

INDICE DE MATERIAS

	<u>Página</u>
0. NOTACIONES Y UNIDADES	
0.1 Introducción	3
0.2 Construcción de símbolos	3
1.º Letra principal o letra guía	3
2.º Subíndices descriptivos	4
0.3 Letras mayúsculas romanas	4
0.4 Letras minúsculas romanas	6
0.5 Letras minúsculas griegas	7
0.6 Símbolos especiales	8
0.7 Unidades	8
0.8 Bibliografía	9
1. CEMENTOS	
1.1 Clasificación	11
1.2 Los cementos de la clase portland normal	13
1.º Generalidades	13
2.º Composición química	13
a) Oxido cálcico libre.	
b) Oxido magnésico.	
c) Trióxido de azufre.	
d) Pérdida al fuego.	
e) Residuo insoluble.	
f) Alcalis.	
3.º Composición potencial	16
a) Silicato tricálcico.	
b) Silicato bicálcico.	
c) Aluminato tricálcico.	
d) Aluminoferrito tetracálcico.	
4.º Características físicas y mecánicas	18
a) Finura de molido.	
b) Peso específico.	
c) Fraguado.	
d) Expansión en autoclave.	
e) Resistencia mecánica.	
5.º Cementos portland blanco y coloreados	20

	<i>Página</i>	
1.3	Otras clases de cementos	20
	1.º Los cementos PAS	20
	2.º Los cementos PUZ	21
	3.º Los cementos siderúrgicos	21
	a) Los cementos PS y PHA.	
	b) Los cementos SF.	
	4.º Los cementos de menor resistencia	23
	5.º El cemento aluminoso	23
	a) Naturaleza y composición.	
	b) Regresión de resistencias.	
1.4	Suministro y almacenamiento	25
1.5	Tablas de utilización práctica	25
1.6	Bibliografía	32
2.	AGUA, ARIDOS Y ADITIVOS	
2.1	Agua de amasado y agua de curado	33
	1.º Generalidades	33
	2.º Aguas perjudiciales y no perjudiciales	33
	3.º Agua del mar	35
	4.º Análisis del agua	35
2.2	Aridos	37
	1.º Generalidades	37
	2.º La arena	37
	3.º La grava	38
	4.º Granulometría de los áridos	38
	a) La parábola de Fuller.	
	b) La parábola de Bolomey.	
	c) El módulo granulométrico.	
2.3	Aditivos	44
	1.º Generalidades	44
	2.º Aceleradores	44
	3.º Retardadores	45
	4.º Plastificantes	46
	5.º Aireantes	47
	6.º Plastificantes-aireantes	48
	7.º Impermeabilizantes	49
	8.º Otros aditivos	50
2.4	Bibliografía	50
3.	DOSIFICACION DEL HORMIGON	
3.1	Generalidades	51
3.2	Determinación de la resistencia media	53
3.3	Determinación de la relación agua/cemento	54
3.4	Determinación del tamaño máximo del árido	55
3.5	Consistencia del hormigón.	
	Cantidades de agua y cemento	55
3.6	Composición granulométrica del árido total	57
	1.º Generalidades	57

	<u>Página</u>
2.º Procedimiento operatorio	58
3.º Relación con la resistencia del hormigón	60
4.º Método de Faury	60
3.7 Proporciones de la mezcla	60
3.8 Correcciones y ensayos	62
3.9 Métodos simplistas y dosificaciones tipo	63
1.º Cantidad de cemento	63
2.º Cantidad de áridos y agua	63
3.º Dosificaciones tipo	65
3.10 Ejemplo de dosificación	67
3.11 Bibliografía	70
4. PREPARACION Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGON	
4.1 Preparación del hormigón	71
1.º Amasado del hormigón	71
2.º Falso fraguado del hormigón	71
4.2 Transporte del hormigón	72
4.3 Empleo de hormigón preparado	73
1.º Generalidades	73
2.º Características específicas	73
4.4 Puesta en obra del hormigón	74
1.º Vertido y colocación	74
2.º Puesta en obra con bomba	75
3.º Compactación	77
4.5 Juntas de hormigonado	79
4.6 Hormigonado en tiempo frío	80
4.7 Hormigonado en tiempo caluroso	81
4.8 Curado del hormigón	82
1.º Generalidades	82
2.º Curado al vapor	83
3.º Otras precauciones	84
4.9 Encofrados	84
1.º Generalidades	84
2.º Presión del hormigón fresco sobre el encofrado	85
3.º Desencofrado	85
4.º Acabado de superficies	87
4.10 Bibliografía	87
5. PROPIEDADES DEL HORMIGON	
5.1 Propiedades del hormigón fresco	89
1.º Consistencia	89
2.º Docilidad	90
3.º Homogeneidad	91
4.º Peso específico	91
5.2 Propiedades del hormigón endurecido	91
1.º Peso específico	91
2.º Compacidad	92
3.º Permeabilidad	92

	<i>Página</i>
4.º Resistencia al desgaste	93
5.3 Retracción del hormigón	93
1.º El fenómeno	93
2.º Factores que influyen en la retracción	93
3.º Efectos de la retracción en elementos estructurales	94
4.º Cálculo del acortamiento por retracción	95
5.4 El hormigón y la temperatura	97
5.5 Características mecánicas del hormigón	99
1.º Resistencia característica del hormigón	99
2.º Resistencia del hormigón a tracción	101
3.º Resistencia del hormigón bajo un estado de tensión biaxial	102
5.6 Características reológicas del hormigón	102
1.º Clasificación de las deformaciones del hormigón	103
2.º Diagrama tensión-deformación del hormigón	104
3.º Módulo de deformación longitudinal del hormigón	106
4.º Coeficiente de Poisson	108
5.º Elongabilidad del hormigón	108
6.º Cálculo del acortamiento por fluencia	109
5.7 Durabilidad del hormigón	111
1.º Agresivos al hormigón	111
2.º Protecciones	113
5.8 Bibliografía	115
6. ENSAYOS DEL HORMIGON	
6.1 Generalidades y clasificación	117
6.2 Ensayos del hormigón fresco	118
1.º Ensayos de consistencia	118
a) Toma de muestras del hormigón fresco.	
b) Cono de Abrams.	
c) Mesa de sacudidas.	
d) Consistómetro Vebe.	
2.º Peso del hormigón por metro cúbico	120
3.º Contenido de aire ocluido	121
4.º Otros ensayos	121
6.3 Métodos RILEM de ensayos mecánicos	121
1.º Dominio de aplicación	121
2.º Toma de muestras del hormigón fresco	121
3.º Definición de las probetas y moldes	122
4.º Preparación de las probetas	122
5.º Acabado superficial y refrentado de las probetas	123
6.º Conservación de las probetas	123
7.º Métodos de ensayo de probetas de hormigón	124
8.º Método de ensayo a compresión	124
9.º Método de ensayo a flexión	125
10.º Método de ensayo indirecto de tracción	125
6.4 Equivalencia entre los distintos ensayos mecánicos de probetas en- moldadas	126
1.º Equivalencia entre distintas formas de probetas	126
2.º Equivalencia entre distintas edades	128

	<u>Página</u>
3.º Equivalencia entre distintas resistencias	129
6.5 Extracción y ensayo de probetas testigo	130
1.º Generalidades	130
2.º Dimensiones de las probetas	130
3.º Preparación y conservación de las probetas	131
4.º Evaluación de la resistencia	131
6.6 Ensayos no destructivos	132
1.º Métodos esclerométricos	132
2.º Métodos por velocidad de propagación	133
3.º Métodos por resonancia	135
4.º Métodos mixtos	137
5.º Métodos por absorción o difusión de isótopos radiactivos	137
6.7 Ensayos de control de calidad del hormigón	138
1.º Ensayos anteriores a la terminación de la obra	138
2.º Ensayos posteriores a la terminación de la obra	139
6.8 Bibliografía	141
7. ARMADURAS	
7.1 Generalidades	143
1.º Características geométricas	143
2.º Características mecánicas	144
a) Resistencia o carga unitaria de rotura.	
b) Límite elástico.	
c) Alargamiento de rotura.	
d) Ensayo de doblado.	
3.º Características de adherencia	145
7.2 Barras lisas de acero ordinario	147
7.3 Barras de adherencia mejorada	149
7.4 Tipos de aceros de alta resistencia	149
7.5 Características de los aceros de alta resistencia	152
1.º Características geométricas y adherentes	152
2.º Características mecánicas	153
7.6 Soldadura de aceros	155
1.º Métodos de soldeo	156
2.º Control de las soldaduras	157
3.º Recomendaciones de proyecto	158
7.7 Comportamiento a la fatiga de los aceros	158
7.8 Mallas metálicas electrosoldadas	159
7.9 Capacidades mecánicas de las armaduras	160
7.10 Bibliografía	166
8. EL HORMIGON ARMADO	
8.1 Introducción	167
8.2 La adherencia entre el hormigón y el acero	167
1.º Generalidades	167
2.º Influencia del tipo de hormigón	168
3.º Determinación de la tensión de adherencia	169
8.3 Disposiciones de las armaduras	170

	<i>Página</i>
1.º Generalidades	170
2.º Colocación de las armaduras	171
3.º Distancias entre barras	172
4.º Distancias a los paramentos	172
8.4 Doblado de las armaduras	173
8.5 Anclaje de las armaduras	174
1.º Generalidades	174
2.º Proceso de cálculo	176
3.º Ganchos y patillas normales	176
4.º Anclaje de barras lisas	177
5.º Anclaje de barras corrugadas	178
6.º Anclaje por armaduras transversales soldadas	179
7.º Anclaje por dispositivos especiales	180
8.º Anclaje de cercos	180
9.º Ejemplos de anclajes de barras	180
8.6 Empalme de las armaduras	180
1.º Generalidades	180
2.º Empalmes por solapo	181
3.º Empalmes por soldadura	183
4.º Empalmes por manguito	183
8.7 Organización de las armaduras en elementos de hormigón armado	183
1.º Generalidades	183
2.º Nudos y encuentros	184
3.º Piezas de trazado curvo	185
4.º Piezas con secciones delgadas	185
8.8 Bibliografía	186

9. CONTROL DE CALIDAD DE LAS OBRAS DE HORMIGON

9.1	Introducción	187
9.2	El control y la seguridad	188
9.3	Control de componentes del hormigón	188
	1.º Cemento	188
	2.º Agua	190
	3.º Aridos	190
	4.º Aditivos	190
9.4	Control del acero	191
	1.º Características mecánicas	191
	2.º Características de adherencia	192
	3.º Aptitud al soldeo	192
9.5	Control del hormigón fresco	192
9.6	Control de la resistencia del hormigón	192
	1.º Introducción y definiciones	193
	2.º Extensión del lote y constitución de la muestra	193
	3.º Niveles de control	194
	a) Nivel inferior.	
	b) Nivel intermedio.	
	c) Nivel superior.	
	4.º Decisiones derivadas de los ensayos	196

	<u>Página</u>
5.º Caso de extracción de probetas testigo	197
6.º Otras recomendaciones	197
9.7 Estimadores y curvas de eficacia	198
9.8 Control de la ejecución	201
1.º Condiciones de ejecución del hormigón	201
2.º Niveles de control	202
3.º Tolerancias de ejecución	202
a) Tolerancias de replanteo y cimentaciones.	
b) Tolerancias de ferralla.	
c) Tolerancias en secciones de hormigón.	
d) Desplomes en soportes.	
e) Diferencia de cotas.	
f) Acabado de superficies.	
9.9 Repercusiones en la seguridad de los elementos	205
9.10 Pruebas de las obras	206
1.º Generalidades	206
2.º Pruebas de carga	207
9.11 Bibliografía	209

10. METODOS DE CALCULO. LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS

10.1 Introducción	211
1.º Cálculo de estructuras en general	211
2.º Cálculo de estructuras de hormigón armado	212
10.2 Limitaciones del método de tensiones admisibles	213
10.3 Método de los estados límites	214
1.º Definición de estados límites	214
2.º Magnitudes aleatorias. Valores característicos y de cálculo	214
3.º Determinación de la seguridad	216
10.4 Definición de los valores característicos y de cálculo. Valores de los coeficientes de seguridad	217
1.º Resistencia característica del hormigón	217
2.º Resistencia característica del acero	218
3.º Valores característicos de las acciones	219
4.º Resistencia de cálculo del hormigón	219
5.º Resistencia de cálculo del acero	220
6.º Valores de cálculo de las acciones	221
10.5 Hipótesis de carga	221
10.6 Comprobaciones que deben realizarse	222
10.7 Análisis del proceso de rotura bajo tensiones normales	225
1.º Roturas por flexión	225
2.º Roturas por compresión	228
3.º Roturas por tracción	229
10.8 Cuantías límites de armaduras	229
1.º Cuantía mínima en flexión	229
2.º Cuantía máxima en flexión	231
3.º Cuantías límites en compresión	231
10.9 Bibliografía	232

11. CALCULO DE SECCIONES. METODO CLASICO

11.1	Generalidades	233
11.2	Hipótesis básicas	234
	1.º Tensiones admisibles	234
	2.º Secciones planas	234
	3.º Diagrama tensión-deformación del hormigón	234
	4.º Diagrama tensión-deformación del acero	235
	5.º Equilibrio	235
11.3	Valores de las tensiones admisibles. Normas ACI y DIN	235
11.4	Definiciones relativas al cálculo de secciones	237
11.5	Flexión simple	240
	1.º Sección cualquiera. Ecuaciones de equilibrio	240
	2.º Sección cualquiera. Comprobación	241
	3.º Sección cualquiera. Dimensionamiento	241
	4.º Sección rectangular. Ecuaciones de equilibrio	242
	5.º Sección rectangular. Comprobación	243
	6.º Sección rectangular. Dimensionamiento	243
	a) Canto mínimo sin armadura de compresión.	
	b) Altura peraltada.	
	c) Altura rebajada.	
11.6	Flexión compuesta	245
	1.º Sección cualquiera. Ecuaciones de equilibrio	245
	2.º Sección cualquiera. Comprobación	245
	3.º Sección cualquiera. Dimensionamiento	246
	4.º Sección rectangular sometida a flexión compuesta	246
11.7	Compresión compuesta	247
	1.º Sección cualquiera	247
	2.º Sección rectangular simétrica	247
11.8	Compresión simple	248
11.9	Tracción simple	250
11.10	Tracción compuesta	251
11.11	Flexión esviada	252
	1.º Sección cualquiera	252
	2.º Sección rectangular en flexión simple esviada	253
	3.º Sección rectangular en flexión o compresión compuesta esviada	253
11.12	Ejemplos	254
11.13	Bibliografía	256

12. CALCULO EN AGOTAMIENTO. ESTUDIO GENERAL

12.1	Consideraciones generales	259
12.2	Bases de cálculo	260
	1.º Caracterización del estado límite último	260
	2.º Compatibilidad de deformaciones	260
	3.º Diagramas tensión-deformación del hormigón	260
	a) Diagrama parábola-rectángulo.	
	b) Diagrama rectangular de cálculo.	
	c) Otros diagramas de cálculo.	

	<u>Página</u>
4.º Diagramas tensión-deformación de los aceros	261
a) Para los aceros de dureza natural.	
b) Para los aceros deformados en frío.	
5.º Condiciones de equilibrio	262
12.3 Dominios de deformación de las secciones, en el estado límite último de agotamiento resistente	263
12.4 Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad	264
1.º Tracción simple o compuesta	265
2.º Flexión simple o compuesta	265
3.º Compresión simple o compuesta	266
12.5 Bibliografía correspondiente a los Capítulos 12, 13, 14, 15, 16 y 17	268
13. SECCIONES RECTANGULARES CON DIAGRAMA PARABOLA-RECTANGULO. ACEROS DE DUREZA NATURAL	
13.1 Generalidades	271
13.2 Ecuaciones de equilibrio y compatibilidad de deformaciones	271
1.º Tracción simple o compuesta	272
2.º Flexión simple o compuesta	272
3.º Compresión simple o compuesta	276
13.3 Ecuaciones adimensionales	278
1.º Flexión simple o compuesta. Dominios 2, 3 y 4	278
2.º Flexión compuesta. Dominio 4a	278
3.º Compresión compuesta. Dominio 5	279
13.4 Tablas Universales de Cálculo	279
1.º Tabla Universal de flexión simple o compuesta	279
2.º Tabla Universal para esfuerzos de compresión con pequeñas excentricidades	281
13.5 Flexión simple	281
1.º Ecuaciones de equilibrio	281
2.º Dimensionamiento de secciones	283
a) Canto mínimo sin armadura de compresión.	
b) Canto superior al mínimo.	
c) Canto inferior al mínimo.	
3.º Comprobación de secciones	286
13.6 Flexión compuesta	287
1.º Dimensionamiento de secciones	287
2.º Comprobación de secciones	289
13.7 Compresión con débiles excentricidades	289
1.º Dimensionamiento óptimo de secciones	290
2.º Comprobación de secciones	290
13.8 Tracción compuesta	291
1.º Dimensionamiento	291
2.º Comprobación	292
13.9 Diagramas de interacción	292
13.10 Ejemplos de flexión simple	293
13.11 Ejemplos de flexión compuesta	294
13.12 Ejemplos de compresión compuesta	295
13.13 Bibliografía	296

14. SECCIONES RECTANGULARES CON DIAGRAMA PARABOLA-RECTANGULO. ACEROS DEFORMADOS EN FRIO		
14.1	Consideraciones generales	297
14.2	Ecuaciones adimensionales	297
	1.º Flexión simple o compuesta. Dominios 2, 3 y 4	297
	2.º Flexión compuesta. Dominio 4a	299
	3.º Compresión compuesta. Dominio 5	299
14.3	Tablas Universales de cálculo	300
	1.º Tabla Universal de flexión simple o compuesta	300
	2.º Tabla Universal para esfuerzos de compresión con pequeñas ex- centricidades	300
14.4	Flexión simple	303
	1.º Dimensionamiento de secciones	303
	a) Canto mínimo sin armadura de compresión.	
	b) Canto superior al mínimo.	
	c) Canto inferior al mínimo.	
	2.º Comprobación de secciones	305
14.5	Flexión compuesta	306
	1.º Dimensionamiento de secciones	306
	2.º Comprobación de secciones	306
14.6	Compresión con débiles excentricidades	306
	1.º Dimensionamiento óptimo de secciones	307
	2.º Comprobación de secciones	307
14.7	Tracción compuesta	308
14.8	Diagramas de interacción	308
14.9	Ejemplos de flexión simple	308
14.10	Ejemplos de flexión compuesta	309
14.11	Ejemplos de compresión compuesta	310
14.12	Bibliografía	311
15. METODOS SIMPLIFICADOS DE CALCULO EN FLEXION- COMPRESION		
15.1	Método del diagrama rectangular	313
	1.º Consideraciones generales	313
	2.º Ecuaciones de equilibrio	313
15.2	Flexión simple con diagrama rectangular. Aceros de dureza natural	317
	1.º Dimensionamiento de secciones rectangulares	317
	a) Canto mínimo sin armadura de compresión.	
	b) Canto superior al mínimo.	
	c) Canto inferior al mínimo.	
	2.º Comprobación de secciones rectangulares	318
15.3	Flexión o compresión compuesta con diagrama rectangular. Aceros de dureza natural	319
	1.º Dimensionamiento de secciones rectangulares	319
	a) Grandes excentricidades.	
	b) Pequeñas excentricidades.	
	2.º Comprobación de secciones rectangulares	320

	<u>Página</u>	
15.4	Método simplificado del momento tope. Fundamentos.....	320
15.5	Método del momento tope. Secciones rectangulares.....	322
	1.º Ecuaciones de equilibrio.....	322
	2.º Dimensionamiento en flexión simple.....	323
	a) Canto mínimo sin armadura de compresión.	
	b) Canto superior al mínimo.	
	c) Canto inferior al mínimo.	
	3.º Dimensionamiento en flexión o compresión compuesta.....	324
	a) Determinación de la armadura de compresión.	
	b) Determinación de la armadura de tracción o menos comprimida.	
15.6	Fórmulas aproximadas para secciones rectangulares.....	324
	1.º Notaciones para armaduras asimétricas.....	325
	2.º Dimensionamiento con aceros de dureza natural (Armaduras asimétricas).....	325
	3.º Dimensionamiento con aceros deformados en frío (Armaduras asimétricas).....	325
	4.º Notaciones para armaduras simétricas.....	325
	5.º Comprobación y dimensionamiento de secciones rectangulares con armaduras simétricas.....	326
	a) Aceros de dureza natural.	
	b) Aceros deformados en frío.	
15.7	Ejemplos de flexión simple. Métodos simplificados.....	326
15.8	Ejemplos de flexión compuesta. Métodos simplificados.....	328
15.9	Ejemplos de compresión compuesta. Métodos simplificados.....	329
15.10	Bibliografía.....	330
16.	ESTUDIO DE LAS SECCIONES EN T. SECCIONES DE FORMAS ESPECIALES	
16.1	Secciones en T. Generalidades.....	331
16.2	Ecuaciones de equilibrio de las secciones en T.....	335
16.3	Secciones en T sometidas a flexión simple. Aceros de dureza natural.....	335
	1.º Ecuaciones de equilibrio.....	335
	2.º Dimensionamiento.....	336
	3.º Comprobación.....	337
16.4	Secciones en T sometidas a flexión simple. Dimensionamiento con aceros deformados en frío.....	338
16.5	Secciones de formas especiales.....	339
16.6	Ejemplos de aplicación.....	340
16.7	Bibliografía.....	340
17.	FLEXION ESVIADA	
17.1	Generalidades.....	341
17.2	Comprobación de una sección cualquiera.....	341
	1.º Método numérico.....	342
	2.º Método gráfico.....	343
17.3	Sección rectangular con armadura simétrica (pilares).....	343
	1.º Abacos adimensionales en roseta.....	345
	2.º Reducción a flexión recta.....	347

	<i>Página</i>	
17.4	Sección rectangular con armadura asimétrica (vigas).....	348
	1.º Dimensionamiento en tracción simple.....	349
	2.º Dimensionamiento en compresión simple.....	350
	3.º Dimensionamiento diagonal.....	350
	4.º Dimensionamiento recto.....	351
17.5	Métodos aproximados para otras formas de sección.....	353
	1.º Simplificación de la sección.....	353
	2.º Simplificación de la disposición de armaduras.....	354
	3.º Reducción a otras dos sollicitaciones.....	354
	4.º Afinidad de secciones.....	354
17.6	Métodos tradicionales.....	355
	a) Método de superposición.....	355
	b) Método de la Instrucción rusa.....	355
	c) Método de Jakobsen.....	355
	d) Método de las hiperelipses.....	355
17.7	Ejemplos.....	355
17.8	Bibliografía.....	357
18.	SOPORTES DE HORMIGON ARMADO. COMPRESION SIMPLE. PANDEO	
18.1	Consideraciones generales.....	359
18.2	Compresión simple.....	360
	1.º Excentricidad mínima de cálculo.....	360
	2.º Contribución del hormigón y del acero.....	361
	3.º Evolución de las fórmulas de compresión simple.....	362
	a) Fórmula clásica europea.	
	b) Fórmula alemana de 1943.	
	c) Fórmula ACI de 1963.	
	d) Fórmula del CEB de 1964.	
	e) Fórmula de la excentricidad ficticia mínima.	
	4.º Fórmulas prácticas.....	363
18.3	Disposiciones relativas a las armaduras.....	364
	1.º Armaduras longitudinales.....	364
	2.º Cuantías límites.....	366
	3.º Armaduras transversales.....	366
18.4	Hormigón zunchado.....	367
18.5	Soportes compuestos.....	370
18.6	Pandeo de piezas comprimidas de hormigón armado.....	372
	1.º Ideas previas.....	372
	2.º Método general.....	374
	3.º Método aproximado de la Instrucción española.....	375
	4.º Pandeo en flexión esviada.....	376
18.7	Ejemplos de aplicación.....	378
18.8	Bibliografía.....	379
19.	ESFUERZOS CORTANTES Y TORSION	
19.1	Generalidades.....	381
19.2	Comportamiento básico del hormigón. Cálculo de tensiones tangenciales.....	383

	<u>Página</u>
1.º Hormigón sin fisurar en servicio	383
2.º Hormigón fisurado en servicio	385
3.º Hormigón en rotura	385
4.º Tensiones principales	386
5.º Tensiones en las alas de secciones en T	388
19.3 Comportamiento básico de las armaduras transversales	389
1.º Generalidades. Analogía de la celosía	389
2.º Cortante resistido por las armaduras transversales	390
3.º Compresiones en el hormigón del alma	391
4.º Desplazamiento de la ley de esfuerzos	392
19.4 Dimensionamiento por el método clásico (tensiones admisibles)	394
1.º Generalidades	394
2.º Tensiones admisibles y casos de dimensionamiento	394
19.5 Dimensionamiento por el método en rotura (estado límite último)	397
1.º Generalidades	397
2.º Contribución del hormigón	398
3.º Contribución de las armaduras. Cálculo de estribos y barras levantadas	399
4.º Limitaciones	400
a) Cuantías mínimas.	
b) Agotamiento por compresión oblicua del hormigón del alma.	
19.6 Organización y disposición de las armaduras transversales	405
1.º Generalidades	405
2.º Disposiciones relativas a los estribos	406
3.º Disposiciones relativas a las barras levantadas	407
4.º Otras disposiciones de armaduras transversales	408
19.7 Práctica del armado de vigas y ejempls	409
1.º Armaduras longitudinales	409
2.º Armaduras transversales	410
3.º Ejemplo 1.º	412
4.º Ejemplo 2.º	412
19.8 Casos especiales de piezas, cargas y apoyos	413
1.º Pieza de canto variable	413
2.º Secciones en T y doble T	415
3.º Apoyos y cargas indirectos	416
4.º Vigas cortas	417
5.º Cargas concentradas próximas a los apoyos	418
6.º Ménsulas cortas	419
7.º Vigas de gran canto (vigas pared)	420
8.º Placas	420
19.9 Deslizamiento de las armaduras	420
 TORSION	
19.10 Generalidades	422
19.11 Comportamiento básico del hormigón: Cálculo de tensiones tangenciales	423
19.12 Comportamiento básico de las armaduras: Analogía de la celosía	426
19.13 Dimensionamiento por el método clásico (tensiones admisibles)	428

	<i>Página</i>
1.º Torsión pura	428
2.º Torsión con flexión	429
19.14 Dimensionamiento por el método en rotura (estado límite último)	429
1.º Instrucción española	429
2.º Recomendaciones del CEB	430
19.15 Organización y disposición de las armaduras	432
19.16 Bibliografía	434
20. ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO. FISURACION Y DEFORMACIONES. PATOLOGIA DEL HORMIGON	
20.1 Los estados límites de utilización	437
20.2 Estudio teórico de la fisuración	438
1.º Introducción	438
2.º Valores límites del ancho de fisuras	438
3.º Anchura previsible de fisuras	439
a) Formación sistemática de fisuras.	
b) Aparición sucesiva de fisuras.	
c) Cálculo de la distancia entre fisuras.	
d) Influencia del recubrimiento.	
e) Anchura de fisuras.	
f) Fisuración no sistemática.	
g) Conclusión.	
20.3 Fórmulas prácticas de fisuración bajo tensiones normales	442
1.º Recomendaciones previas	442
2.º Casos ordinarios	443
3.º Fórmulas europeas	443
4.º Fórmulas americanas	445
20.4 Fisuración bajo tensiones tangenciales	445
20.5 Estados límites de deformación	446
20.6 Valores límites admisibles para las flechas	446
1.º Normas españolas	447
2.º Recomendaciones CEB-FIP 1970	448
3.º Otras normas	448
20.7 Cálculo de flechas originadas por la flexión	449
1.º Flechas instantáneas	449
2.º Flechas diferidas	451
20.8 Otras deformaciones	454
20.9 Patología del hormigón armado	455
1.º Tipos de fisuras	456
a) Fisuras de afogado.	
b) Otras fisuras en estado plástico.	
c) Fisuras de retracción.	
d) Fisuras de origen térmico.	
e) Fisuras por corrosión de las armaduras.	
f) Fisuras por la acción de las cargas.	
g) Fisuras por errores de proyecto o ejecución.	
2.º Actuaciones recomendadas	463
20.10 Bibliografía	464

	<u>Página</u>
21. CIMENTACIONES DE HORMIGON ARMADO	
21.1 Generalidades	467
21.2 Zapatas	468
1.º Tipos de zapatas	468
2.º Carga admisible sobre el terreno	469
3.º Asientos admisibles y previsibles	470
4.º Comprobación al vuelco y al deslizamiento	472
5.º Distribución de tensiones del terreno	472
a) Zapata continua bajo muro.	
b) Zapata continua bajo pilares.	
c) Zapata aislada rectangular.	
6.º Dimensionamiento	477
a) Generalidades.	
b) Zapata continua bajo muro.	
c) Zapata continua bajo pilares.	
d) Zapata aislada.	
e) Zapata combinada.	
21.3 Losas de cimentación	483
1.º Tipos de losas	483
2.º Estabilidad y asientos	484
3.º Distribución de tensiones y cálculo de esfuerzos	485
4.º Dimensionamiento	486
21.4 Pilotajes	487
1.º Tipos de pilotes y pilotajes	487
2.º Capacidad de carga de un pilote y de un pilotaje	489
3.º Cálculo de esfuerzos en los pilotes	490
4.º Dimensionamiento de pilotes	492
5.º Dimensionamiento de pilotajes	493
21.5 Bibliografía	496
22. CARGAS CONCENTRADAS SOBRE MACIZOS, APOYOS Y ROTULAS. VIGAS DE GRAN CANTO	
22.1 Cargas concentradas sobre macizos	497
22.2 Generalidades sobre articulaciones	499
22.3 Articulaciones metálicas	501
1.º Articulaciones fijas	501
2.º Articulaciones deslizantes	501
22.4 Articulaciones de hormigón armado	502
1.º Introducción	502
2.º Articulaciones tipo Mesnager	504
3.º Articulaciones tipo Freyssinet	504
a) Dimensionamiento de la rótula.	
b) Armaduras.	
c) Recomendaciones para el cálculo.	
22.5 Apoyos de material elastomérico	507
22.6 Vigas de gran canto	509
1.º Generalidades	509
2.º Limitaciones	509

	<i>Página</i>
3.º Armaduras longitudinales principales	510
a) Viga de gran canto simplemente apoyada.	
b) Viga de gran canto continua.	
4.º Armaduras de alma	511
a) Cargas directas.	
b) Cargas colgadas.	
c) Cargas indirectas.	
5.º Zonas de apoyo	513
a) Cálculo y dimensionamiento.	
b) Cargas concentradas sobre los apoyos.	
22.7 Bibliografía	514

23. PLACAS DE HORMIGON ARMADO

23.1 Generalidades	515
23.2 Métodos clásicos. Ecuación diferencial de las placas	516
23.3 Métodos clásicos. Cálculos por diferencias finitas	518
23.4 Métodos clásicos. Método de los elementos finitos y asimilación a un emparrillado	519
1.º Método de los elementos finitos	520
2.º Asimilación a un emparrillado	521
23.5 Métodos clásicos. Métodos simplificados	521
1.º Método de Marcus	521
2.º Método del ancho eficaz para cargas concentradas	522
3.º Cálculo aproximado de esfuerzos en placas continuas	523
4.º Cálculo de las reacciones sobre elementos sustentantes	524
23.6 Métodos clásicos. Tablas para el cálculo de esfuerzos y disposición de las armaduras	524
1.º Tablas para el cálculo de esfuerzos	524
2.º Disposición de las armaduras	525
23.7 Método de las líneas de rotura. Bases del método	532
23.8 Método de las líneas de rotura. Fuerzas nodales	536
23.9 Método de las líneas de rotura. Obtención de la configuración de rotura	538
1.º Método del equilibrio	538
2.º Método de los trabajos virtuales	539
3.º Método aproximado de tanteos sucesivos	541
23.10 Método de las líneas de rotura. Método de la afinidad para placas ortótropas	542
23.11 Método de las líneas de rotura. Estudio de los ángulos	543
23.12 Método de las líneas de rotura. Cargas concentradas	544
23.13 Método de las líneas de rotura. Formulario para el proyecto de placas y disposición de las armaduras	546
1.º Generalidades	546
2.º Placa rectangular apoyada en todo su contorno. Carga uniforme	550
3.º Placa rectangular empotrada en un lado mayor y apoyada en los otros tres. Carga uniforme	551
4.º Placa rectangular empotrada en un lado menor y apoyada en los otros tres. Carga uniforme	552

5.º Placa rectangular empotrada en los dos lados mayores y apoyada en los otros dos. Carga uniforme	553
6.º Placa rectangular empotrada en los dos lados menores y apoyada en los otros dos. Carga uniforme	554
7.º Placa rectangular empotrada en dos lados adyacentes y apoyada en los otros dos. Carga uniforme	555
8.º Placa rectangular apoyada en un lado mayor y empotrada en los otros tres. Carga uniforme	556
9.º Placa rectangular apoyada en un lado menor y empotrada en los otros tres. Carga uniforme	557
10.º Placa rectangular empotrada en todo su contorno. Carga uniforme	558
11.º Placa rectangular con dos lados adyacentes libres y los otros dos empotrados. Carga uniforme	559
12.º Placa rectangular con un lado mayor libre y los otros tres empotrados. Carga uniforme	560
13.º Placa rectangular con un lado menor libre y los otros tres empotrados. Carga uniforme	561
14.º Placa rectangular con un lado libre y los otros tres empotrados. Carga triangular	562
15.º Placa rectangular con sus lados empotrados o apoyados. Carga concentrada	562
16.º Placa rectangular apoyada en todo su contorno. Cargas repartidas en zonas rectangulares	563
17.º Placas poligonales regulares con armaduras cruzadas ortogonales iguales en ambas direcciones	564
18.º Placas circulares	565
19.º Placas oblicuas	567
20.º Placas trapezoidales	567
23.14 Placas continuas sobre apoyos aislados	568
1.º Definiciones	568
2.º Dimensiones de los elementos	570
3.º Obtención de los esfuerzos. Método directo	572
4.º Obtención de los esfuerzos. Método de los pórticos virtuales	576
5.º Reparto de los momentos de referencia entre las bandas	577
6.º Cálculo de los soportes	579
7.º Disposición de las armaduras	579
8.º Aberturas	580
23.15 Punzonamiento de placas	583
1.º Instrucción española	583
2.º Recomendaciones del CEB	584
23.16 Bibliografía	586
24. CALCULO DE MEMBRANAS Y PAREDES DE DEPOSITOS	
24.1 Generalidades	589
24.2 Láminas y membranas	589
24.3 Formas estructurales	592
24.4 Ecuaciones del estado de membrana	595
24.5 Esfuerzos principales	599

	<i>Página</i>	
24.6	Membranas en paraboloides hiperbólicos	600
	1.º Ecuaciones de equilibrio	602
	2.º Carga uniformemente repartida en proyección horizontal	603
	3.º Carga uniforme sobre la superficie alabeada	605
	4.º Carga proporcional a z (relleno)	607
	5.º Estructuras compuestas por paraboloides hiperbólicos	608
24.7	Membranas de revolución	610
	1.º Cúpula esférica sometida al peso propio	612
	2.º Cúpula esférica sometida a la acción de la nieve	613
	3.º Cúpula esférica sometida a la presión hidrostática	614
	4.º Cúpulas esféricas abiertas o con linterna	615
	a) Cúpula esférica abierta sometida al peso propio.	
	b) Cúpula esférica abierta sometida a la carga de la nieve.	
	c) Cúpula esférica con linterna sometida al peso propio.	
	5.º Membrana cónica sometida al peso propio	616
	6.º Membrana cónica sometida a presión hidrostática	617
24.8	Cálculo de depósitos cilíndricos	617
24.9	Otros tipos de depósitos	624
24.10	Formulario para el cálculo de membranas	626
	1.º Cúpulas	626
	2.º Paraboloides hiperbólicos	628
	3.º Membranas cónicas	629
24.11	Bibliografía	630
25.	FORMULARIO PARA EL CALCULO DE ESTRUCTURAS	
25.1	Acciones sobre las estructuras	631
25.2	Efectos originados por las acciones. Solicitaciones	632
25.3	Hipótesis de carga más desfavorable	633
25.4	Comprobaciones que deben realizarse en las estructuras	635
25.5	Método simplificado para el cálculo de estructuras de edificios, con cargas verticales	635
25.6	Método práctico para el cálculo de pórticos múltiples	638
	1.º Método de cálculo	638
	2.º Momentos de nudo en los tramos intermedios	639
	3.º Momentos en los nudos extremos	639
	4.º Momentos en los nudos inmediatos a los extremos	640
	Formulario para vigas apoyadas	642
	Formulario para vigas empotradas	646
	Formulario para vigas apoyadas empotradas	650
	Formulario para vigas en voladizo	656
NORMA MV 101-1962. ACCIONES EN LA EDIFICACION		
1.	Generalidades	661
2.	Acciones gravitatorias	664
3.	Sobrecargas de uso	670
4.	Sobrecargas de nieve	672
5.	Acciones del viento	674
6.	Acciones térmicas y reológicas	677

	<u>Página</u>
7. Acciones sísmicas	678
8. Presiones en terreno de cimentación	682
9. Empujes del terreno	685
INDICE ALFABETICO	697