

# Contenido

Prólogo .....	xvii
Prólogo a la edición en español .....	xxi
<b>1 Cálculo proposicional</b> .....	<b>1</b>
1.1 Argumentos y proposiciones lógicas .....	1
1.1.1 Introducción .....	1
1.1.2 Algunos argumentos lógicos importantes .....	2
1.1.3 Proposiciones .....	4
1.2 Conexiones lógicas .....	5
1.2.1 Introducción .....	5
1.2.2 Negación .....	6
1.2.3 Conjunción .....	6
1.2.4 Disyunción .....	7
1.2.5 Condicional .....	8
1.2.6 Bicondicional .....	11
1.2.7 Comentarios adicionales sobre conexiones .....	11
1.3 Proposiciones compuestas .....	12
1.3.1 Introducción .....	12
1.3.2 Expresiones lógicas .....	12
1.3.3 Análisis de proposiciones compuestas .....	14
1.3.4 Reglas de prioridad .....	17
1.3.5 Evaluación de expresiones y tablas de verdad .....	18
1.3.6 Ejemplos de proposiciones compuestas .....	19
1.4 Tautología y contradicciones .....	22
1.4.1 Introducción .....	22

1.4.2	Tautologías .....	22
1.4.3	Tautología y razonamiento válido .....	24
1.4.4	Contradicciones .....	25
1.4.5	Tipos importantes de tautologías .....	25
1.5	Equivalencias lógicas y su utilización .....	27
1.5.1	Introducción .....	27
1.5.2	Demostración de equivalencias lógicas mediante tablas de verdad .....	27
1.5.3	Álgebra declarativa .....	28
1.5.4	Eliminación de condicionales y bicondicionales .....	30
1.5.5	Leyes para el álgebra declarativa .....	31
1.5.6	Métodos abreviados para manipular expresiones .....	32
1.5.7	Formas normales .....	34
1.5.8	Tablas de verdad y formas normales disyuntivas .....	36
1.5.9	Formas normales conjuntivas y complementación .....	37
1.6	Implicaciones y derivaciones lógicas .....	40
1.6.1	Introducción .....	40
1.6.2	Implicaciones lógicas .....	40
1.6.3	Demostraciones de validez mediante tablas de verdad .....	41
1.6.4	Demostraciones .....	43
1.6.5	Sistemas para derivaciones .....	46
1.6.6	El Teorema de la deducción .....	49
<b>2</b>	<b>Cálculo de predicados .....</b>	<b>55</b>
2.1	Componentes sintácticos del cálculo de predicados .....	56
2.1.1	Introducción .....	56
2.1.2	El universo de discurso .....	56
2.1.3	Predicados .....	57
2.1.4	Variables y particularizaciones (casos o ejemplares) .....	59
2.1.5	Cuantificadores .....	61
2.1.6	Restricciones de los cuantificadores a ciertos grupos .....	64
2.2	Interpretaciones y validez .....	66
2.2.1	Introducción .....	66
2.2.2	Interpretaciones .....	66
2.2.3	Validez .....	69
2.2.4	Expresiones no válidas .....	71
2.2.5	Demostración de la validez .....	73
2.3	Derivaciones .....	75
2.3.1	Introducción .....	75
2.3.2	Particularización universal .....	75
2.3.3	Generalización universal .....	77
2.3.4	El Teorema de la deducción y la generalización universal .....	79
2.3.5	Eliminación de los cuantificadores universales .....	80
2.3.6	Generalización existencial .....	82
2.3.7	Particularización existencial .....	83

	CONTENIDO	ix
2.4	Equivalencias lógicas .....	87
2.4.1	Introducción .....	87
2.4.2	Equivalencias lógicas básicas .....	87
2.4.3	Otras equivalencias importantes .....	89
2.5	Lógica de las ecuaciones .....	91
2.5.1	Introducción .....	91
2.5.2	Igualdad .....	91
2.5.3	Igualdad y unicidad .....	94
2.5.4	Funciones y lógica de ecuaciones .....	96
2.5.5	Composición de funciones .....	98
2.5.6	Propiedades de los operadores .....	100
2.5.7	Elementos nulo e identidad .....	103
2.5.8	Las derivaciones en la lógica de ecuaciones .....	106
2.5.9	La lógica de ecuaciones en la práctica .....	108
2.5.10	Álgebra de Boole .....	110
<b>3</b>	<b>Inducción y recursividad .....</b>	<b>115</b>
3.1	La inducción en números naturales .....	117
3.1.1	Introducción .....	117
3.1.2	Los números naturales .....	117
3.1.3	Inducción matemática .....	118
3.1.4	La inducción para demostrar propiedades de la suma .....	122
3.1.5	Modificación de la base inductiva .....	124
3.1.6	Inducción fuerte .....	125
3.2	Sumas y construcciones relacionadas .....	127
3.2.1	Introducción .....	127
3.2.2	Definiciones recursivas de sumas y productos .....	127
3.2.3	Identidades que implican sumas .....	130
3.2.4	Sumas dobles y matrices .....	134
3.3	Demostración por recursividad .....	136
3.3.1	Introducción .....	136
3.3.2	Definiciones recursivas .....	137
3.3.3	Sucesiones fescendentes .....	141
3.3.4	El Principio de demostraciones por recursividad .....	142
3.3.5	Inducción estructural .....	144
3.4	Aplicaciones de la recursividad a la programación .....	148
3.4.1	Introducción .....	148
3.4.2	La programación como composición de funciones .....	149
3.4.3	La recursividad en los programas .....	153
3.4.4	Programas que implican árboles .....	157
3.5	Funciones recursivas .....	161
3.5.1	Introducción .....	161
3.5.2	Funciones recursivas primitivas .....	163
3.5.3	Programación y recursividad primitiva .....	167
3.5.4	Minimalización .....	169

<b>4 Prolog</b> .....	173
4.1 Prolog básico .....	174
4.1.1 Introducción .....	174
4.1.2 Hechos, reglas y consultas .....	174
4.1.3 Derivaciones que implican hechos .....	177
4.1.4 Derivaciones que implican reglas .....	178
4.1.5 Particularizaciones y unificación .....	182
4.1.6 Retroceso ( <i>backtracking</i> ) .....	183
4.1.7 Resolución .....	185
4.2 Ejecución y depuración de programas .....	188
4.2.1 Introducción .....	188
4.2.2 Compiladores e intérpretes de Prolog .....	188
4.2.3 Consulta de una base de datos .....	189
4.2.4 Depuración y seguimiento .....	191
4.3 Características adicionales de Prolog .....	192
4.3.1 Introducción .....	192
4.3.2 Entrada y salida .....	192
4.3.3 Estructuras .....	193
4.3.4 Notación infija .....	194
4.3.5 Aritmética .....	195
4.3.6 Predicados de igualdad .....	196
4.4 Recursividad .....	198
4.4.1 Introducción .....	198
4.4.2 Predicados recursivos .....	198
4.4.3 Terminación .....	200
4.4.4 Bucles y Prolog .....	202
4.4.5 Listas .....	202
4.4.6 Predicados recursivos que contienen listas .....	204
4.4.7 Refinamiento sucesivo .....	207
4.5 Negación en Prolog .....	209
4.5.1 Introducción .....	209
4.5.2 Prolog como lenguaje lógico .....	209
4.5.3 La negación como fracaso .....	212
4.5.4 Utilización del orden de cláusulas .....	212
4.5.5 Cortes .....	213
4.6 Aplicación de Prolog a la lógica .....	215
4.6.1 Introducción .....	215
4.6.2 Las listas como expresiones lógicas .....	216
4.6.3 Representación de expresiones lógicas como estructuras .....	217
<b>5 Conjuntos y relaciones</b> .....	223
5.1 Conjuntos y operaciones de conjuntos .....	223
5.1.1 Introducción .....	223
5.1.2 Los conjuntos y sus miembros .....	224
5.1.3 Subconjuntos .....	226

	CONTENIDO	<b>xi</b>
5.1.4	Intersecciones .....	228
5.1.5	Uniones .....	229
5.1.6	Diferencias y complementos .....	230
5.1.7	Expresiones que involucran conjuntos .....	232
5.2	Tuplas, sucesiones y conjuntos potencia .....	236
5.2.1	Introducción .....	236
5.2.2	Tuplas y productos cartesianos .....	237
5.2.3	Sucesiones y cadenas .....	239
5.2.4	Conjuntos potencia .....	241
5.2.5	Tipos y signaturas .....	241
5.3	Relaciones .....	244
5.3.1	Introducción .....	241
5.3.2	Relaciones y su representación .....	241
5.3.3	Dominios y rangos .....	246
5.3.4	Algunas operaciones de relaciones .....	247
5.3.5	Composición de relaciones .....	250
5.3.6	Ejemplos .....	254
5.4	Propiedades de las relaciones .....	255
5.4.1	Introducción .....	255
5.4.2	Relaciones sobre un conjunto .....	255
5.4.3	Relaciones reflexivas .....	256
5.4.4	Relaciones simétricas .....	258
5.4.5	Transitividad .....	259
5.4.6	Cierres .....	261
5.4.7	Relaciones de equivalencia .....	262
5.4.8	Ordenes parciales .....	264
<b>6</b>	<b>Funciones</b> .....	<b>273</b>
6.1	Representaciones y manipulaciones que involucran funciones .....	273
6.1.1	Introducción .....	273
6.1.2	Definiciones y notación .....	274
6.1.3	Representaciones de funciones .....	276
6.1.4	La notación lambda .....	277
6.1.5	Restricciones y sobrecarga .....	279
6.1.6	Composición de funciones .....	280
6.1.7	Inyecciones, sobreyecciones (o epiyecciones) e inversas .....	283
6.1.8	Creación de inversas mediante creación de tipos .....	287
6.2	Enumeraciones, isomorfismos y homomorfismos .....	289
6.2.1	Introducción .....	289
6.2.2	Enumeraciones .....	290
6.2.3	Conjuntos contables e incontables .....	292
6.2.4	Permutaciones y combinaciones .....	295
6.2.5	Isomorfismos y homomorfismos .....	297
6.3	Complejidad computacional .....	300
6.3.1	Introducción .....	300
6.3.2	Polinomios y algoritmos de tiempo polinómico .....	301

6.3.3	Funciones y algoritmos relacionados con las exponenciales .....	305
6.3.4	Los límites de la computabilidad .....	309
6.3.5	Análisis asintótico .....	311
6.3.6	Divide y vencerás .....	315
6.3.7	Polinomios no deterministas .....	318
6.4	Relaciones de recurrencia .....	321
6.4.1	Introducción .....	321
6.4.2	Relaciones de recurrencia homogéneas .....	323
6.4.3	Ecuaciones de recurrencia no homogéneas .....	326
6.5	Miranda .....	330
6.5.1	Introducción .....	330
6.5.2	El nivel de órdenes .....	330
6.5.3	Definiciones de función .....	331
6.5.4	Tipos, funciones y declaraciones .....	333
6.5.5	Reconocimiento de patrones y reescritura .....	335
6.5.6	Un problema de programación .....	337
<b>7</b>	<b>Grafos y árboles .....</b>	<b>341</b>
7.1	Introducción y ejemplos de modelado de grafos .....	342
7.2	Definiciones básicas de la teoría de grafos .....	348
7.3	Caminos, accesibilidad y conexiones .....	355
7.4	Cálculo de caminos a partir de una representación matricial de los grafos .....	363
7.5	Recorrido de grafos representados como listas de adyacencia .....	376
7.5.1	Introducción .....	376
7.5.2	Representación de grafos mediante listas de adyacencia .....	376
7.5.3	Búsqueda en amplitud .....	379
7.5.4	Búsqueda en profundidad .....	382
7.5.5	El Algoritmo de Dijkstra para la búsqueda de caminos mínimos .....	386
7.6	Árboles y árboles de expansión .....	391
7.6.1	Introducción .....	391
7.6.2	Árboles libres .....	393
7.6.3	Árboles de expansión .....	393
7.6.4	Árboles de expansión mínimos .....	399
7.7	Redes de planificación .....	403
7.7.1	Introducción .....	403
7.7.2	Un modelo de administración de proyectos .....	403
7.7.3	Ordenación topológica .....	411
<b>8</b>	<b>Especificación formal de requisitos en Z .....</b>	<b>419</b>
8.1	Introducción .....	419
8.2	El ciclo vital del software .....	420
8.3	La necesidad de las especificaciones formales .....	423
8.4	Introducción a Z .....	425
8.4.1	Introducción .....	425
8.4.2	Alfabeto y elementos léxicos .....	426

8.4.3	Tipos y declaraciones .....	426
8.4.4	Especificación de un sistema mediante lógica y conjuntos .....	428
8.4.5	Esquemas .....	432
8.4.6	Relaciones .....	437
8.4.7	Funciones .....	443
8.4.8	Sucesiones .....	449
<b>9</b>	<b>Verificación de programas .....</b>	<b>459</b>
9.1	Conceptos preliminares .....	460
9.1.1	Introducción .....	460
9.1.2	Programas y códigos .....	460
9.1.3	Aserciones (asertos) .....	461
9.1.4	Corrección .....	462
9.2	Reglas generales relativas a las precondiciones y postcondiciones .....	464
9.2.1	Introducción .....	464
9.2.2	Reforzamiento de precondiciones .....	464
9.2.3	Debilitamiento de postcondiciones .....	466
9.2.4	Reglas de conjunción y disyunción .....	467
9.3	Verificación de códigos sin bucles .....	469
9.3.1	Introducción .....	469
9.3.2	Sentencias de asignación .....	470
9.3.3	Concatenación de código .....	472
9.3.4	La sentencia if .....	476
9.4	Bucles y arrays .....	479
9.4.1	Introducción .....	479
9.4.2	Una regla while preliminar .....	479
9.4.3	La regla while general .....	484
9.4.4	Arrays .....	485
9.4.5	Terminación del programa .....	489
<b>10</b>	<b>Gramáticas, lenguajes y análisis sintácticos .....</b>	<b>493</b>
10.1	Lenguajes y gramáticas .....	494
10.1.1	Introducción .....	494
10.1.2	Tratamiento de las gramáticas .....	495
10.1.3	Definición formal de un lenguaje .....	498
10.1.4	Nociones de análisis sintáctico .....	503
10.1.5	Gramáticas ambiguas .....	508
10.1.6	Gramáticas reducidas .....	513
10.2	Análisis sintáctico descendente .....	517
10.2.1	Introducción .....	517
10.2.2	Estrategia general de análisis sintáctico descendente .....	518
10.2.3	Análisis sintáctico descendente determinista con gramáticas LL(1) .....	521

<b>11</b>	<b>Derivaciones</b> .....	<b>537</b>
11.1	Derivaciones en cálculo proposicional .....	537
11.1.1	Introducción .....	537
11.1.2	Conceptos básicos de la derivación natural .....	537
11.1.3	Implementación del teorema de la deducción .....	538
11.1.4	Resolución .....	541
11.2	Algunos resultados del cálculo de predicados .....	547
11.2.1	Introducción .....	547
11.2.2	Complementos .....	547
11.2.3	Formas normales prenex .....	548
11.3	Derivaciones en el cálculo de predicados .....	549
11.3.1	Introducción .....	549
11.3.2	Derivaciones canónicas .....	550
11.3.3	Cuantificadores en la deducción natural .....	554
11.3.4	Sustitución de cuantificadores por funciones y variables libres .....	555
11.3.5	Resolución en el cálculo de predicados .....	556
<b>12</b>	<b>Una panorámica de los sistemas de bases de datos relacionales</b> .....	<b>563</b>
12.1	Conceptos básicos .....	564
12.1.1	Introducción .....	564
12.1.2	Definiciones y conceptos .....	564
12.1.3	Ejemplo introductorio de una base de datos relacional .....	564
12.1.4	Panoramica de un sistema de base de datos .....	568
12.2	El modelo de datos relacional .....	571
12.2.1	Introducción .....	571
12.2.2	Panorámica de la estructura relacional .....	572
12.2.3	Las relaciones y sus esquemas .....	572
12.2.4	Representación de las relaciones en el modelo lineal .....	574
12.2.5	Reglas de integridad .....	575
12.3	Álgebra relacional .....	576
12.3.1	Introducción .....	576
12.3.2	Operaciones básicas .....	576
12.3.3	Operaciones relacionales adicionales .....	578
12.3.4	Ejemplos .....	585
12.4	Cálculo relacional .....	590
12.4.1	Introducción .....	590
12.4.2	Cálculo de tuplas .....	591
12.4.3	Ejemplos .....	592
12.5	El lenguaje de consulta estructurado (SQL) .....	595
12.5.1	Introducción .....	595
12.5.2	Definición de datos .....	596
12.5.3	Administración de datos .....	597
12.5.4	Consultas de datos .....	598
12.6	Comentarios finales .....	608



	CONTENIDO	XV
<b>Bibliografía</b> .....		611
<b>Soluciones a los problemas pares</b> .....		613
<b>Índice analítico</b> .....		687