

Índice general

I. Fundamentos teóricos	3
1. Panorama del análisis de estructuras	5
1.1. El proyecto estructural	5
1.2. Cálculo de estructuras	6
1.3. Las normas del cálculo estructural	7
1.4. La memoria de cálculos	9
1.5. Ubicación del análisis estructural	10
2. Fundamentos del cálculo estructural	13
2.1. Clasificación de las estructuras	14
2.2. Las variables mecánicas del análisis estructural	15
2.3. Las cargas que actúan sobre las estructuras	16
2.4. Los desplazamientos	22
2.5. Trabajo mecánico externo	23
2.6. Las tensiones internas o sollicitaciones	24
2.7. Las deformaciones	26
2.8. Trabajo mecánico interno	28
2.9. Las condiciones en el contorno	28
2.10. Equilibrio de las estructuras isostáticas	30
2.10.1. Repaso del cálculo vectorial	30
2.10.2. Vinculaciones de las estructuras	32
2.10.3. Ecuaciones de equilibrio estático	34
3. Las ecuaciones de elasticidad para barras prismáticas	43
3.1. Principios e hipótesis de análisis estructural	43
3.2. Ecuación de equilibrio estático	44
3.3. Ecuación de compatibilidad cinemática	50
3.3.1. Desplazamiento axial	50
3.3.2. Rotación de la sección alrededor del eje oz (oy)	51
3.3.3. Desplazamiento transversal	52
3.3.4. Rotación de la sección alrededor del eje ox	53
3.3.5. Ecuación general	53
3.4. Ecuación tensión-deformación	53
3.4.1. Deformación axial	53

3.4.2.	Deformación transversal	54
3.4.3.	Deformación por flexión	54
3.4.4.	Deformación por torsión	54
3.4.5.	Deformaciones por variación de temperatura	56
3.4.6.	Expresión general de la ecuación tensión-deformación	57
3.5.	Ecuación tensión-desplazamiento	58
4.	Principio del trabajo virtual	61
4.1.	Trabajo virtual en estructuras indeformables	61
4.2.	Trabajo virtual en estructuras elásticamente deformables	63
4.3.	Aplicaciones del principio del trabajo virtual: cálculo de desplazamientos	65
4.3.1.	Translación de una sección	66
4.3.2.	Rotación de una sección	67
4.3.3.	Rotación de una cuerda	67
4.4.	La integral del trabajo virtual interno	68
4.4.1.	Trabajo virtual de la deformación axial elástica	68
4.4.2.	Trabajo virtual por otras deformaciones axiales	70
4.4.3.	Trabajo virtual de la deformación de flexión	71
4.4.4.	Trabajo virtual de la deformación transversal	72
4.4.5.	Trabajo virtual de la deformación de torsión	73
5.	Las ecuaciones matemáticas y las herramientas de cálculos numéricos	75
5.1.	El entorno integrado de Scilab	75
5.2.	Nombres de variables para los cálculos digitales	76
5.3.	Integración numérica	77
5.3.1.	Integración numérica usando funciones de Scilab	78
5.3.2.	Integración numérica usando la cuadratura «Gauss-Legendre»	79
II.	Métodos clásicos de cálculo estructural	83
6.	Trabajo virtual con fuerzas virtuales	85
6.1.	Cálculo de desplazamientos mediante el trabajo virtual	85
6.2.	Elásticas de deformación	106
6.2.1.	Cálculo de la elástica cuando la tensión Q es un momento flector no lineal	108
6.2.2.	Cálculo de la elástica cuando la tensión Q es un momento flector lineal y la barra es de sección constante	111
6.3.	Terminos de forma y la matriz de flexibilidad	112
6.4.	Líneas de influencia de desplazamientos usando fuerzas virtuales	114
6.5.	Fuerzas de pretensado y postensado	122

7. Trabajo virtual con desplazamientos virtuales	127
7.1. La compatibilidad cinemática	127
7.1.1. Movimientos relativos de 2 sólidos no vinculados	127
7.1.2. Movimientos relativos de 2 sólidos vinculados	128
7.1.3. Movimientos relativos de 3 sólidos vinculados	130
7.2. Cálculo de solicitaciones mediante el trabajo virtual	131
7.3. El desplazamiento virtual unitario	133
7.4. Líneas de influencia de esfuerzos usando desplazamientos virtuales . .	135
8. Análisis estructural con el método de las fuerzas incógnitas	139
8.1. Estructuras estáticamente indeterminadas	140
8.2. La isostática fundamental	142
8.3. Los estados virtuales de las fuerzas incógnitas y las tensiones	145
8.4. La ecuación de compatibilidad cinemática para las incógnitas	146
8.5. Cálculo de las tensiones en estructuras hiperestáticas	147
8.6. Cálculo de los desplazamientos en las hiperestáticas	180
8.7. Líneas de influencia de esfuerzos en las hiperestáticas	181
8.7.1. Signos de las líneas de influencia de esfuerzos	193
8.8. Líneas de influencia de desplazamientos	194
8.9. Fuerzas de pretensado en vigas hiperestáticas	196
9. Análisis estructural por el método de los desplazamientos	207
9.1. Factores de forma de barras rectas (coeficientes de rigidez)	208
9.1.1. Barras rectas doblemente empotradas	209
9.1.2. Barras rectas con articulación en un extremo	212
9.1.3. Fuerzas cortantes por desplazamientos unitarios	213
9.1.4. Momentos y fuerzas cortantes por deformaciones de la barra . .	214
9.1.5. Los coeficientes de rigidez en un croquis de la estructura	216
9.2. Factores de carga o momentos de empotramiento perfecto	217
9.3. Cálculo de esfuerzos en la barra recta de pórtico plano	218
9.4. Momentos flectores y tensiones cortantes	219
9.5. Estructura hipercinemática: los desplazamientos incógnitas	220
9.6. Pórticos con nodos indesplazables	222
9.7. Pórticos con nodos desplazables	231
9.8. Líneas de influencia de esfuerzos	247
III. Métodos matriciales de cálculo	259
10. Análisis matricial por el método de las fuerzas	261
10.1. Factores de forma y matrices de flexibilidad de las barras rectas	261
10.2. Factores de carga (deformaciones) de las barras rectas	265
10.3. Cálculo matricial de desplazamientos	266
10.4. Cálculo matricial de estructuras hiperestáticas	266

10.5. Combinación de los métodos matricial y clásico	279
10.6. Uso de matrices de tamaños diferentes. Tensores, puntales y resortes .	286
11. Análisis matricial por el método de los desplazamientos	299
11.1. Ecuaciones elásticas de las barras rectas	300
11.2. Caracter de las tensiones y deformaciones. Sistemas local y global de coordenadas	301
11.3. Las matrices de rigidez básicas	301
11.3.1. Matrices de rigidez de pórticos planos	302
11.3.2. Matriz de rigidez de pisos planos	302
11.3.3. Matrices de rigidez para otras condiciones de vinculación . . .	303
11.3.4. Matriz de rigidez de la barra para estructuras en 3D	304
11.3.5. La barra empotrada y sus libertades de movimiento: casos . . .	305
11.3.6. La barra para casos particulares de estructuras: matrices redu- cidas	307
11.3.7. La barra con sección variable: cartelas rectas	308
11.3.8. El vector de tensiones iniciales	309
11.4. El principio de contragradencia	311
11.4.1. Expresión diferencial	311
11.4.2. La compatibilidad cinemática en barras rectas	312
11.4.3. La compatibilidad estática en barras rectas	316
11.5. Transformaciones matriciales de la ecuación de barra	317
11.5.1. La matriz de rigidez expandida	319
11.5.2. El vector de tensiones expandido	319
11.5.3. Las deformaciones de la barra referida al sistema global	320
11.5.4. Ecuación de la barra referida al sistema global	324
11.6. Los desplazamientos y las cargas nodales del sistema	325
11.6.1. La vinculación de los movimientos nodo-barra y la ecuación del sistema	326
11.6.2. La matriz A de conectividad barra-nodo	328
11.6.3. La solución del sistema de ecuaciones de equilibrio	330
11.6.4. Cálculo de las tensiones	331
11.7. Un paso hacia la automatización del proceso y ahorro de la memoria RAM	340
11.8. Modelos geométricos más complejos requieren recursos adicionales . .	350
11.9. Asentamiento de los apoyos	360
11.10. Barras curvas y la generación del modelo geométrico	361
11.11. Vigas sobre lecho elástico	372
11.12. Estructuras grandes y el manejo de la memoria de Scilab	380
11.12.1. La gestión de memoria de Scilab	381
11.12.2. Usando matrices esparcidas («sparse matrix»)	382
11.13. Estructuras espaciales	384
11.13.1. Estructuras reticuladas espaciales	384
11.13.2. Pórticos espaciales en general	402

11.14	Lineas de influencia con el método matricial de los desplazamientos . .	414
-------	---	-----

IV. Apéndices	425
----------------------	------------

Bibliografía	435
---------------------	------------