



Índice general.

Prólogo	XIII
Prefacio	XV

1. Conceptos fundamentales.

1.1. Introducción	1
1.2. Fuerza. Concepto	1
1.3. Fuerza. Representación	2
1.4. Sistemas de fuerzas	4
1.5. Los principios de la Estática	4
1.6. Momento estático de una fuerza	10
1.7. Representación vectorial del momento de una fuerza	12
1.8. Teorema de Varignon	12
1.9. Pares de fuerzas	14
1.10. Resultante de un par	17
1.11. Representación vectorial de los pares de fuerzas	18
1.12. Traslación de fuerzas	19
1.13. Composición de una fuerza con un par	20
1.14. Representación analítica de las fuerzas	21
1.15. Signo de las fuerzas	23
1.16. Proyección de un par sobre un eje coordenado	24
1.17. Expresión analítica del momento de una fuerza respecto de un punto	24

2. Sistemas planos de fuerzas.

2.1. Fuerzas concurrentes en el plano	27
2.1.1. Reducción de sistemas de fuerzas concurrentes	27
2.1.2. Descomposición de una fuerza en dos direcciones concurrentes con su punto de aplicación	29
2.1.3. Descomposición de una fuerza en tres componentes	32
2.1.4. Equilibrio de fuerzas concurrentes	33
2.1.5. Reducción de sistemas. Solución analítica	34
2.1.6. Descomposición de fuerzas. Solución analítica	39
2.1.7. Equilibrio de sistemas de fuerzas concurrentes. Condiciones analíticas necesarias y suficientes	40

2.2.	Fuerzas no concurrentes en el plano	44
2.2.1.	Reducción de sistemas no concurrentes	44
2.2.2.	Polígono funicular	45
2.2.3.	Propiedades de los polígonos funiculares	47
2.2.4.	Polígono funicular que pasa por tres puntos dados del plano	56
2.2.5.	Aplicación del polígono funicular a la determinación gráfica del momento de una fuerza con respecto a un punto	61
2.2.6.	Pares de fuerzas	64
2.2.7.	Equilibrio de sistemas no concurrentes	65
2.2.8.	Casos particulares de polígonos funiculares	65
2.2.9.	Determinación analítica de la resultante de un sistema de fuerzas no concurrentes	66
2.2.10.	Casos especiales de reducción de sistemas de fuerzas no concurrentes. Pares. Equilibrio	76
2.2.11.	Condiciones analíticas, necesarias y suficientes para el equilibrio de un sistema de fuerzas no concurrentes	76
2.2.12.	Descomposición de sistemas no concurrentes. Solución gráfica de Culmann	80
2.2.13.	Descomposición de sistemas no concurrentes. Solución gráfico-numérica de Ritter	82
2.2.14.	Descomposición de sistemas no concurrentes. Solución analítica	85
2.2.15.	Casos particulares de descomposición de una fuerza en tres componentes	86
2.2.16.	Aplicación del polígono funicular a un caso particular de descomposición de una fuerza en dos componentes	91
2.3.	Fuerzas paralelas en el plano	93
2.3.1.	Reducción de sistemas de fuerzas paralelas	93
2.3.2.	Descomposición (Equilibrio) de fuerzas paralelas	97
2.3.3.	Determinación analítica de la resultante de un sistema de fuerzas paralelas. Equilibrio	99
2.3.4.	Condiciones analíticas para el equilibrio de un sistema de fuerzas paralelas	101
2.3.5.	Centro de fuerzas paralelas	103

3.

Sistemas espaciales de fuerzas.

3.1.	Fuerzas concurrentes en el espacio	109
3.1.1.	Composición gráfica de fuerzas concurrentes en el espacio	109
3.1.2.	Equilibrio y descomposición de fuerzas concurrentes en el espacio. Solución gráfica	111
3.1.3.	Composición analítica de fuerzas concurrentes en el espacio	112
3.1.4.	Momento de una fuerza respecto de un eje	115
3.1.5.	Expresión analítica del momento de una fuerza respecto de un eje	120
3.1.6.	Descomposición de una fuerza en tres direcciones concurrentes a un punto de su recta de acción y no coplanares con la misma	122
3.1.7.	Condiciones analíticas necesarias y suficientes para el equilibrio de un sistema de fuerzas concurrentes en el espacio	128
3.2.	Pares de fuerzas en el espacio	133
3.2.1.	Traslación de pares de fuerzas	133

3.2.2.	Composición de pares que actúan en planos no paralelos	135
3.2.3.	Representación vectorial de los pares de fuerzas	136
3.2.4.	Composición analítica de pares de fuerzas	137
3.2.5.	Condiciones analíticas de equilibrio de sistemas de pares en el espacio	139
3.3.	Fuerzas paralelas en el espacio	141
3.3.1.	Resultante de un sistema de fuerzas paralelas en el espacio	141
3.3.2.	Reducción de sistemas de fuerzas paralelas en el espacio. Solución analítica.	142
3.3.3.	Centro de fuerzas paralelas en el espacio	144
3.4.	Fuerzas no concurrentes en el espacio	147
3.4.1.	Reducción de sistemas de fuerzas no concurrentes en el espacio	147
3.4.2.	Reducción de sistemas de fuerzas espaciales. Solución analítica	155
3.4.3.	Condiciones analíticas, necesarias y suficientes, para el equilibrio de un sistema de fuerzas espaciales no concurrentes	158
3.4.4.	Descomposición de una fuerza en seis componentes en el espacio	161

4. Geometría de las masas.

4.1.	Baricentros	165
4.1.1.	Centros de masas	165
4.1.2.	Determinación gráfica del momento estático con respecto a un eje de un conjunto discreto de masas plano	169
4.1.3.	Conjuntos continuos de masas. Baricentro	172
4.1.4.	Baricentros de líneas y superficies	173
4.1.5.	Determinación de baricentros de líneas	177
4.1.6.	Determinación de baricentros de la superficie de las figuras más importantes	182
4.1.7.	Teoremas de Pappus	189
4.2.	Momentos de segundo orden de superficies	191
4.2.1.	Definiciones	191
4.2.2.	Momentos de segundo orden de superficies con respecto a ejes paralelos	194
4.2.3.	Momentos de inercia y radios de giro polares	197
4.2.4.	Momentos de segundo orden con respecto a ejes de un mismo origen	199
4.2.5.	Ejes principales de inercia	201
4.2.6.	Momentos de segundo orden respecto de ejes oblicuos	204
4.2.7.	Determinación de momentos de inercia de figuras de contorno irregular	206
4.2.8.	Momentos de inercia de figuras geométricas	212
4.2.9.	Radios de giro	219
4.2.10.	Determinación del momento centrífugo del triángulo respecto de un par de ejes ortogonales	221
4.2.11.	Determinación del momento centrífugo de una superficie de contorno irregular	222
4.2.12.	Determinación gráfica exacta del momento de inercia de una figura geométrica compuesta	225
4.2.13.	Interpretación gráfica de las fórmulas para giro de ejes. Circunferencia de Mohr	228

5. Fuerzas distribuidas.

5.1.	Generalidades	241
5.2.	Fuerza distribuida normalmente a una superficie. Concepto de intensidad de carga	241
5.3.	Fuerzas paralelas distribuidas a lo largo de una línea	243
5.4.	Resultante de una fuerza distribuida sobre una línea	245
5.5.	Curva funicular. Trazado gráfico por puntos y tangentes	247
5.6.	Determinación analítica de la curva funicular	249
5.7.	Ecuación diferencial de la curva funicular de una carga distribuida, paralela	257
5.8.	Tensión de la curva funicular	259

6. Equilibrio de cuerpos vinculados.

6.1.	Los sistemas planos vinculados	261
6.1.1.	Generalidades	261
6.1.2.	Chapas; concepto	261
6.1.3.	Grados de libertad	262
6.1.4.	Desplazamientos de una chapa	265
6.1.5.	Vínculos	268
6.1.6.	El equilibrio de la chapa vinculada. Reacciones de vínculo	273
6.1.7.	Determinación de las reacciones de vínculo en sistemas de una chapa. Solución gráfica	277
6.1.8.	Determinación de las reacciones de vínculo en un sistema de una chapa. Solución analítica	280
6.1.9.	Cadenas cinemáticas	286
6.1.10.	Cadenas cinemáticas de dos chapas. Determinación de las reacciones de vínculo	289
6.1.11.	Arco a tres articulaciones	297
6.1.12.	Cadenas cinemáticas de tres chapas	303
6.1.13.	Cadenas cinemáticas de más de tres chapas	308
6.1.14.	Cadenas cinemáticas cerradas	309
6.2.	Los sistemas espaciales vinculados	321
6.2.1.	Grados de libertad de un sólido en el espacio	321
6.2.2.	Vinculación de sólidos en el espacio	323
6.2.3.	El sólido isostáticamente sustentado	326
6.2.4.	Determinación de las reacciones de vínculo en el espacio. Solución analítica	330
6.2.5.	Determinación gráfica de las reacciones de vínculo en el espacio	333

7. Sistemas de reticulado.

7.1.	Los sistemas de reticulado en el plano	337
7.1.1.	Definiciones	337
7.1.2.	Sistemas de reticulado. Su generación	338
7.1.3.	Condición de rigidez. Relación entre el número de barras y de vértices	340
7.1.4.	Distintos tipos de reticulados planos	344
7.1.5.	Determinación de esfuerzos en barras. Método de Culmann	347

7.1.6.	Determinación de esfuerzos en barras. Método de Ritter	350
7.1.7.	Utilización del polígono funicular para la aplicación de los métodos de Culmann y Ritter	355
7.1.8.	Determinación analítica de los esfuerzos en barras de reticulados	358
7.1.9.	Determinación de los esfuerzos mediante el diagrama de Maxwell-Cremona	359
7.1.10.	El método de Henneberg o de falsa posición	366
7.2.	Los sistemas de reticulado espaciales	369
7.2.1.	Generación de los reticulados espaciales	369
7.2.2.	Condición de rigidez del anillo de base	371
7.2.3.	Cúpulas de configuración simple. Cúpula de Schwedler	378
7.2.4.	Determinación de los esfuerzos en las barras de los reticulados espaciales. Solución general analítica	380
7.2.5.	Determinación de los esfuerzos en barras de reticulados espaciales. Soluciones gráficas y gráfico-numérica	382
7.2.6.	Método de Henneberg o de falsa posición	382
7.2.7.	Determinación de esfuerzos en barras en casos especiales	384

8. Los sistemas de alma llena.

8.1.	Sistemas planos de alma llena	389
8.1.1.	Definiciones	389
8.1.2.	Determinación de los esfuerzos característicos	392
8.1.3.	Diagramas de esfuerzos característicos	396
8.1.4.	La viga simple de eje rectilíneo	397
8.1.5.	Relaciones analíticas entre las funciones que definen los diagramas de p , Q y M	408
8.1.6.	La viga con voladizos	418
8.1.7.	La viga empotrada	426
8.1.8.	La viga Gerber o en Cantilever, rectilíneas	430
8.1.9.	La viga simple sujeta a la acción de pares	437
8.1.10.	Transmisión indirecta de cargas	439
8.1.11.	Trazado de diagramas de características para cargas mixtas, concentradas y distribuidas	442
8.1.12.	Pórticos. Definiciones	442
8.1.13.	Método gráfico para el trazado de diagramas de características en pórticos	445
8.1.14.	Método gráfico-numérico para el trazado de diagramas de características en pórticos	457
8.1.15.	Método analítico (o numérico) para el trazado de diagramas de características en pórticos	466
8.2.	Sistemas espaciales de alma llena	469
8.2.1.	Conceptos generales	469
8.2.2.	Trazado de los diagramas de características	472

9. El principio de los trabajos virtuales.

9.1	Complementos de cinemática plana	483
9.1.1.	Desplazamiento de un punto material. Corrimientos	483
9.1.2.	Desplazamientos finitos de chapas rígidas	486

9.1.3.	Desplazamientos infinitésimos de chapas rígidas	488
9.1.4.	Diagrama de Williot-Mohr	491
9.1.5.	Corrimientos debidos a rotaciones infinitésimas. Elaciones. Diagramas cartesianos de corrimientos	494
9.1.6.	Composición de rotaciones infinitésimas	502
9.1.7.	Descomposición de rotaciones infinitésimas en rotaciones componentes	509
9.1.8.	Rotaciones y traslaciones, composiciones y descomposiciones varias	511
9.1.9.	Corrimientos relativos. Variación de distancia entre dos puntos	513
9.1.10.	Desplazamientos relativos de chapas rígidas	516
9.1.11.	Desplazamientos de cadenas cinemáticas de un grado de libertad	518
9.1.12.	Determinación de polos en cadenas cinemáticas de un grado de libertad	520
9.1.13.	Extensión del diagrama de Williot-Mohr al caso de cadenas cinemáticas de un grado de libertad	522
9.1.14.	Trazado de diagramas cartesianos de corrimientos de puntos de cadenas cinemáticas sujetas a desplazamientos	524
9.1.15.	Articulaciones relativas entre chapas no consecutivas	527
9.1.16.	Variación de distancia entre puntos de una cadena cinemática de un grado de libertad	528
9.1.17.	Casos particulares en la determinación de polos y trazado de diagramas de corrimientos	533
9.1.18.	Determinación de polos en cadenas cinemáticas cerradas de un grado de libertad	537
9.2.	Trabajo virtual	544
9.2.1.	Desplazamientos virtuales	544
9.2.2.	Trabajo de una fuerza	545
9.2.3.	Trabajo de un par de fuerzas	547
9.2.4.	Trabajo de dos fuerzas opuestas	548
9.2.5.	El principio de los trabajos virtuales	551
9.2.6.	Aplicación del principio de los trabajos virtuales a la determinación de incógnitas estáticas en sistemas estáticamente determinados	554

10.

Sistemas planos sujetos a cargas móviles.

10.1.	Teoría de las líneas de influencia	569
10.1.1.	Definiciones	569
10.1.2.	Influencia de una carga uniformemente distribuida.	572
10.1.3.	Influencia de una carga que varía linealmente	574
10.1.4.	Influencia de un sistema de cargas concentradas paralelas	576
10.1.5.	Influencia de cargas transmitidas en forma indirecta	578
10.1.6.	Influencia de un sistema móvil de cargas concentradas	580
10.1.7.	Influencia de una carga distribuida móvil	587
10.2.	Determinación analítica de líneas de influencia	589
10.2.1.	Consideraciones generales	589
10.2.2.	Líneas de influencia de reacciones de vínculo externo	590
10.2.3.	Línea de influencia de esfuerzos en barras de reticulado	595
10.2.4.	Líneas de influencia de esfuerzos característicos en sistemas de alma llena	608

10.3.	Método cinemático para el trazado de líneas de influencia de magnitudes estáticas	614
10.3.1.	Consideraciones generales	614
10.3.2.	Líneas de influencia de reacciones de vínculo externo	616
10.3.3.	Líneas de influencia de esfuerzos en barras de reticulado	619
10.3.4.	Líneas de influencia de esfuerzos característicos en sistemas de alma llena	622
10.3.5.	Líneas de influencia de las componentes de reacción en un empotramiento	627
10.4.	Diagramas envolventes	631
10.4.1.	Conceptos generales	631
10.4.2.	Diagramas envolventes de momentos flexores y esfuerzo de corte en vigas simplemente apoyadas	632
10.4.3.	Diagramas envolventes de momentos flexores y esfuerzos de corte en vigas empotradas	644
10.4.4.	Diagramas envolventes de $M_{m\acute{a}x.}$ y $Q_{m\acute{a}x.}$ para una viga con extremos en voladizo	648
	<i>Índice alfabético</i>	655