

# Contenido

## Prefacio XV

## Capítulo 1 Introducción

- 1.1 Aplicaciones de los sistemas de bases de datos 1
- 1.2 Propósito de los sistemas de bases de datos 2
- 1.3 Visión de los datos 4
- 1.4 Lenguajes de bases de datos 7
- 1.5 Bases de datos relacionales 9
- 1.6 Diseño de bases de datos 11
- 1.7 Bases de datos basadas en objetos y semiestructuradas 15
- 1.8 Almacenamiento de datos y consultas 16
- 1.9 Gestión de transacciones 17
- 1.10 Minería y análisis de datos 18
- 1.11 Arquitectura de las bases de datos 19
- 1.12 Usuarios y administradores de bases de datos 21
- 1.13 Historia de los sistemas de bases de datos 22
- 1.14 Resumen 24
- Ejercicios 25
- Notas bibliográficas 26

## PARTE 1 ■ BASES DE DATOS RELACIONALES

## Capítulo 2 El modelo relacional

- 2.1 La estructura de las bases de datos relacionales 29
- 2.2 Operaciones fundamentales del álgebra relacional 36
- 2.3 Otras operaciones del álgebra relacional 44
- 2.4 Operaciones del álgebra relacional extendida 48
- 2.5 Valores nulos 53
- 2.6 Modificación de la base de datos 54
- 2.7 Resumen 56
- Ejercicios 57
- Notas bibliográficas 59

## Capítulo 3 SQL

- 3.1 Introducción 61
- 3.2 Definición de datos 62
- 3.3 Estructura básica de las consultas SQL 65
- 3.4 Operaciones sobre conjuntos 71
- 3.5 Funciones de agregación 73
- 3.6 Valores nulos 75
- 3.7 Subconsultas anidadas 76
- 3.8 Consultas complejas 80
- 3.9 Vistas 81
- 3.10 Modificación de la base de datos 84
- 3.11 Reunión de relaciones\*\* 90
- 3.12 Resumen 94
- Ejercicios 95
- Notas bibliográficas 98

## Capítulo 4 SQL avanzado

- |                                  |     |  |     |
|----------------------------------|-----|--|-----|
| 4.1 Tipos de datos y esquemas    | 101 | 4.7 Consultas recursivas**             | 126 |
| 4.2 Restricciones de integridad  | 105 | 4.8 Características avanzadas de SQL** | 129 |
| 4.3 Autorización                 | 111 | 4.9 Resumen                            | 132 |
| 4.4 SQL incorporado              | 112 | Ejercicios                             | 133 |
| 4.5 SQL dinámico                 | 114 | Notas bibliográficas                   | 135 |
| 4.6 Funciones y procedimientos** | 121 |  |     |

## Capítulo 5 Otros lenguajes relacionales

- |                                       |     |                      |     |
|---------------------------------------|-----|----------------------|-----|
| 5.1 El cálculo relacional de tuplas   | 137 | 5.5 Resumen          | 162 |
| 5.2 El cálculo relacional de dominios | 141 | Ejercicios           | 163 |
| 5.3 Query-by-Example                  | 144 | Notas bibliográficas | 165 |
| 5.4 Datalog                           | 151 |                      |     |

# PARTE 2 ■ DISEÑO DE BASES DE DATOS

## Capítulo 6 Diseño de bases de datos y el modelo E-R

- |  |     |  |     |
|--|-----|--|-----|
| 6.1 Visión general del proceso de diseño     | 169 | 6.8 Diseño de una base de datos para un banco    | 197 |
| 6.2 El modelo entidad-relación               | 171 | 6.9 Reducción a esquemas relacionales            | 200 |
| 6.3 Restricciones                            | 176 | 6.10 Otros aspectos del diseño de bases de datos | 207 |
| 6.4 Diagramas entidad-relación               | 180 | 6.11 El lenguaje de modelado unificado UML**     | 210 |
| 6.5 Aspectos del diseño entidad-relación     | 184 | 6.12 Resumen                                     | 212 |
| 6.6 Conjuntos de entidades débiles           | 189 | Ejercicios                                       | 213 |
| 6.7 Características del modelo E-R extendido | 190 | Notas bibliográficas                             | 217 |

## Capítulo 7 Diseño de bases de datos relacionales

- |  |     |   |     |
|--|-----|---|-----|
| 7.1 Características de los buenos diseños relacionales | 219 | 7.6 Descomposición mediante dependencias multivaloradas | 244 |
| 7.2 Dominios atómicos y la primera forma normal        | 223 | 7.7 Más formas normales                                 | 248 |
| 7.3 Descomposición mediante dependencias funcionales   | 224 | 7.8 Proceso de diseño de las bases de datos             | 248 |
| 7.4 Teoría de las dependencias funcionales             | 231 | 7.9 Modelado de datos temporales                        | 251 |
| 7.5 Algoritmos de descomposición                       | 239 | 7.10 Resumen  | 253 |
|  |     | Ejercicios  | 254 |
|  |     | Notas bibliográficas                                    | 257 |

## Capítulo 8 Diseño y desarrollo de aplicaciones

- |   |     |                                   |     |
|---|-----|-----------------------------------|-----|
| 8.1 Interfaces de usuario y herramientas        | 259 | 8.7 Autorización en SQL           | 278 |
| 8.2 Interfaces Web para bases de datos          | 262 | 8.8 Seguridad de las aplicaciones | 285 |
| 8.3 Fundamentos de Web                          | 263 | 8.9 Resumen                       | 291 |
| 8.4 Servlets y JSP                              | 267 | Ejercicios                        | 293 |
| 8.5 Creación de aplicaciones Web de gran tamaño | 271 | Notas bibliográficas              | 297 |
| 8.6 Disparadores                                | 273 |                                   |     |

## PARTE 3 ■ BASES DE DATOS ORIENTADAS A OBJETOS Y XML

### Capítulo 9 Bases de datos basadas en objetos

- 9.1 Visión general 301
- 9.2 Tipos de datos complejos 302
- 9.3 Tipos estructurados y herencia en SQL 303
- 9.4 Herencia de tablas 308
- 9.5 Tipos array y multiconjunto en SQL 309
- 9.6 Identidad de los objetos y tipos de referencia en SQL 313
- 9.7 Implementación de las características O-R 315
- 9.8 Lenguajes de programación persistentes 316
- 9.9 Sistemas orientados a objetos y sistemas relacionales orientados a objetos 322
- 9.10 Resumen 323
- Ejercicios 324
- Notas bibliográficas 327

### Capítulo 10 XML

- 10.1 Motivación 329
- 10.2 Estructura de los datos XML 332
- 10.3 Esquema de los documentos XML 335
- 10.4 Consulta y transformación 340
- 10.5 La interfaz de programación de aplicaciones de XML 349
- 10.6 Almacenamiento de datos XML 350
- 10.7 Aplicaciones XML 354
- 10.8 Resumen 358
- Ejercicios 360
- Notas bibliográficas 362

## PARTE 4 ■ ALMACENAMIENTO DE DATOS Y CONSULTAS

### Capítulo 11 Almacenamiento y estructura de archivos

- 11.1 Visión general de los medios físicos de almacenamiento 367
- 11.2 Discos magnéticos 370
- 11.3 RAID 375
- 11.4 Almacenamiento terciario 382
- 11.5 Acceso al almacenamiento 383
- 11.6 Organización de los archivos 386
- 11.7 Organización de los registros en archivos 390
- 11.8 Almacenamiento con diccionarios de datos 393
- 11.9 Resumen 395
- Ejercicios 396
- Notas bibliográficas 398

### Capítulo 12 Indexación y asociación

- 12.1 Conceptos básicos 401
- 12.2 Índices ordenados 402
- 12.3 Archivos de índices de árbol B<sup>+</sup> 408
- 12.4 Archivos de índices de árbol B 417
- 12.5 Accesos bajo varias claves 418
- 12.6 Asociación estática 421
- 12.7 Asociación dinámica 426
- 12.8 Comparación de la indexación ordenada y la asociación 431
- 12.9 Índices de mapas de bits 432
- 12.10 Definición de índices en SQL 435
- 12.11 Resumen 436
- Ejercicios 438
- Notas bibliográficas 440

### Capítulo 13 Procesamiento de consultas

- 13.1 Visión general 443
- 13.2 Medidas del coste de una consulta 445
- 13.3 Operación selección 446
- 13.4 Ordenación 450
- 13.5 Operación reunión 452
- 13.6 Otras operaciones 463
- 13.7 Evaluación de expresiones 466
- 13.8 Resumen 470
- Ejercicios 472
- Notas bibliográficas 473

## Capítulo 14 Optimización de consultas

- 14.1 Visión general 475
- 14.2 Transformación de expresiones relacionales 476
- 14.3 Estimación de las estadísticas de los resultados de las expresiones 482
- 14.4 Elección de los planes de evaluación 487
- 14.5 Vistas materializadas\*\* 494
- 14.6 Resumen 498
  - Ejercicios 500
  - Notas bibliográficas 502

## PARTE 5 ■ GESTIÓN DE TRANSACCIONES

### Capítulo 15 Transacciones

- 15.1 Concepto de transacción 507
- 15.2 Estados de una transacción 510
- 15.3 Implementación de la atomicidad y la durabilidad 512
- 15.4 Ejecuciones concurrentes 513
- 15.5 Secuencialidad 516
- 15.6 Recuperabilidad 520
- 15.7 Implementación del aislamiento 522
- 15.8 Comprobación de la secuencialidad 522
- 15.9 Resumen 523
  - Ejercicios 525
  - Notas bibliográficas 527

### Capítulo 16 Control de concurrencia

- 16.1 Protocolos basados en el bloqueo 529
- 16.2 Protocolos basados en marcas temporales 539
- 16.3 Protocolos basados en validación 542
- 16.4 Granularidad múltiple 544
- 16.5 Esquemas multiversión 546
- 16.6 Tratamiento de interbloqueos 548
- 16.7 Operaciones para insertar y borrar 553
- 16.8 Niveles débiles de consistencia 555
- 16.9 Concurrencia en los índices\*\* 557
- 16.10 Resumen 560
  - Ejercicios 562
  - Notas bibliográficas 566

### Capítulo 17 Sistema de recuperación

- 17.1 Clasificación de los fallos 567
- 17.2 Estructura del almacenamiento 568
- 17.3 Recuperación y atomicidad 571
- 17.4 Recuperación basada en el registro histórico 572
- 17.5 Transacciones concurrentes y recuperación 579
- 17.6 Gestión de la memoria intermedia 581
- 17.7 Fallo con pérdida de almacenamiento no volátil 584
- 17.8 Técnicas avanzadas de recuperación\*\* 585
- 17.9 Sistemas remotos de copias de seguridad 591
- 17.10 Resumen 593
  - Ejercicios 596
  - Notas bibliográficas 597

## PARTE 6 ■ MINERÍA DE DATOS Y RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN

### Capítulo 18 Análisis y minería de datos

- 18.1 Sistemas de ayuda a la toma de decisiones 601
- 18.2 Análisis de datos y OLAP 602
- 18.3 Almacenes de datos 612
- 18.4 Minería de datos 615
- 18.5 Resumen 625
  - Ejercicios 627
  - Notas bibliográficas 628

## Capítulo 19 Recuperación de información

- |      |   |     |       |   |     |
|------|---|-----|-------|---|-----|
| 19.1 | Visión general                                  | 631 | 19.7  | Motores de búsqueda en Web                        | 641 |
| 19.2 | Clasificación por relevancia según los términos | 632 | 19.8  | Recuperación de información y datos estructurados | 642 |
| 19.3 | Relevancia según los hipervínculos              | 635 | 19.9  | Directorios                                       | 643 |
| 19.4 | Sinónimos, homónimos y ontologías               | 638 | 19.10 | Resumen   | 645 |
| 19.5 | Creación de índices de documentos               | 639 |       | Ejercicios  | 646 |
| 19.6 | Medida de la efectividad de la recuperación     | 640 |       | Notas bibliográficas                              | 647 |

## PARTE 7 ■ ARQUITECTURA DE SISTEMAS

### Capítulo 20 Arquitecturas de los sistemas de bases de datos

- |      |  |     |      |                      |     |
|------|--|-----|------|----------------------|-----|
| 20.1 | Arquitecturas centralizadas y cliente-servidor | 651 | 20.5 | Tipos de redes       | 666 |
| 20.2 | Arquitecturas de sistemas servidores           | 653 | 20.6 | Resumen              | 668 |
| 20.3 | Sistemas paralelos                             | 657 |      | Ejercicios           | 669 |
| 20.4 | Sistemas distribuidos                          | 663 |      | Notas bibliográficas | 671 |

### Capítulo 21 Bases de datos paralelas

- |      |                             |     |      |                               |     |
|------|-----------------------------|-----|------|-------------------------------|-----|
| 21.1 | Introducción                | 673 | 21.6 | Paralelismo entre operaciones | 685 |
| 21.2 | Paralelismo de E/S          | 674 | 21.7 | Diseño de sistemas paralelos  | 687 |
| 21.3 | Paralelismo entre consultas | 677 | 21.8 | Resumen                       | 688 |
| 21.4 | Paralelismo en consultas    | 678 |      | Ejercicios                    | 689 |
| 21.5 | Paralelismo en operaciones  | 678 |      | Notas bibliográficas          | 691 |

### Capítulo 22 Bases de datos distribuidas

- |      |   |     |       |  |     |
|------|---|-----|-------|--|-----|
| 22.1 | Bases de datos homogéneas y heterogéneas                      | 693 | 22.7  | Procesamiento distribuido de consultas   | 714 |
| 22.2 | Almacenamiento distribuido de datos                           | 694 | 22.8  | Bases de datos distribuidas heterogéneas | 717 |
| 22.3 | Transacciones distribuidas                                    | 697 | 22.9  | Sistemas de directorio                   | 719 |
| 22.4 | Protocolos de compromiso                                      | 698 | 22.10 | Resumen                                  | 723 |
| 22.5 | Control de la concurrencia en las bases de datos distribuidas | 704 |       | Ejercicios                               | 726 |
| 22.6 | Disponibilidad  | 710 |       | Notas bibliográficas                     | 728 |

## PARTE 8 ■ OTROS TEMAS

### Capítulo 23 Desarrollo avanzado de aplicaciones

- |      |                           |     |      |                      |     |
|------|---------------------------|-----|------|----------------------|-----|
| 23.1 | Ajuste del rendimiento    | 733 | 23.5 | Resumen              | 749 |
| 23.2 | Pruebas de rendimiento    | 741 |      | Ejercicios           | 750 |
| 23.3 | Normalización             | 744 |      | Notas bibliográficas | 751 |
| 23.4 | Migración de aplicaciones | 748 |      |                      |     |

## Capítulo 24 Tipos de datos avanzados y nuevas aplicaciones

- |  |  |
|--|--|
| 24.1 Motivación 753                      | 24.5 Computadoras portátiles y bases de datos personales 767 |
| 24.2 El tiempo en las bases de datos 754 | 24.6 Resumen 772   |
| 24.3 Datos espaciales y geográficos 756  | Ejercicios 773   |
| 24.4 Bases de datos multimedia 765       | Notas bibliográficas 775                                     |

## Capítulo 25 Procesamiento avanzado de transacciones

- |  |  |
|--|--|
| 25.1 Monitores de procesamiento de transacciones 777 | 25.6 Transacciones de larga duración 791                   |
| 25.2 Flujos de trabajo de transacciones 781          | 25.7 Gestión de transacciones en varias bases de datos 796 |
| 25.3 Comercio electrónico 786                        | 25.8 Resumen 799   |
| 25.4 Bases de datos en memoria principal 788         | Ejercicios 801   |
| 25.5 Sistemas de transacciones de tiempo real 790    | Notas bibliográficas 802                                   |

## PARTE 9 ■ ESTUDIO DE CASOS

### Capítulo 26 PostgreSQL

Anastassia Ailamaki, Sailesh Krishnamurthy, Spiros Papadimitriou, Bianca Schroeder

- |   |  |
|---|--|
| 26.1 Introducción 807                           | 26.5 Almacenamiento e índices 824                  |
| 26.2 Interfaces de usuario 808                  | 26.6 Procesamiento y optimización de consultas 827 |
| 26.3 Variaciones y extensiones de SQL 809       | 26.7 Arquitectura del sistema 830                  |
| 26.4 Gestión de transacciones en PostgreSQL 817 | Notas bibliográficas 831                           |

### Capítulo 27 Oracle

Hakan Jakobsson

- |  |  |
|--|--|
| 27.1 Herramientas para el diseño de bases de datos y la consulta 833 | 27.6 Arquitectura del sistema 851                  |
| 27.2 Variaciones y extensiones de SQL 834                            | 27.7 Réplica, distribución y datos externos 854    |
| 27.3 Almacenamiento e índices 836                                    | 27.8 Herramientas de gestión de bases de datos 855 |
| 27.4 Procesamiento y optimización de consultas 844                   | 27.9 Minería de datos 856                          |
| 27.5 Control de concurrencia y recuperación 849                      | Notas bibliográficas 857                           |

### Capítulo 28 DB2 Universal Database de IBM

Sriram Padmanabhan

- |  |  |
|--|--|
| 28.1 Visión general 859                            | 28.8 Características autónomas de DB2 876            |
| 28.2 Herramientas de diseño de bases de datos 860  | 28.9 Herramientas y utilidades 876                   |
| 28.3 Variaciones y extensiones de SQL 861          | 28.10 Control de concurrencia y recuperación 878     |
| 28.4 Almacenamiento e indexación 864               | 28.11 Arquitectura del sistema 880                   |
| 28.5 Agrupación multidimensional 867               | 28.12 Réplicas, distribución y datos externos 881    |
| 28.6 Procesamiento y optimización de consultas 870 | 28.13 Características de inteligencia de negocio 882 |
| 28.7 Tablas de consultas materializadas 874        | Notas bibliográficas 882                             |

**Capítulo 29 SQL Server de Microsoft**

Sameet Agarwal, José A. Blakeley, Thierry D'Hers, Gerald Hinson, Dirk Myers, Vaqar Pirzada, Bill Ramos, Balaji Rathakrishnan, Michael Rys, Florian Waas, Michael Zwilling

- |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|
| 29.1 Herramientas para la administración, el diseño y la consulta de las bases de datos | 885 | 29.8 Procesamiento de consultas heterogéneas distribuidas | 905 |
| 29.2 Variaciones y extensiones de SQL   | 889 | 29.9 Duplicación  | 906 |
| 29.3 Almacenamiento e índices   | 892 | 29.10 Programación de servidores en .NET                  | 908 |
| 29.4 Procesamiento y optimización de consultas  | 895 | 29.11 Soporte de XML en SQL Server 2005                   | 912 |
| 29.5 Concurrencia y recuperación  | 899 | 29.12 Service Broker de SQLServer                         | 916 |
| 29.6 Arquitectura del sistema   | 903 | 29.13 Almacenes de datos e inteligencia de negocio        | 918 |
| 29.7 Acceso a los datos   | 904 | Notas bibliográficas                                      | 921 |

**Bibliografía 923****Índice 943**