

# Contenido

<i>Prefacio</i>	<i>vii</i>
<i>Para el profesor</i>	<i>xv</i>
<i>Para el estudiante</i>	<i>xxi</i>

## Capítulo 1

### Vectores 1

1.0	Introducción: el juego de la pista de carreras	1
1.1	Geometría y álgebra de vectores	3
1.2	Longitud y ángulo: el producto punto	18
	<i>Exploración: Vectores y geometría</i>	32
1.3	Rectas y planos	34
	<i>Exploración: El producto cruz</i>	48
	<i>Proyecto de ensayo Los orígenes del producto punto y el producto cruz</i>	49
1.4	Aplicaciones	50
	Vectores fuerza	50
	Repaso del capítulo	55

## Capítulo 2

### Sistemas de ecuaciones lineales 57

2.0	Introducción: trivialidad	57
2.1	Introducción a los sistemas de ecuaciones lineales	58
2.2	Métodos directos para resolver sistemas lineales	64
	<i>Proyecto de ensayo Una historia de la eliminación gaussiana</i>	82
	<i>Exploración: Mentiras que me dice mi computadora</i>	83
	<i>Pivoteo parcial</i>	84
	<i>Operaciones de conteo: introducción al análisis de algoritmos</i>	85
2.3	Conjuntos generadores e independencia lineal	88
2.4	Aplicaciones	99
	Asignación de recursos	99
	Balanceo de ecuaciones químicas	101
	Análisis de redes	102
	Redes eléctricas	104
	Modelos económicos lineales	107
	Juegos lineales finitos	109
	<i>El sistema de posicionamiento global</i>	121
2.5	Métodos iterativos para resolver sistemas lineales	124
	Repaso del capítulo	134

Capítulo 3

Matrices 136

3.0	Introducción: matrices en acción	136
3.1	Operaciones con matrices	138
3.2	Álgebra matricial	154
3.3	La inversa de una matriz	163
3.4	La factorización <i>LU</i>	180
3.5	Subespacios, bases, dimensión y rank	191
3.6	Introducción a las transformaciones lineales	211
	<i>Robotica</i>	226
3.7	Aplicaciones	230
	Cadenas de Markov	230
	Modelos económicos lineales	235
	Crecimiento poblacional	239
	Grafos y digrafos	241
	Repaso del capítulo	251

Capítulo 4

Eigenvalores y eigenvectores 253

4.0	Introducción: un sistema dinámico de grafos	253
4.1	Introducción a eigenvalores y eigenvectores	254
4.2	Determinantes	263
	<i>Proyecto de ensayo ¿Qué apareció primero: la matriz o el determinante?</i>	283
	<i>Método de condensación de Lewis Carroll</i>	284
	<i>Exploración: Aplicaciones geométricas de los determinantes</i>	286
4.3	Eigenvalores y eigenvectores de matrices $n \times n$	292
	<i>Proyecto de ensayo La historia de los eigenvalores</i>	301
4.4	Semejanza y diagonalización	301
4.5	Métodos iterativos para calcular eigenvalores	311
4.6	Aplicaciones y el teorema de Perron-Frobenius	325
	Cadenas de Markov	325
	Crecimiento poblacional	330
	El Teorema de Perron-Frobenius	332
	Relaciones de recurrencia lineal	335
	Sistemas de ecuaciones diferenciales lineales	340
	Sistemas dinámicos lineales discretos	348
	<i>Clasificación de equipos deportivos y búsqueda en Internet</i>	356
	Repaso del capítulo	364

Capítulo 5

Ortogonalidad 366

5.0	Introducción: sombras en la pared	366
5.1	Ortogonalidad en $\mathbb{R}^n$	368
5.2	Complementos y proyecciones ortogonales	378
5.3	El proceso de Gram-Schmidt y la factorización <i>QR</i>	388
	<i>Exploración: La factorización QR modificada</i>	396
	<i>Cómo aproximar eigenvalores con el algoritmo QR</i>	398
5.4	Diagonalización ortogonal de matrices simétricas	400
5.5	Aplicaciones	408
	Formas cuadráticas	408
	Graficación de ecuaciones cuadráticas	415
	Repaso del capítulo	425

Capítulo 6	Espacios vectoriales	427	
	6.0	Introducción: Fibonacci en el espacio (vectorial)	427
	6.1	Espacios y subespacios vectoriales	429
		<i>Proyecto de ensayo El surgimiento de los espacios vectoriales</i>	443
	6.2	Independencia lineal, bases y dimensión	443
		<i>Exploración: Cuadrados mágicos</i>	460
	6.3	Cambio de base	463
	6.4	Transformaciones lineales	472
	6.5	El kernel y el rango de una transformación lineal	481
	6.6	La matriz de una transformación lineal	497
		<i>Exploración: Mosaicos, retículas y la restricción cristalográfica</i>	515
	6.7	Aplicaciones	518
		Ecuaciones diferenciales lineales homogéneas	518
		Repaso del capítulo	527
Capítulo 7	Distancia y aproximación	529	
	7.0	Introducción: geometría de taxi	529
	7.1	Espacios con producto interno	531
		<i>Exploración: Vectores y matrices con entradas complejas</i>	543
		<i>Desigualdades geométricas y problemas de optimización</i>	547
	7.2	Normas y funciones de distancia	552
	7.3	Aproximación por mínimos cuadrados	568
	7.4	La descomposición de valor singular	590
		<i>Compresión de imágenes digitales</i>	607
	7.5	Aplicaciones	610
		Aproximación de funciones	610
		Repaso del capítulo	618
Capítulo 8	Códigos	620	
	8.1	Vectores código	620
		<i>El sistema Codabar</i>	626
	8.2	Códigos de corrección de error	627
	8.3	Códigos duales	632
	8.4	Códigos lineales	639
	8.5	La distancia mínima de un código	644
	APÉNDICE A	Notación matemática y métodos de demostración	A1
	APÉNDICE B	Inducción matemática	B1
	APÉNDICE C	Números complejos	C1
	APÉNDICE D	Polinomios	D1
	Respuestas a ejercicios impares seleccionados		ANS1
	Índice		II