Resistencia nominal a torsión y cálculo de armaduras	68
4.9.1.-	Notación	68
4.9.2.-	Ángulo de las diagonales comprimidas	68
4.9.3.-	Resistencia nominal	68
4.9.4.-	Armaduras para resistir torsión	69
4.9.4.1.-	Armadura transversal	69
4.9.4.2.-	Armadura longitudinal	70
4.10.-	Armaduras mínimas y separaciones máximas reglamentarias	71
4.10.1.-	Armadura mínima transversal (estribado mínimo)	71
4.10.2.-	Armadura mínima longitudinal neta para torsión	71
4.10.3.-	Separación máxima entre estribos	72
Ejemplo 4.I		73
	Calcular y adoptar las armaduras para la sección cuadrada de 0,50 m de lado, sometida a las acciones: “ M_u ”, “ V_u ” y “ T_u ” (de equilibrio).	
Ejemplo 4.II		77
	Calcular la capacidad a torsión de la sección finalmente adoptada en el Ejemplo 4.I pero considerando ahora que el momento flector actuante es un cuarto del utilizado en dicho ejemplo.	
5.-	COLUMNAS CORTAS SIMPLES Y ZUNCHADAS	
5.1.-	Generalidades	79
5.2.-	Desarrollo de expresiones de cálculo y verificación	80
5.2.1.-	Resistencia de una columna	80
5.2.2.-	Expresiones de cálculo cuando “ $\rho = A_{st} / A_g$ ” es dato del problema	80
5.2.3.-	Expresiones de cálculo cuando “ A_g ” es dato del problema	80
5.2.4.-	Verificación de cuantías	80
5.2.5.-	Disposiciones constructivas correspondientes a columnas simples	81
5.2.6.-	Disposiciones constructivas correspondientes a columnas zunchadas	82
5.3.-	Cuantías mínimas en elementos sobredimensionados	83
Ejemplo 5.I		85
	Proyectar una columna simple dado los materiales y la sollicitación.	
Ejemplo 5.II		86
	Recalcular la columna del Ejemplo 5.I minimizando la sección de hormigón.	
Ejemplo 5.III		88
	Calcular “ P_u ” para una columna simple con dimensiones y armaduras longitudinales mínimas reglamentarias y adoptar su estribado.	
Ejemplo 5.IV		89
	Desarrollar unas expresiones simples que permitan el predimensionado de columnas simples cortas para resistencias usuales de hormigones y tensiones del acero $f_y = 420$ MPa.	
Ejemplo 5.V		89
	Calcular “ P_L ” para la columna circular.	

Ejemplo 5.VI		91
	Proyectar una columna simple y otra zunchada, ambas de sección circular, dado los materiales y la sollicitación.	
Ejemplo 5.VII		95
	Calcular las armaduras de una columna simple dado los materiales, la sección transversal y la sollicitación.	
Ejemplo 5.VIII		98
	Calcular “P _u ” para la columna circular.	
6.-	PANDEO EN ELEMENTOS PERTENECIENTES A ESTRUCTURAS CON NUDOS NO DESPLAZABLES	
6.1.-	Esquema general para la consideración de los efectos de esbeltez	101
6.2.-	Pórticos desplazables e indesplazables	101
6.3.-	Longitud efectiva: $\ell_e = k \ell_u$	102
6.3.1.-	Longitud sin apoyo lateral (ℓ_u)	102
6.3.2.-	Factor de longitud efectiva para elementos comprimidos (k)	102
6.4.-	Efectos de primer orden	103
6.5.-	Efectos de segundo orden a través de amplificación de momentos	104
6.6.-	Amplificación de momentos en elementos sometidos a flexión compuesta oblicua	105
Ejemplo 6.I		107
	Analizar el fenómeno de pandeo en la columna rectangular.	
Ejemplo 6.II		110
	Calcular las armaduras de la columna rectangular. Adoptamos los materiales, las cargas y deformaciones del Ejemplo 6.I.	
7.-	BASES DE HORMIGÓN ARMADO (H-30 y menores)	
7.1.-	Generalidades	113
7.2.-	Condición resistente	114
7.2.1.-	Formato general	114
7.2.2.-	Secciones críticas	114
7.2.2.1.-	Flexión	114
7.2.2.2.-	Corte	115
7.2.2.3.-	Punzonamiento	116
7.2.2.4.-	Anclajes	118
7.3.-	Cuantía mínima y máxima de flexión	118
7.4.-	Predimensionamiento	119
7.5.-	Unidades	119
7.6.-	Secuencia de cálculo	120
Ejemplo 7.I		123
	Proyectar una base centrada.	
Ejemplo 7.II		125
	Proyectar una base medianera.	

Ejemplo 7.III		128
	Proyectar una base de esquina.	
8.-	TIRANTES NO PRETENSADOS	
8.1.-	Condición resistente	131
8.2.-	Carga de fisuración	131
8.3.-	Condición de ductilidad	131
8.4.-	Deformaciones	132
8.5.-	Predicción del ancho de fisuras	132
Ejemplo 8.I		133
	Proyectar un tirante dado los materiales y la sollicitación.	
Ejemplo 8.II		133
	Calcular el alargamiento del tirante del Ejemplo 8.I para una condición frecuente de carga consistente en la carga permanente más el 50% de la sobrecarga máxima y considerando una longitud inicial de 6 metros.	
Ejemplo 8.III		134
	Calcular el ancho de fisuras esperable en el tirante del Ejemplo 8.I para una condición frecuente de carga consistente en la carga permanente más el 50% de la sobrecarga máxima.	
9.-	ANCLAJES Y EMPALMES POR ADHERENCIA	
9.A.-	ANCLAJES	
9.A.1.-	Anclaje de barras y alambres rectos traccionados	135
9.A.1.1.-	Expresión general	135
9.A.1.2.-	Expresiones simplificadas	136
9.A.1.3.-	Tabla de longitudes de anclaje obtenidas mediante las expresiones simplificadas	137
9.A.1.4.-	Corrección por exceso de armadura	138
9.A.1.5.-	Particularidades para los paquetes de barras	138
9.A.1.6.-	Cálculo utilizando la expresión sin simplificaciones	139
9.A.2.-	Anclaje con ganchos de barras y alambres traccionados	139
9.A.2.1.-	Expresión general	139
9.A.2.2.-	Factores de corrección	140
9.A.2.3.-	Ganchos en extremos de elementos	140
9.A.2.4.-	Ganchos en anclajes comprimidos	140
9.B.-	EMPALMES	
9.B.3.-	Empalmes de barras y alambres rectos traccionados	141
9.B.3.1.-	Longitud de empalme por yuxtaposición	141
9.B.3.2.-	No aplicabilidad de los empalmes traccionados por yuxtaposición	141
9.B.4.-	Empalmes de barras rectas comprimidas	141
9.B.4.1.-	Longitud de empalme por yuxtaposición	141
9.B.4.2.-	Empalmes a tope	142
9.B.4.3.-	Factores de corrección	142

9.B.4.4.-	Empalme de barras de diferentes diámetros	142
9.B.5.-	Anclaje de armadura transversal (estribos)	142
DF 9.I.-	Anclaje de barras y alambres traccionados – Expresiones simplificadas	145
DF 9.II.-	Anclaje de barras y alambres traccionados – Expresión general	146
DF 9.III.-	Anclaje de barras y alambres traccionados con ganchos normales	147
DF 9.IV.-	Empalme de barras y alambres rectos traccionados	148
DF 9.V.-	Empalme de barras rectas comprimidas	149
10.-	PRETENSADO EN FLEXIÓN	
10.1.-	Clasificación	151
10.2.-	Etapas (Estados ó Niveles)	151
10.3.-	Pérdidas	151
10.3.1.-	Generalidades	151
10.3.2.-	Expresiones de cálculo	152
10.3.2.1.-	Acortamiento elástico (ES: Elastic Shortening of Concrete)	152
10.3.2.1.1.-	Hormigón postesado	152
10.3.2.1.2.-	Hormigón pretesado	153
10.3.2.1.3.-	Expresiones de cálculo	153
10.3.2.2.-	Contracción del hormigón (SH: Shrinkage of Concrete)	154
10.3.2.3.-	Fluencia lenta del hormigón (CR: Creep of Concrete)	155
10.3.2.4.-	Relajación de los cables (RE: Relaxation of Tendons)	155
10.3.2.5.-	Fricción	157
10.3.2.6.-	Acuñamiento de los anclajes	158
10.4.-	Tensiones admisibles bajo estados de servicio	159
10.4.1.-	En el hormigón	159
10.4.1.1.-	En el momento del tesado (t_0)	159
10.4.1.2.-	Bajo cargas de servicio y t_∞	160
10.4.2.-	En el acero	161
10.5.-	Resistencia a flexión	162
10.5.1.-	Equilibrio y compatibilidad en secciones pretensadas	162
10.5.2.-	Solución general: compatibilidad y equilibrio	163
10.5.2.1.-	Elementos con cables adherentes	163
10.5.2.2.-	Elementos con cables no adherentes	164
10.5.3.-	Solución aproximada	164
10.5.3.1.-	Cables adherentes	164
10.5.3.2.-	Cables no adherentes	166
10.5.3.2.1.-	Elementos con relación luz/altura ≤ 35	166
10.5.3.2.2.-	Elementos con relación luz/altura > 35	166
10.6.-	Cuantías límites en flexión	166
10.6.1.-	Cuantía mínima	166
10.6.2.-	Cuantía máxima	167
10.7.-	Armadura adherente mínima	168

Ejemplo 10.I		169
	Determinar las armaduras de pretensado de un elemento prefabricado que será utilizado como parte de una cubierta para una nave industrial. El elemento será pretesado en banco y los elementos tensores serán rectos. Para disminuir las tracciones originadas por el uso de elementos tensores rectos en la cara superior en las zonas de apoyos se utilizará hormigón pretensado clase "T".	
Ejemplo 10.II		176
	Calcular las pérdidas por fricción que se producen en el cable perteneciente a un entrepiso sin vigas.	
11.-	CORTE EN ELEMENTOS PRETENSADOS	
11.1.-	Generalidades	181
11.2.-	Expresión general de cálculo y verificación	181
11.3.-	Determinación de V_c	182
11.4.-	Determinación de V_s	183
11.4.1.-	V_s para estribos verticales	183
11.4.2.-	V_s para barras dobladas y/o cables curvos	183
11.4.3.-	Limitación de V_s total	184
11.4.4.-	Estribado mínimo	184
11.4.5.-	Separación máxima de armaduras de alma	184
11.4.6.-	Elementos sin armadura de alma	185
Ejemplo 11.I		187
	Determinar las armaduras de corte de un elemento prefabricado que será utilizado como parte de una cubierta para una nave industrial. El elemento será pretesado en banco y los elementos tensores serán rectos.	
12.-	DISEÑO DE LOSAS ARMADAS EN DOS DIRECCIONES	
Ejemplo 12.I		191
	Método Directo – Entrepiso sin vigas	
Ejemplo 12.II		201
	Método del Pórtico equivalente – Entrepiso sin vigas	
13.-	MODELO DE BIELAS	
13.1.-	Generalidades	207
13.2.-	Pasos propuestos en el Apéndice A del CIRSOC 201-2005	207
13.2.1.-	Definir y aislar cada una de las Regiones "D"	207
13.2.2.-	Determinar los esfuerzos resultantes que actúan sobre los bordes o fronteras de cada una de las Regiones "D"	209
13.2.3.-	Seleccionar el modelo de reticulado (bielas)	209
13.2.3.1.-	Requerimientos básicos	209

13.2.3.2.-	Los modelos y la falta de unicidad	210
13.2.3.3.-	Modelos isostáticos y modelos hiperestáticos	212
13.2.3.4.-	Modelos en la bibliografía	212
13.2.4.-	Dimensionamiento y verificación de elementos pertenecientes a modelos de bielas	213
13.2.4.1.-	Formato general	213
13.2.4.2.-	Resistencia de las zonas nodales " F_{nn} "	213
13.2.4.3.-	Resistencia de los puntales de hormigón " F_{ns} "	214
13.2.4.4.-	Resistencia de los tensores " F_{nt} "	216
13.3.-	Nodos y zonas nodales	217
13.3.1.-	Generalidades	217
13.3.2.-	Tipos de zonas nodales	218
13.3.2.1.-	Zonas nodales hidrostáticas	218
13.3.2.2.-	Zonas nodales extendidas	218
13.3.2.3.-	Zonas nodales a las que concurren más de tres fuerzas	218
Ejemplo 13.I		221
	Calcular y adoptar las armaduras de la viga rectangular y verificar su aptitud general para resistir las cargas concentradas " V_u ".	
Ejemplo 13.II		232
	Calcular y adoptar las armaduras de la columna y de la ménsula, y verificar su aptitud general para resistir las cargas " V_u " y " H_u ".	
 ANEXO		
DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN		
(H-20, H-25, H-30, H-35, H-40, H-50)		
Parte I	Resistencia de secciones rectangulares con armadura simétrica sometidas a flexión compuesta recta	239
Parte II	Resistencia de secciones rectangulares con armaduras iguales en sus 4 lados sometidas a flexión compuesta recta	271
Parte III	Resistencia de secciones circulares sometidas a flexión compuesta recta	303
 BIBLIOGRAFÍAS		 335

