

# Índice general

---

<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Aspectos conceptuales de la IA y la IC</b>	<b>3</b>
	<i>José Mira Mira</i>	
1.1	Introducción . . . . .	3
1.2	La IA como Ciencia y como IC . . . . .	6
1.2.1	IA como Ciencia . . . . .	7
1.2.2	IA como Ingeniería . . . . .	7
1.3	Perspectiva histórica: fundamentos y metodología . . . . .	10
1.4	Paradigmas actuales en IA . . . . .	12
1.4.1	El paradigma simbólico . . . . .	14
1.4.2	El paradigma situado . . . . .	16
1.4.3	El paradigma conexionista . . . . .	18
1.4.4	El paradigma híbrido . . . . .	20
1.5	El conocer humano y el conocer de las máquinas . . . . .	23
1.6	Algunas sugerencias . . . . .	26
1.7	Resumen . . . . .	27
	Referencias . . . . .	28
<b>II</b>	<b>REPRESENTACIÓN DE CONOCIMIENTO E INFERENCIA</b>	<b>31</b>
<b>2</b>	<b>Lógica y representación del conocimiento</b>	<b>33</b>
	<i>Guido Sciavicco</i>	
2.1	Introducción: ¿Por qué la Lógica? . . . . .	33
2.2	Lógica proposicional . . . . .	36
2.2.1	Sintaxis y semántica . . . . .	36
2.2.2	Poder expresivo y límites de la Lógica Proposicional . . . . .	40
2.2.3	Métodos deductivos semánticos y coste computacional . . . . .	41
2.3	Lógica de primer orden . . . . .	46
2.3.1	Sintaxis y semántica . . . . .	46

2.3.2	Poder expresivo y límites de la lógica de primer orden . . . . .	49
2.3.3	Métodos deductivos y coste computacional . . . . .	49
2.3.4	Lógicas de orden superior al primero . . . . .	54
2.3.5	Fragmentos de LPO . . . . .	56
2.4	Extensiones de las lógicas clásicas . . . . .	57
2.4.1	¿Por qué extender las lógicas clásicas? . . . . .	57
2.4.2	Lógicas no monotónicas, razonamiento del sentido común y otras consideraciones . . . . .	57
2.4.3	Lógicas modales y mundos posibles . . . . .	59
2.4.4	Métodos deductivos y coste computacional de la Lógica Modal . . . . .	61
2.5	Aplicaciones: el ejemplo de las lógicas temporales . . . . .	64
2.5.1	Tipos de lógicas temporales . . . . .	64
2.5.2	Lógicas temporales basadas en puntos . . . . .	64
2.5.3	Lógicas temporales basadas en intervalos . . . . .	68
2.6	Ejercicios resueltos . . . . .	71
2.7	Ejercicios propuestos . . . . .	76
	Referencias . . . . .	80
<b>3</b>	<b>Sistemas basados en reglas</b>	<b>83</b>
	<i>María Jesús Taboada Iglesias y Asunción Gómez Pérez</i>	
3.1	Introducción . . . . .	83
3.2	Componentes básicos de los SBR . . . . .	84
3.2.1	Base de Hechos . . . . .	84
3.2.2	Base de Conocimiento . . . . .	85
3.2.3	Motor de inferencias . . . . .	87
3.3	Inferencia . . . . .	88
3.3.1	Encadenamiento hacia delante . . . . .	89
3.3.2	Encadenamiento hacia atrás . . . . .	97
3.3.3	Reversibilidad . . . . .	102
3.4	Técnicas de equiparación . . . . .	104
3.4.1	Equiparación con variables . . . . .	104
3.4.2	El algoritmo RETE . . . . .	109
3.5	Técnicas de resolución de conflictos . . . . .	111
3.6	Ventajas e inconvenientes . . . . .	116
3.7	Dominios de aplicación . . . . .	118
3.8	Resumen . . . . .	119
3.9	Ejercicios resueltos . . . . .	120
3.10	Ejercicios propuestos . . . . .	127
	Referencias . . . . .	130
<b>4</b>	<b>Redes semánticas y marcos</b>	<b>131</b>
	<i>María del Carmen Suárez de Figueroa Baonza y Asunción Gómez Pérez</i>	
4.1	Introducción . . . . .	131
4.2	Redes semánticas . . . . .	133

4.2.1	Representación de conocimiento . . . . .	133
4.2.2	Representación de predicados no binarios . . . . .	136
4.2.3	Representación de acciones . . . . .	136
4.2.4	Representación de conocimiento disjunto . . . . .	138
4.3	Inferencia de conocimiento en redes semánticas . . . . .	139
4.3.1	Equiparación . . . . .	139
4.3.2	Herencia de propiedades . . . . .	140
4.4	Marcos . . . . .	143
4.4.1	Representación de conocimiento . . . . .	143
4.4.2	Criterios de diseño . . . . .	155
4.5	Inferencia de conocimiento en SBM . . . . .	157
4.5.1	Equiparación . . . . .	157
4.5.2	Herencia de propiedades . . . . .	159
4.5.3	Valores activos . . . . .	161
4.6	Resumen . . . . .	162
4.7	Ejercicios resueltos . . . . .	163
4.8	Ejercicios propuestos . . . . .	164
	Referencias . . . . .	170
<b>5</b>	<b>Ontologías</b> . . . . .	<b>171</b>
	<i>Asunción Gómez Pérez, Mariano Fernández López y Óscar Corcho</i>	
5.1	Introducción . . . . .	171
5.2	Ontologías: definición y componentes . . . . .	172
5.3	Una metodología para el desarrollo de ontologías: METHONTOLOGY . . . . .	174
5.3.1	Proceso de desarrollo de ontologías y su ciclo de vida . . . . .	174
5.3.2	Conceptualización de una ontología de entidades legales . . . . .	178
5.4	Cómo construir una ontología legal con WebODE . . . . .	188
5.5	Otros métodos y herramientas para desarrollar ontologías . . . . .	190
5.5.1	Metodologías y métodos . . . . .	190
5.5.2	Herramientas . . . . .	191
5.6	Lenguajes de implementación de ontologías . . . . .	194
5.7	Resumen . . . . .	196
5.8	Ejercicios resueltos . . . . .	197
5.9	Ejercicios propuestos . . . . .	198
	Referencias . . . . .	200
<b>6</b>	<b>Sistemas basados en modelos probabilísticos</b> . . . . .	<b>207</b>
	<i>Luis Daniel Hernández Molinero</i>	
6.1	Introducción . . . . .	207
6.2	Conceptos básicos de la teoría de la probabilidad . . . . .	209
6.2.1	Fundamentos del cálculo de probabilidades . . . . .	209
6.2.2	Interpretaciones de la probabilidad . . . . .	211
6.2.3	Variables y probabilidades . . . . .	214
6.2.4	Probabilidad condicionada e independencia . . . . .	220
6.2.5	Regla de Bayes . . . . .	222

6.3	Una introducción a las redes bayesianas . . . . .	225
6.3.1	Redes causales y d-separación . . . . .	225
6.3.2	Redes bayesianas . . . . .	228
6.4	Razonamiento con redes bayesianas . . . . .	234
6.4.1	Inferencia probabilística . . . . .	236
6.4.2	Interpretación de evidencias . . . . .	249
6.5	Referencias bibliográficas y software . . . . .	253
6.6	Ejercicios propuestos . . . . .	254
	Referencias . . . . .	259
<b>7</b>	<b>Conjuntos borrosos</b> . . . . .	<b>263</b>
	<i>Paulo Félix Lamas y Alberto José Bugarín Diz</i>	
7.1	Introducción . . . . .	263
7.2	Conjuntos borrosos . . . . .	264
7.3	Semántica de los conjuntos borrosos . . . . .	266
7.4	Teorías de conjuntos borrosos . . . . .	268
7.5	Variable lingüística . . . . .	272
7.6	Principio de extensión . . . . .	274
7.6.1	Aritmética borrosa . . . . .	275
7.7	Relaciones borrosas . . . . .	277
7.7.1	Relaciones de similitud . . . . .	278
7.7.2	Relaciones de comparación . . . . .	279
7.7.3	Proyección. Extensión cilíndrica . . . . .	280
7.7.4	Composición de relaciones . . . . .	281
7.8	El condicional . . . . .	284
7.9	Cualificación lingüística . . . . .	287
7.10	Razonamiento borroso . . . . .	289
7.10.1	Condicionales con antecedente múltiple . . . . .	292
7.11	Cuantificación . . . . .	293
7.12	Lecturas recomendadas . . . . .	298
7.13	Resumen . . . . .	298
7.14	Ejercicios resueltos . . . . .	299
7.15	Ejercicios propuestos . . . . .	304
	Referencias . . . . .	305
<b>III</b>	<b>TÉCNICAS</b> . . . . .	<b>307</b>
<b>8</b>	<b>Introducción a las técnicas de búsqueda</b> . . . . .	<b>309</b>
	<i>María Camino Rodríguez Vela y Ramiro Varela Arias</i>	
8.1	Introducción . . . . .	309
8.2	Algunos ejemplos . . . . .	310
8.2.1	Generación de planes de actuación de robots . . . . .	310
8.2.2	Problemas de rutas óptimas en grafos . . . . .	312
8.2.3	Juegos con contrincante . . . . .	313

8.3	Formulación de problemas de búsqueda . . . . .	314
8.4	Métodos de búsqueda sin información . . . . .	315
8.4.1	Recorrido de árboles . . . . .	316
8.4.2	Recorrido de grafos . . . . .	321
8.5	Resumen . . . . .	326
8.6	Ejercicios resueltos . . . . .	327
8.7	Ejercicios propuestos . . . . .	335
	Referencias . . . . .	337
<b>9</b>	<b>Técnicas basadas en búsquedas heurísticas</b>	<b>339</b>
	<i>María Camino Rodríguez Vela y Ramiro Varela Arias</i>	
9.1	Introducción . . . . .	339
9.2	Búsqueda primero el mejor . . . . .	343
9.3	El algoritmo A* . . . . .	343
9.3.1	Descripción del algoritmo A* . . . . .	344
9.3.2	Propiedades formales . . . . .	345
9.3.3	Diseño de heurísticos simples . . . . .	353
9.3.4	Relajación de las condiciones de optimalidad . . . . .	357
9.3.5	Diseño sistemático de heurísticos . . . . .	360
9.4	Búsqueda con memoria limitada . . . . .	362
9.4.1	Algoritmo IDA* . . . . .	362
9.4.2	Algoritmo SMA* . . . . .	364
9.5	Algoritmos voraces . . . . .	366
9.6	Algoritmos de ramificación y poda . . . . .	366
9.7	Algoritmos de mejora iterativa o búsqueda local . . . . .	369
9.7.1	Algoritmos de escalada o máximo gradiente . . . . .	371
9.7.2	Temple simulado . . . . .	372
9.7.3	Búsqueda tabú . . . . .	373
9.8	Resumen . . . . .	374
9.9	Ejercicios resueltos . . . . .	375
9.10	Ejercicios propuestos . . . . .	381
	Referencias . . . . .	383
<b>10</b>	<b>Problemas de satisfacción de restricciones (CSP)</b>	<b>385</b>
	<i>Federico Baber Sanchís y Miguel Angel Salido Gregorio</i>	
10.1	Introducción . . . . .	385
10.2	Definiciones y conceptos básicos . . . . .	386
10.2.1	Definición de un problema de satisfacción de restricciones . . . . .	387
10.2.2	Definición y tipología de las restricciones . . . . .	388
10.3	Ejemplos de CSP y su modelización . . . . .	389
10.3.1	Coloración del mapa . . . . .	389
10.3.2	Criptografía . . . . .	390
10.3.3	El problema de las $N$ -reinas . . . . .	391

10.4	Técnicas CSP . . . . .	392
10.4.1	Métodos de búsqueda . . . . .	392
10.4.2	Técnicas de inferencia . . . . .	394
10.4.3	Técnicas híbridas . . . . .	402
10.5	Heurísticas de búsqueda . . . . .	407
10.5.1	Heurísticas de ordenación de variables . . . . .	408
10.5.2	Ordenación de valores. Tipos . . . . .	412
10.6	Extensiones de CSP . . . . .	413
10.6.1	CSP no binarios . . . . .	414
10.6.2	CSP distribuidos (DisCSP) . . . . .	416
10.6.3	CSP temporales y CSP dinámicos . . . . .	418
10.6.4	Otras extensiones . . . . .	421
10.7	Lecturas recomendadas . . . . .	423
10.8	Resumen . . . . .	423
10.9	Ejercicios resueltos . . . . .	424
10.10	Ejercicios propuestos . . . . .	427
	Referencias . . . . .	431
<b>11</b>	<b>Computación Evolutiva</b> . . . . .	<b>433</b>
	<i>Fernando Jiménez Barrionuevo</i>	
11.1	Introducción . . . . .	433
11.2	Un algoritmo genético simple . . . . .	436
11.2.1	Representación . . . . .	436
11.2.2	Obtención de la población inicial . . . . .	437
11.2.3	Función de evaluación . . . . .	437
11.2.4	Selección, muestreo, operadores genéticos y sustitución generacional . . . . .	438
11.2.5	Parámetros de entrada . . . . .	440
11.2.6	Ejemplo: Optimización de una función simple . . . . .	441
11.3	Fundamentos de los algoritmos genéticos . . . . .	443
11.4	Diseño de algoritmos evolutivos . . . . .	445
11.4.1	Representación . . . . .	446
11.4.2	Esquemas de selección, muestreo y sustitución generacional . . . . .	446
11.4.3	Operadores de variación . . . . .	448
11.4.4	Manejo de restricciones . . . . .	449
11.4.5	Optimización multiobjetivo . . . . .	451
11.4.6	Evaluación y validación de algoritmos evolutivos . . . . .	456
11.5	Lecturas recomendadas . . . . .	457
11.6	Resumen . . . . .	458
11.7	Ejercicios resueltos . . . . .	458
11.8	Ejercicios propuestos . . . . .	466
	Referencias . . . . .	468

<b>IV TAREAS</b>	<b>471</b>
<b>12 Diagnósis</b>	<b>473</b>
<i>Carlos Alonso González</i>	
12.1 Introducción . . . . .	473
12.1.1 Algunas definiciones . . . . .	474
12.2 Elementos básicos de un sistema de diagnóstico . . . . .	477
12.2.1 Espacio de búsqueda . . . . .	477
12.2.2 Modelo del sistema . . . . .	478
12.2.3 Ejemplo de sistema a diagnosticar . . . . .	478
12.2.4 Operaciones o subtareas . . . . .	479
12.3 Diagnósis basada en árboles de fallos . . . . .	485
12.4 Diagnósis basada en modelos de clasificación simbólica . . . . .	489
12.4.1 Clasificación simple . . . . .	489
12.4.2 Clasificación jerárquica . . . . .	497
12.4.3 Otros modelos de clasificación simbólica . . . . .	502
12.4.4 Implementación de un modelo de clasificación simbólica . . . . .	503
12.4.5 Un sistema de diagnóstico clásico: MYCIN . . . . .	505
12.5 Diagnósis basada en modelos: la aproximación basada en consistencia . . . . .	508
12.5.1 Motivación . . . . .	508
12.5.2 Diagnósis basada en consistencia . . . . .	510
12.5.3 Modelo formal de la diagnóstico basada en consistencia . . . . .	513
12.5.4 Limitaciones de la diagnóstico basada en consistencia . . . . .	518
12.5.5 Paradigma computacional: General Diagnostic Engine . . . . .	519
12.6 Métodos y modelos para la diagnóstico . . . . .	523
12.6.1 Métodos de clasificación . . . . .	524
12.6.2 Métodos basados en casos . . . . .	525
12.6.3 Métodos basados en modelos . . . . .	526
12.6.4 Origen de los modelos . . . . .	526
12.7 Resumen . . . . .	528
12.8 Lecturas recomendadas . . . . .	529
12.9 Ejercicios Propuestos . . . . .	530
Referencias . . . . .	534
<b>13 Planificación</b>	<b>537</b>
<i>Eva Onaindia de la Rivaherrera y Antonio Garrido Tejero</i>	
13.1 Introducción . . . . .	537
13.2 Problema de planificación . . . . .	539
13.3 Lenguaje de planificación PDDL . . . . .	541
13.4 Planificación en un espacio de estados . . . . .	543
13.4.1 Búsqueda hacia delante . . . . .	543
13.4.2 Búsqueda hacia atrás . . . . .	545
13.5 Planificación de orden parcial . . . . .	548
13.5.1 Estructura de un plan de orden parcial . . . . .	549
13.5.2 Búsqueda en un espacio de planes para POP . . . . .	551

13.5.3	Heurísticas para planificación de orden parcial . . . . .	555
13.6	Planificación basada en grafos de planificación . . . . .	557
13.6.1	Grafos de planificación . . . . .	557
13.6.2	Extracción de planes: Graphplan . . . . .	560
13.6.3	Heurísticas basadas en grafos de planificación . . . . .	564
13.7	Planificación basada en satisfacibilidad . . . . .	565
13.8	Planificación para el mundo real . . . . .	566
13.8.1	Planificación numérica: tiempo + recursos . . . . .	568
13.8.2	Planificación jerárquica . . . . .	571
13.8.3	Planificación con incertidumbre . . . . .	572
13.9	Lecturas recomendadas . . . . .	573
13.10	Ejercicios resueltos . . . . .	575
13.11	Ejercicios propuestos . . . . .	579
	Referencias . . . . .	582
<b>14</b>	<b>Control</b>	<b>589</b>
	<i>José M. Juárez Herrero, José J. Cañadas Martínez y Roque Marín Morales</i>	
14.1	Introducción . . . . .	589
14.2	Conceptos fundamentales . . . . .	590
14.2.1	Problema de control . . . . .	590
14.2.2	Componentes fundamentales de un sistema de control . . . . .	591
14.2.3	Tipos de sistemas de control . . . . .	591
14.2.4	Soluciones convencionales . . . . .	593
14.3	Métodos genéricos para control . . . . .	597
14.3.1	Control convencional frente a control inteligente . . . . .	597
14.3.2	Tarea genérica para el Control . . . . .	599
14.4	Control borroso . . . . .	601
14.4.1	Estructura básica . . . . .	602
14.4.2	Variables LHS / RHS . . . . .	605
14.4.3	Obtención de entradas borrosas: fuzzificación . . . . .	606
14.4.4	Base de Reglas Borrosas . . . . .	606
14.4.5	Mecanismo de inferencias . . . . .	607
14.4.6	Obtención de salidas precisas: defuzzificación . . . . .	612
14.5	Arquitecturas y herramientas . . . . .	614
14.5.1	Herramientas para control borroso . . . . .	614
14.5.2	Ejemplo de desarrollo de un controlador borroso . . . . .	616
14.6	Arquitecturas de pizarra . . . . .	624
14.6.1	Metáfora de la pizarra . . . . .	624
14.6.2	Componentes básicos de un sistema de pizarra . . . . .	625
14.6.3	Ciclo de control . . . . .	626
14.6.4	Características de las arquitecturas de pizarra . . . . .	630
14.7	Sistemas en tiempo real basados en conocimiento . . . . .	632
14.7.1	Sistemas en tiempo real . . . . .	632
14.7.2	Concepto de sistema en tiempo real basado en conocimiento . . . . .	633
14.7.3	Características de los STRBC . . . . .	633



14.7.4	Eventos asíncronos . . . . .	634
14.7.5	Razonamiento no monótono . . . . .	634
14.7.6	Modo de operación continuado . . . . .	634
14.7.7	Datos inciertos o imprecisos . . . . .	635
14.7.8	Razonamiento temporal . . . . .	635
14.7.9	Tiempo de respuesta garantizado . . . . .	636
14.7.10	Foco de atención . . . . .	637
14.7.11	Herramientas para Sistemas Expertos en Tiempo Real . . . . .	637
14.8	Lecturas recomendadas . . . . .	639
14.9	Resumen . . . . .	640
14.10	Ejercicios propuestos . . . . .	641
	Referencias . . . . .	644
<b>V</b>	<b>APRENDIZAJE Y MINERÍA DE DATOS</b>	<b>647</b>
<b>15</b>	<b>Redes neuronales</b>	<b>649</b>
	<i>Bertha Guijarro Berdiñas, Óscar Fontela Romero y Noelia Sánchez Meroño</i>	
15.1	Introducción . . . . .	649
15.1.1	¿Qué es una red de neuronas? . . . . .	649
15.1.2	Tipos básicos de problemas . . . . .	651
15.1.3	Proceso de entrenamiento o aprendizaje . . . . .	652
15.2	Métodos de aprendizaje supervisado . . . . .	654
15.2.1	Redes de neuronas de una capa: el Perceptrón . . . . .	654
15.2.2	El perceptrón multicapa . . . . .	657
15.2.3	Redes de base radial . . . . .	664
15.3	Métodos de aprendizaje no supervisados . . . . .	672
15.3.1	Mapas autoorganizativos . . . . .	673
15.4	Máquina de Vectores Soporte . . . . .	674
15.4.1	Caso linealmente separable . . . . .	675
15.4.2	Caso no linealmente separable . . . . .	679
15.4.3	Máquinas de vectores soporte no lineales . . . . .	681
15.4.4	Máquinas de Vectores Soporte Multiclase . . . . .	682
15.5	Resumen . . . . .	683
15.6	Ejercicios propuestos . . . . .	684
	Referencias . . . . .	687
<b>16</b>	<b>Técnicas de agrupamiento</b>	<b>691</b>
	<i>Amparo Vila Miranda y Miguel Delgado Calvo-Flores</i>	
16.1	Introducción . . . . .	691
16.2	Conceptos básicos . . . . .	692
16.3	Los datos de partida . . . . .	695
16.3.1	La matriz de elementos . . . . .	696
16.3.2	Índices de proximidad: distancias y semejanzas . . . . .	696
16.4	Técnicas de agrupamiento jerárquico . . . . .	699

16.4.1	Ideas básicas . . . . .	699
16.4.2	Algoritmos para el agrupamiento jerárquico . . . . .	700
16.5	Técnicas de agrupamiento particional . . . . .	703
16.5.1	Ideas iniciales . . . . .	703
16.5.2	El método de las $k$ -medias . . . . .	704
16.5.3	DBSCAN: un método basado en el análisis de densidad . . . . .	707
16.6	Nuevos resultados y extensiones . . . . .	709
16.6.1	Resultados recientes sobre agrupamiento jerárquico . . . . .	709
16.6.2	Extensiones a los métodos particionales prototípicos: los métodos de $k$ -medoides . . . . .	711
16.7	Técnicas de agrupamiento borroso . . . . .	713
16.7.1	Agrupamientos borrosos particionales . . . . .	714
16.7.2	Agrupamientos jerárquicos y conjuntos borrosos . . . . .	717
16.8	Herramientas software para el agrupamiento . . . . .	718
16.9	Lecturas recomendadas . . . . .	720
16.10	Resumen . . . . .	721
16.11	Ejercicios propuestos . . . . .	721
	Referencias . . . . .	722
<b>17</b>	<b>Aprendizaje de árboles y reglas de decisión</b>	<b>725</b>
	<i>César Ferri Ramírez y María José Ramírez Quintana</i>	
17.1	Introducción . . . . .	725
17.2	Inducción de árboles de decisión . . . . .	727
17.3	Aprendizaje de reglas por cobertura . . . . .	732
17.4	Reestructuración de reglas . . . . .	736
17.5	Otras aplicaciones de los árboles de decisión . . . . .	739
17.6	Extensiones de árboles y reglas de decisión . . . . .	741
17.6.1	Métodos multclasificadores . . . . .	741
17.7	Sistemas y aplicabilidad . . . . .	743
17.8	Lecturas recomendadas . . . . .	746
17.9	Resumen . . . . .	747
17.10	Ejercicios resueltos . . . . .	748
17.11	Ejercicios propuestos . . . . .	755
	Referencias . . . . .	758
<b>18</b>	<b>Técnicas de extracción de reglas</b>	<b>763</b>
	<i>María José Ramírez Quintana y José Hernández Orallo</i>	
18.1	Introducción . . . . .	763
18.2	Técnicas de extracción de reglas a partir de modelos de caja negra . . . . .	766
18.3	Técnicas de extracción de reglas sobre redes neuronales . . . . .	770
18.3.1	Métodos globales . . . . .	772
18.3.2	Métodos locales . . . . .	776
18.4	Técnicas de extracción de reglas sobre otros paradigmas . . . . .	779
18.5	Técnicas de extracción de reglas borrosas . . . . .	780
18.5.1	Técnicas de extracción directa (caja negra) . . . . .	781

18.5.2	Sistemas neuroborrosos (neuro-fuzzy) . . . . .	784
18.6	Lecturas recomendadas . . . . .	786
18.7	Resumen . . . . .	786
18.8	Ejercicios resueltos . . . . .	788
18.9	Ejercicios propuestos . . . . .	790
	Referencias . . . . .	792
<b>VI ASPECTOS METODOLÓGICOS Y APLICACIONES</b>		<b>799</b>
<b>19 Ingeniería del Conocimiento</b>		<b>801</b>
	<i>Adolfo Lozano Tello</i>	
19.1	Introducción a la Ingeniería del Conocimiento . . . . .	801
19.2	Adquisición del conocimiento . . . . .	803
19.2.1	Técnicas manuales de adquisición del conocimiento . . . . .	804
19.2.2	Técnicas semiautomáticas de adquisición del conocimiento . . . . .	806
19.2.3	Técnicas automáticas de adquisición del conocimiento . . . . .	808
19.2.4	Adquisición del conocimiento a partir de un grupo de expertos . . . . .	809
19.3	Sistemas basados en conocimiento . . . . .	810
19.3.1	Estructura de los SBCs . . . . .	811
19.3.2	Propiedades de los SBCs . . . . .	812
19.4	Métodos de desarrollo de sistemas basados en conocimiento . . . . .	813
19.4.1	La metodología CommonKADS . . . . .	815
19.5	Construcción de SBC usando CK . . . . .	816
19.5.1	Modelado del contexto en CommonKADS . . . . .	818
19.5.2	Modelado conceptual en CommonKADS . . . . .	829
19.5.3	Modelado artefactual en CommonKADS . . . . .	845
19.6	Lecturas recomendadas . . . . .	851
19.7	Resumen . . . . .	851
19.8	Ejercicio propuesto . . . . .	852
	Referencias . . . . .	853
<b>20 Sistemas multiagentes</b>		<b>857</b>
	<i>Juan Pavón Mestras</i>	
20.1	Introducción . . . . .	857
20.2	Arquitecturas de agentes . . . . .	859
20.2.1	Agentes deliberativos . . . . .	861
20.2.2	Agentes reactivos . . . . .	864
20.2.3	Agentes híbridos . . . . .	866
20.3	Sociedades de agentes . . . . .	867
20.3.1	Organizaciones de agentes . . . . .	868
20.3.2	Coordinación en SMA . . . . .	869
20.3.3	Negociación, confianza y reputación . . . . .	869
20.4	Comunicación entre agentes . . . . .	870
20.4.1	El lenguaje FIPA-ACL . . . . .	872

20.4.2	Protocolos de comunicación . . . . .	874
20.5	Métodos, herramientas y plataformas . . . . .	875
20.5.1	Programación de agentes . . . . .	877
20.5.2	Plataformas de agentes FIPA . . . . .	878
20.6	Aplicaciones de los agentes . . . . .	880
20.7	Ejercicios resueltos: Análisis y diseño de un SMA . . . . .	882
	Ejercicios Resueltos: Análisis y diseño de un SMA . . . . .	882
20.8	Ejercicios propuestos . . . . .	888
	Referencias . . . . .	889
<b>21</b>	<b>Verificación y validación de sistemas inteligentes</b>	<b>891</b>
	<i>Vicente Moret Bonillo y Eduardo Mosqueira Rey</i>	
21.1	Introducción . . . . .	891
21.2	Verificación de sistemas inteligentes . . . . .	893
21.2.1	Cumplimiento de las especificaciones . . . . .	893
21.2.2	Verificación de los mecanismos de inferencia . . . . .	894
21.2.3	Verificación de la base de conocimientos . . . . .	895
21.2.4	Influencia de las medidas de incertidumbre . . . . .	898
21.3	Validación de sistemas inteligentes . . . . .	899
21.3.1	Personal involucrado . . . . .	899
21.3.2	Qué validar . . . . .	900
21.3.3	Casuística de validación . . . . .	900
21.3.4	Validación contra el experto . . . . .	902
21.3.5	Validación contra el problema . . . . .	903
21.4	Métodos cuantitativos de validación . . . . .	904
21.4.1	Medidas de pares . . . . .	904
21.4.2	Medidas de grupo . . . . .	910
21.4.3	Ratios de acuerdo . . . . .	913
21.5	Síntesis metodológica del proceso de validación . . . . .	918
21.5.1	Planificación del proceso . . . . .	918
21.5.2	Fase de aplicación de técnicas . . . . .	920
21.5.3	Interpretación de resultados . . . . .	921
21.6	Resumen . . . . .	922
21.7	Ejercicios resueltos . . . . .	923
21.8	Ejercicios propuestos . . . . .	931
	Referencias . . . . .	934
<b>22</b>	<b>Razonamiento basado en casos</b>	<b>937</b>
	<i>José Manuel Juárez Herrero y José Tomás Palma Méndez</i>	
22.1	Introducción . . . . .	937
22.2	Sistemas de Razonamiento Basado en Casos . . . . .	939
22.3	Elementos de un SRBC . . . . .	941
22.3.1	Los casos y su descripción . . . . .	942
22.3.2	Librería de casos . . . . .	944
22.3.3	Determinación de casos similares . . . . .	947

22.4	El ciclo RBC. Etapas-RE . . . . .	953
22.4.1	Recuperar . . . . .	954
22.4.2	Reutilizar . . . . .	956
22.4.3	Revisar . . . . .	957
22.4.4	Retener . . . . .	958
22.4.5	Mantenimiento . . . . .	958
22.5	Aplicaciones de los sistemas RBC . . . . .	959
22.6	Herramientas para el desarrollo de SRBC . . . . .	962
22.7	Lecturas recomendadas y recursos en Internet . . . . .	966
22.8	Resumen . . . . .	967
22.9	Ejercicios resueltos . . . . .	968
22.10	Ejercicios propuestos . . . . .	972
	Referencias . . . . .	973
<b>23</b>	<b>Reconocimiento de Formas</b> . . . . .	<b>975</b>
	<i>Mario Hernández Tejera, Javier Lorenzo Navarro y Juan Méndez Rodríguez</i>	
23.1	Introducción . . . . .	975
23.2	Modelos estadísticos . . . . .	979
23.2.1	Clasificador bayesiano de mínimo error . . . . .	980
23.2.2	Clasificador bayesiano de mínimo riesgo . . . . .	982
23.2.3	Distribuciones normales multivariantes . . . . .	984
23.2.4	Estimación de distribuciones . . . . .	985
23.3	Modelos geométricos de la decisión . . . . .	987
23.3.1	Funciones discriminantes . . . . .	987
23.3.2	Clasificación por funciones de distancia . . . . .	989
23.3.3	Separabilidad Lineal y la dimensión Vapnik-Chervonenkis . . . . .	993
23.4	Aprendizaje de clasificadores lineales . . . . .	995
23.4.1	Procedimiento perceptrón . . . . .	996
23.4.2	Procedimientos de mínimo error cuadrático . . . . .	998
23.4.3	Máquina de vectores soportes . . . . .	1001
23.5	Aprendizaje de clasificadores no lineales . . . . .	1005
23.5.1	Topología de perceptrones multicapa . . . . .	1005
23.5.2	Redes de funciones de base radial . . . . .	1007
23.6	Selección de características . . . . .	1009
23.6.1	Análisis de componentes principales . . . . .	1010
23.6.2	Análisis de componentes independientes . . . . .	1011
23.6.3	Escalado multidimensional . . . . .	1013
23.7	Validación y comparación de clasificadores . . . . .	1014
23.7.1	Test de clasificadores . . . . .	1015
23.7.2	Comparación de prestaciones . . . . .	1017
23.8	Ejercicios propuestos . . . . .	1018
	Referencias . . . . .	1022