

# RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS

---

---

---

---

---

---

---

---

## Objetivos

Después de atender este curso Vd..

- Dispondrá de un vocabulario sobre RBC
- Conocerás las técnicas de RBC
- Ventajas del RBC respecto a otros métodos
- Campo de aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 2

---

---

---

---

---

---

---

---

## Índice

1. Introducción
2. La librería de casos
3. Recuperación
4. Adaptación
5. Evaluación
6. Aprendizaje
7. Consideraciones finales
8. Aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 3

---

---

---

---

---

---

---

---

# 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Qué es el RBC
- 1.2 Del razonamiento analógico al razonamiento basado en casos
- 1.3 Etapas
- 1.4 Ejemplos
- 1.5 Aplicaciones
- 1.6 El modelo cognitivo

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.1 Qué es el RBC?

- RBC es razonar por recuerdo
- RBC resuelve problemas nuevos adaptando soluciones que se han usado en la solución de problemas viejos
- RBC es una nueva aproximación a la resolución de problemas y el aprendizaje
- RBC es una forma con que las personas resolvemos problemas usando casos a la vez que una manera para construir máquinas que los usen

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.2 Analogía

### Intuición

“Si dos situaciones son similares en algún aspecto, entonces pueden serlo en otro”.

+ Si conocemos el funcionamiento de un circuito RLC, es fácil comprender un sistema de fuerzas.

- Los antiguos querían construir máquinas para volar observando como movían las alas los pájaros

---

---

---

---

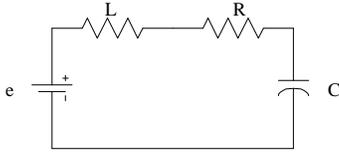
---

---

---

---

## Analogía +. Circuito RLC



$$e = L \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} + R \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{1}{C} q$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

7

---

---

---

---

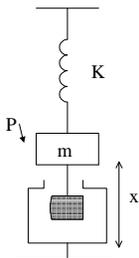
---

---

---

---

## Analogía +. Sistema de fuerzas



Fuerza  $p = e$  Tensión  
 Masa  $m = L$  Inductancia  
 Coef. Elasticidad  $f = R$  Resistencia  
 Desplazamiento  $x = q$  Carga

$$p = m \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + f \frac{\partial x}{\partial t} + Kx$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

8

---

---

---

---

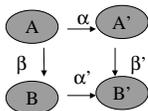
---

---

---

---

## Definiciones



$\beta$ : Causalidad entre A y B  
 $\alpha$ : Similitud entre A y A'  
 $\beta'$ : Razonamiento analógico

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

9

---

---

---

---

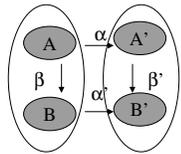
---

---

---

---

## Definiciones



dominio base      dominio objetivo  
*el sistema solar      el átomo de hidrógeno*

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 10

---

---

---

---

---

---

---

---

## Definiciones

$$\frac{\alpha(S) \wedge \beta(S)}{\alpha(T)} \quad \beta(T)$$

Analogía: proceso de inferir una conclusión  $\beta$  sobre una situación/objeto T por el hecho que T comparte una propiedad (o conjunto de propiedades)  $\alpha$  con otra situación/objeto S que tiene la propiedad  $\beta$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 11

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo: Analogía entre el agua de un río y la corriente eléctrica

$\beta$ : el agua se mueve desde los lugares altos hacia los bajos

$\alpha$ : el flujo del agua es similar a la corriente eléctrica

$\beta'$ : la corriente eléctrica fluye desde el potencial alto hacia el bajo

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 12

---

---

---

---

---

---

---

---

## Procedimiento analógico (modelo unificado)

1. Recuperación
2. Elaboración
3. Correspondencia
4. Justificación
5. Consolidación o aprendizaje

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modelo de Greiner

Inferencia analógica útil ( $\mid \sim$ ): búsqueda de las suposiciones/conjeturas sobre A que aporten algo a la solución de un problema P

$$T, A \sim B \mid \sim \varphi(A)$$

T: teoría

$A \sim B$ : posible analogía ( $\alpha$ )

$\varphi(A)$ : resultado de la analogía ( $\beta$ )

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

14

---

---

---

---

---

---

---

---

## Propiedades del modelo de Greiner

- Novedad:  $T \mid \neq \varphi(A)$
- Consistencia:  $T \mid \neq \neg\varphi(A)$
- Fundamentación:  $T \mid = \varphi(B)$
- Utilidad:  $T \cup \varphi(A) \mid = P$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

15

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ejemplo (I)

Flujo A=3

Flujo B = 9

Flujo C = ?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 16

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ejemplo (II)

- Teoría disponible:  $T_{ce}$  (teoría sobre la corriente eléctrica)
- Novedad:  $T_{ce} \not\sim$  Flujo C
- Suposición analógica:  
corriente eléctrica  $\sim$  flujo del agua

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 17

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ejemplo (III)

Conocimiento sobre el dominio de la corriente eléctrica: 1ª Ley de Kirchoff (K1)

I1

I2

$I3 = I1 + I2$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 18

---

---

---

---

---

---

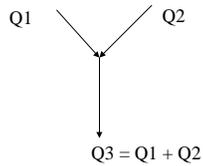
---

---

## Ejemplo (IV)

Aplicamos la K1 sobre el flujo

$T_{ce}$ , Corriente~Flujo |  $\sim$  K1(Flujo)



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

19

---

---

---

---

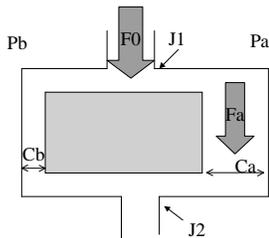
---

---

---

---

## Complejidad de la inferencia analógica útil



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

20

---

---

---

---

---

---

---

---

## Analogías necesarias

K1: primera ley de Kirchoff

K2: segunda ley de Kirchoff

Ohm: Ley de Ohm

Cons: Ley de conservación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

21

---

---

---

---

---

---

---

---

## Fórmula analógica

Basada en la combinación de todas las analogías necesarias

$\varphi$ (corriente, potencial, resistencia, resistor)

$\varphi$ (flujo, presión, tubo, características)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Dificultades

- Encontrar la correspondencia adecuada entre variables
- Conocer que propiedades de la corriente eléctrica se mantienen en hidráulica

---

---

---

---

---

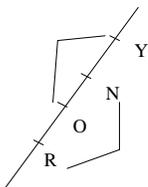
---

---

---

## Analogía transformacional

Equivalencia de segmentos



Si RO y NY son iguales,  
demostrar que RN y OY  
son iguales

$$RO = NY$$

$$ON = ON$$

$$RO + ON = NY + ON$$

$$RO + ON = ON + NY$$

$$RN = OY$$

---

---

---

---

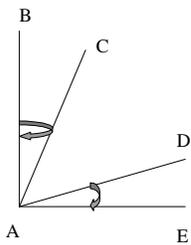
---

---

---

---

## Equivalencia de ángulos



Si BAC y DAE son iguales,  
demostrar que BAD y CAE  
lo son.

$$\begin{aligned} \text{BAC} &= \text{DAE} \\ \text{CAD} &= \text{CAD} \\ \text{BAC} + \text{CAD} &= \text{DAE} + \text{CAD} \\ \text{BAC} + \text{CAD} &= \text{CAD} + \text{DAE} \\ \text{BAD} &= \text{CAE} \end{aligned}$$

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

25

---

---

---

---

---

---

---

---

## Analogía transformacional

La aplicación estricta del mismo conjunto de  
operadores, en el mismo orden, es una  
solución analógica.

⇒ El modelo de analogía transformacional  
resuelve la analogía mediante un  
procedimiento de búsqueda de operadores.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

26

---

---

---

---

---

---

---

---

## Análisis de medios a fines (*means-ends analysis*).

- Similitud entre problemas: estado inicial, final, restricciones, aplicabilidad de los operadores.
- Estrategias: búsqueda de precedentes, transformación de la solución, métodos de modificación de soluciones (permutaciones, inserciones, etc.)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

27

---

---

---

---

---

---

---

---

## ARIES

- Implementación del método de analogía transformacional
- Métrica de similitud
- Operadores: inserción de un operador en la secuencia, eliminación, expansión de la solución, sustitución de operadores equivalentes, etc.
- Organización de la memoria
- La búsqueda de t-operadores puede resultar muy compleja.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

28

---

---

---

---

---

---

---

---

## Analogía y Razonamiento basado en casos

Razonamiento analógico:  
inter-dominio



Razonamiento basado en casos:  
intra-dominio

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

29

---

---

---

---

---

---

---

---

## Razonamiento basado en casos

- Experto vs. principiante
- Aprendizaje vs. razonamiento
- Fundamentos analógicos
  - intra-dominio
  - aprendizaje

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

30

---

---

---

---

---

---

---

---

## RBC

- Ventajas:
  - técnica de adquisición de conocimientos
  - técnica de resolución de problemas
  - dominios de difícil estructuración
- Inconvenientes
  - memoria
  - manipulación de la incertidumbre

---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.3 Etapas

- Recuperación
- Correspondencia (*Matching*)
- Adaptación
- Evaluación
- Aprendizaje

---

---

---

---

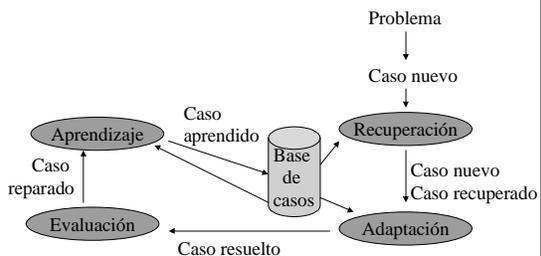
---

---

---

---

## Etapas



---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.4. Ejemplo. RBC para la generación de programas

Objetivo: generar nuevos programas a través de la adaptación de viejos

Input: comportamiento deseado del programa

Output: código

Librería de casos: trozos de código con anotaciones

---

---

---

---

---

---

---

---

## Caso en la librería

Código =

```
(DEFUN F1 (N)
```

```
  (DO ((I 1 (+ I 1))
```

```
    (S 0 (+ I S)))
```

```
    (> I N) S)))
```

Especificación =

“Sumar desde 1 hasta N”

Acumulador = +

Fuente =

Rango .tipo = entero

.inicio = 0

.final = N

.incr = +

.paso = 1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Nuevo problema

Comportamiento deseado:

multiplicar desde 1 hasta N

Especificación = “Multiplica desde 1 hasta N”

Acumulador = \*

Fuente = Rango .tipo = entero

.inicio = 1

.final = N

.incr = +

.paso = 1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Recuperación y adaptación

- Recuperado: F1
- Diferencias:
  - Acumulador:
    - caso nuevo: \*
    - caso recuperado: +
- Resolución de diferencias: substituir + por \*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Resultado

```
(DEFUN F2 (N)
  (DO ((I 1 (+ I 1))
      (S 0 (* I S)))
    (> I N) S)))
```

---

---

---

---

---

---

---

---

## Evaluación

<i>Expresión</i>	<i>Res. Esperado</i>	<i>Res. Actual</i>
(F2 5)	120	0

Explicación del fallo: (DEFUN F2 (N)

```
(DO ((I 1 (+ I 1))
    (S 0 (* I S)))
  (> I N) S)))
```

(S 0 (\* I S)) genera 0 \* 1 \* 2 \* 3 \* 4 \* 5 = 0

---

---

---

---

---

---

---

---

## Reparación

- Substituir 0 en (S 0 (\* I S)) por 1.
- Nuevo resultado

```
(DEFUN F3 (N)
  (DO ((I 1 (+ I 1))
      (S 1 (* I S)))
    (> I N ) S)))
```

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aprendizaje: índices y almacenamiento

Código =	Especificación =
(DEFUN F3 (N)	“Multiplica desde 1 hasta N”
(DO ((I 1 (+ I 1))	Acumulador = *
(S 1 (+ I S)))	Fuente =
(> I N ) S)))	Rango .tipo = entero

.inicio = 1  
.final = N  
.incr = +  
.paso = 1

---

---

---

---

---

---

---

---

## Conclusiones +

- Se ha generado código real
- Hay muy poco conocimiento sobre programación
- Las mismas reglas de adaptación pueden funcionar para otros trozos de código LISP
- Reglas similares pueden funcionar con otros lenguajes (PASCAL)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Advertencias

- Es un tipo de programación pensado para “patches” en un lenguaje no habitual del programador
- No hay garantía de que la solución generada funcione
- Se necesitaría mucho más conocimiento para adaptar diferentes códigos a objetivos múltiples
- Existe una dependencia crítica en la forma de indizar el código (especificaciones correctas).

---

---

---

---

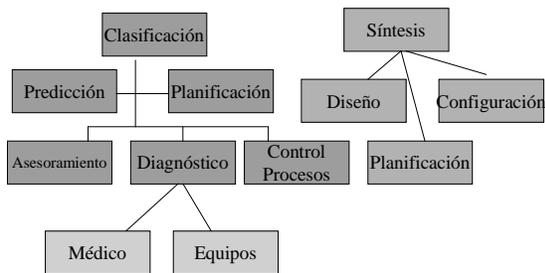
---

---

---

---

## 1.5 Aplicaciones



---

---

---

---

---

---

---

---

## 1.6 El modelo cognitivo

- RBC: una metodología para modelar el proceso del pensamiento y razonamiento humano
  - RBC: una metodología para construir sistemas inteligentes
- ⇒ Desde el punto de vista de la ingeniería interesa la construcción de sistemas inteligentes

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2. LA LIBRERÍA DE CASOS

- 2.1 Representación de casos
- 2.2 Índices
- 2.3 Organización: la librería de casos

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2.2 Casos

- Caso: Conocimiento contextualizado que representa una experiencia en la que se muestra una lección fundamental para consolidar los objetivos de un razonamiento
- Partes:
  - Contenido (la lección)
  - Contexto (--> índices)
- Características
- Prototipos vs. individuos

---

---

---

---

---

---

---

---

## Características (contenido)

- Descriptivas del problema
  - Objetivos a resolver
  - Restricciones sobre los objetivos
  - Otra información descriptiva (datos iniciales)
- Soluciones
  - La solución propiamente dicha
  - Los pasos del proceso de razonamiento (traza)
  - Justificaciones de las decisiones
  - Soluciones alternativas
  - Expectativas

---

---

---

---

---

---

---

---

## Características...

- “Feedbak” del resultado (si existe)
  - Éxito o fracaso de la solución
  - Expectativas cumplidas o violadas
  - Explicación del fracaso

*Explicación de las anomalías, explicación de las estrategias de reparación, siguiente caso, ...*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

RECETA1  
Ingredientes:  
Besugo(1)  
Tocino (2 tiras)  
Pimiento\_morrón (2 tiras)  
Limón (1)  
Aceite\_oliva (1dl)  
Vino\_blanco (1dl)  
Sal  
Perejil  
Ajos (2)  
Pan\_rallado (1 cuch)  
Mantequilla (1 cuch)  
Solución: Besugo\_al\_horno

---

---

---

---

---

---

---

---

## Prototipo y individuos

RECETA1  
Ingredientes:  
Besugo(1)  
Tocino (2 tiras)  
Pimiento\_morrón (2 tiras)  
Limón (1)  
Aceite\_oliva (1dl)  
Vino\_blanco (1dl)  
Sal  
Perejil  
Ajos (2)  
Pan\_rallado (1 cuch)  
Mantequilla (1 cuch)  
Solución: Besugo\_al\_horno

RECETA2  
Ingredientes:  
Pescado (1)  
Tocino (2 tiras)  
Pimiento (2 tiras)  
Cítrico (1)  
Aceite (1dl)  
Vino (1dl)  
Especias  
Espesante (1 cuch)  
Grasa\_animal (1 cuch)  
Solución: Pescado\_al\_horno

---

---

---

---

---

---

---

---

## Casos...

- Caso de memoria vs. caso actual  
*(resolviendo problemas nuevos)*
- Casos de memoria vs. casos de test  
*(prueba del sistema)*

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2.2 Índices

- Características de los casos que se usan para recuperarlos de la memoria cuando son útiles (--> contexto)
- Propiedades:
  - Predicción
  - Utilidad
  - Abstracción
  - Concreción

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de selección de índices (vocabulario)

- La aproximación funcional: se examina los casos disponibles y las tareas a realizar, buscando para que sirve cada caso y la forma en la que necesita ser descrito.
- La aproximación basada en el recuerdo: se examinan los índices que resultan naturales a los expertos humanos que realizan las tareas, buscando los descriptores que son importantes para determinar las similitudes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vocabulario: propiedades

- Cobertura
- Expresivo
- Significado discernible
- Significado diferenciador
- Incremental y pragmático

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vocabulario de índices de aplicación general

- Menor esfuerzo de desarrollo
- Compartición de librerías

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de elaboración de índices

- Las librerías se inicializan con casos no resueltos previamente por el sistema
- Métodos:
  - A mano (manual)
  - A máquina (automáticos)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Método manual: procedimiento

- Determinar para qué sirve el caso
- Determinar cuándo (circunstancias) es útil referenciar el caso respecto a la tarea que realiza el sistema
- Traducir las circunstancias al vocabulario de índices
- Generalizar y concretizar las circunstancias según convenga

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

58

---

---

---

---

---

---

---

---

## Método manual: adecuado cuando

- Los casos son complejos
- Se requiere una indexación precisa
- Se necesita mucho y complejo conocimiento para generar los índices

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

59

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos automáticos

- Lista de características predictivas
  - Son difíciles de calcular
  - Requieren un mantenimiento
- Basados en explicaciones
  - Asignación de créditos y culpas a los índices en función del éxito o el fracaso
  - Muy dependiente del dominio

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

60

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos automáticos...

- Basados en diferencias
  - Determinar las características que diferencian el caso del resto de casos de la librería
  - Recuperación más ajustada
- Combinación de todos los métodos anteriores

---

---

---

---

---

---

---

---

## 2.3 Organización de la librería

- La librería de casos se puede ver como un caso especial de bases de datos.
  - Tiene grandes cantidades de datos
  - Los datos deben ser recuperados de forma eficiente

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organizaciones de memoria

- Organización plana, búsqueda en serie
- Organización jerárquica, redes de características compartidas
- Redes de discriminación con prioridades
- Redes de discriminación con redundancias
- Organización plana, búsqueda en paralelo
- Organización jerárquica, búsqueda en paralelo

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización plana, búsqueda en serie

- Los casos se almacenan en una lista, tabla, fichero.

Pequeño Rojo Esfera	Pequeño Rojo Piramide	Grande Rojo Esfera	Grande Azul Prisma
---------------------------	-----------------------------	--------------------------	--------------------------

- Búsqueda: recorrido por todos los casos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

64

---

---

---

---

---

---

---

---

Input: Grande, Naranja, Prisma

	Tamaño	Color	Forma
Pequeño, Rojo, Esfera	no	parcial	no
Grande, Rojo, Pirámide	si	parcial	no
Grande, Rojo, Esfera	si	parcial	no
Grande, Azul, Prisma	si	no	si

Output: Grande, Azul, Prisma

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

65

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización plana ...

- Ventajas
  - Devuelve el caso o conjunto de casos más similares
  - El proceso de añadir un caso es simple
- Inconvenientes
  - La recuperación es costosa
- Variaciones
  - Indexación superficial
  - Partición de la librería de casos
  - Búsqueda y comparación en paralelo.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

66

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización jerárquica, redes de características compartidas

- Cada caso en un nodo de un árbol o DAG
- El grafo subdivide el espacio en función de las características compartidas por los casos
- Se pueden incluir umbrales (*threshold*) sobre los valores de las características.
- Recuperación: se recorre el árbol en amplitud, siguiendo los nodos (*clusters* de casos) que tienen mayor similitud.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

67

---

---

---

---

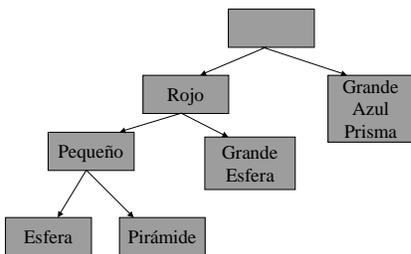
---

---

---

---

## Ejemplo



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

68

---

---

---

---

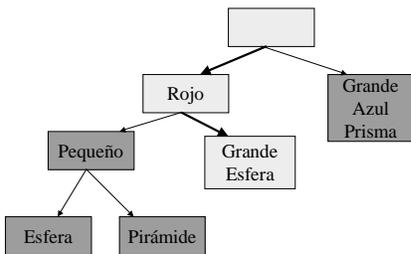
---

---

---

---

Input: Grande, Naranja, Prisma



Output: Grande, Roja, Esfera

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

Grande, Roja, Esfera

---

---

---

---

---

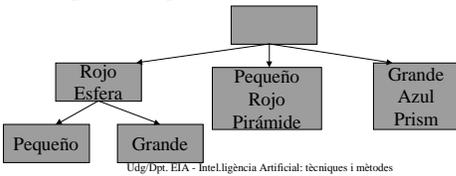
---

---

---

## Consideraciones

- La jerarquía de los nodos debe de corresponder a la importancia de las características.
- En el ejemplo, si FORMA es más importante que COLOR:



---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización jerárquica...

- Ventajas
  - Más eficiente
- Inconvenientes
  - La incorporación de un caso es más compleja
  - El mantenimiento óptimo es costoso
  - Se necesita espacio para la organización
  - No hay garantía de que algún caso mejor no se recupere

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

71

---

---

---

---

---

---

---

---

## Redes de discriminación con prioridades

- Cada nodo representa una característica
- Los subnodos son posibles valores a la característica del nodo padre
- Las características más importantes están próximas a la raíz del árbol
- Recuperación: preguntar la característica asociada al nodo y descender por el subnodo que corresponda al valor

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

72

---

---

---

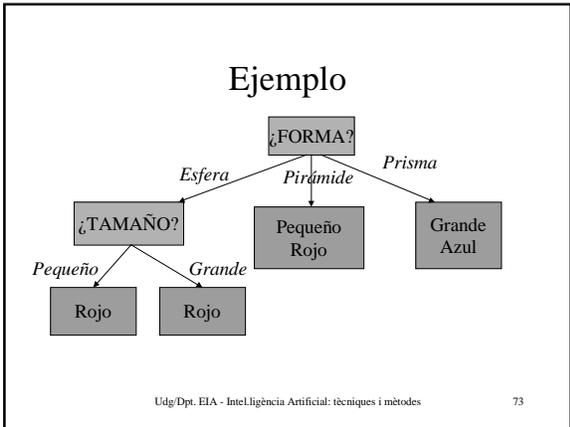
---

---

---

---

---




---

---

---

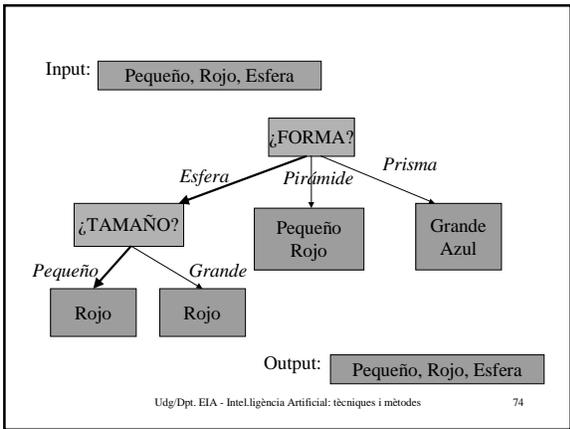
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

- ### Redes...
- **Ventajas**
    - Las mismas que las redes de características compartidas
    - La recuperación basada en preguntas y respuestas es más eficiente
    - Se tiene en cuenta la utilidad de las características
  - **Inconvenientes**
    - Las mismas que las redes de características compartidas
    - Manipulación de la información incompleta
- Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 75

---

---

---

---

---

---

---

---

## Redes de discriminación con redundancias

- Pueden manipular información incompleta
- Organizan los ítems usando diferentes redes de discriminación, cada una de ellas con un orden de preguntas diferentes
- Las redes se atraviesan en paralelo.

---

---

---

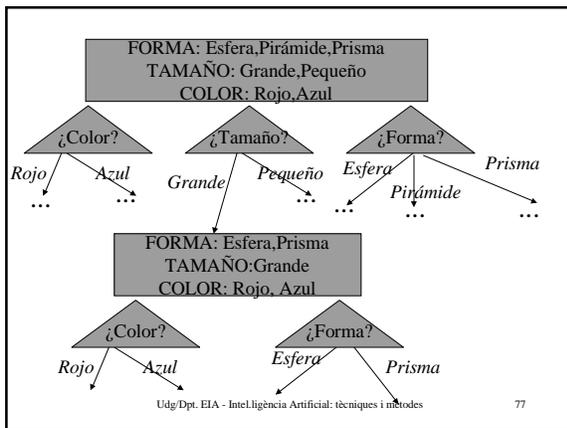
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

## Redes...

- Ventajas
  - Cuando falta información para seguir por una red, se puede continuar el proceso por otra red alternativa
  - Generalización de los casos a medida que se incorporan en memoria

---

---

---

---

---

---

---

---

## Redes...

- Inconvenientes
  - Se necesita espacio extra
  - El proceso de recuperación puede devolver muchos casos
  - Coste alto del proceso de incorporación

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización plana, búsqueda en paralelo

- Cuando se dispone de una máquina paralela
- Los casos se almacenan como vectores de características en una memoria direccionable por contenido (eg. *Connection Machine*)
- Recuperación: en paralelo, a través de los vectores de características

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización plana...

- Ventajas
  - Se analizan todos los casos
  - Es rápido (depende de las características de la máquina)
  - El proceso de añadir un caso es sencillo
- Inconvenientes
  - El hardware es caro
  - Sensibilidad limitada cuando se requiere “matching” contextual o parcial

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización jerárquica, búsqueda en paralelo

- Cada caso y cada nodo tiene asociado un procesador
- Por cada par atributo-valor del caso nuevo se recupera todos los nodos, seleccionando el más específico (y sus antecesores)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organización jerárquica...

- Ventajas
  - Se permiten generalizaciones
  - Recuperación eficiente
- Inconvenientes
  - Se recuperan muchos casos

---

---

---

---

---

---

---

---

## Conclusiones sobre las implementaciones paralelas

- Los índices dejan de ser mecanismos para limitar la búsqueda (serie) para pasar a ser identificadores de casos.
- Elaboración de mecanismos de recuperación basados en índices en lugar de estructuras de organización
- Multiplicidad de mecanismos de índices
- Las organizaciones jerárquicas siguen siendo importantes

---

---

---

---

---

---

---

---

**Librería de casos.**  
**¿Dónde almacenar los casos?**

- Bases de datos
  - librería de casos grande
  - compartición con otras aplicaciones
- Memoria
  - librería de casos pequeña
  - no necesita compartir con otras aplicaciones

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 85

---

---

---

---

---

---

---

---

**3. RECUPERACIÓN**

- Dado
  - Un caso de test
  - Una librería de casos
- Obtener
  - un conjunto de casos similares y útiles par el caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 86

---

---

---

---

---

---

---

---

**Recuperación...**

3.1 Tipos de similitud

3.2 Comparación (*matching*)

- Entre características (local)
  - Similitud total o exacta
  - Similitud parcial
- Entre casos (global)
  - Similitud total o exacta
  - Similitud parcial

3.3 Ordenación de los casos recuperados (*ranking*)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 87

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3.1 Tipos de similitud

- Estructural
- Semántica
- Organizativa
- Pragmática

---

---

---

---

---

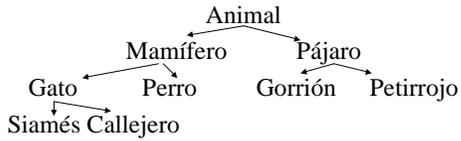
---

---

---

### 3.2 Comparación entre características

- Basadas en una jerarquía de abstracción



- Un par de valores son más similares si su MSCA es más específico que otro.
- Asignación de valores de especificidad

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comparación entre características...

- Distancia cualitativa

viejo: > 60  
adulto: [40,59]  
joven: [20,39]

matching(62,75) --> exacto  
matching(62,70) --> exacto  
matching(36,62) --> parcial (separados 2 regiones)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación entre características...

- Distancia cuantitativa
  - Comparación numérica  
matching(62,75) --> 13
  - Normalización  
matching(62,75) --> 0.13  
(suponiendo un rango de edades entre 0 i 100)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación entre casos: Procedimientos de matching

- Procedimientos numéricos
  - Función de evaluación numérica
  - Importancia de las características
  - Grado de similitud
  - Puntuación (*matching score*)
  - *Nearest-neighbor matching*: los casos son más similares si su puntuación es más alta

---

---

---

---

---

---

---

---

## Funciones de similitud numéricas

$$sim(C_i, C_j) = \frac{\sum_{f_i \in C_i} \sum_{f_j \in C_j} sim(f_i, f_j)}{|C_i|}$$

$$sim(C_i, C_j) = \frac{\sum_{f_i \in C_i} \sum_{f_j \in C_j} w_i sim(f_i, f_j)}{\sum_{f_i \in C_i} w_i}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

	Caso1	Caso2	Caso3	Nuevo
nombre	Juan	José	Jorge	Javier
posición	stop	fuera	3ª base	2ª base
edad	27	28	28	31
experiencia (años)	91	54	236	103
altura	72	72	71	72
peso	160	185	175	200
agilidad	buena	moderada	alta	moderada
media "bates"	268	243	291	263
media golpes	294	346	411	375
rbi's	14	14	79	36
carreras a base	0	2	13	7
bases perdidas	3	6	3	1
strikeouts	35	15	100	51
dobles	2	5	41	12
triples				

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 94

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

	Importancia	Caso1	Caso2	Caso3
nombre	0			
posición	.8	.8	.6	.8
edad	.4	.8	.8	.8
experiencia (años)	.4	.8	.2	.2
altura	0	1	1	1
peso	0	.6	.8	.7
agilidad	1	.7	1	.5
media "bates"	1	1	.9	.8
media golpes	1	.4	.8	.8
rbi's	.8	.2	.2	.2
carreras a base	.8	0	.2	.4
bases perdidas	1	.2	.1	.2
strikeouts	.8	.4	.2	.3
dobles	.4	0	.3	0
triples	.4	.5	.5	.3
puntuación	8.8	4.26	4.48	4.18
puntuación normalizada		.484	.509	.475

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 95

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Procedimientos de *matching*...

- Procedimientos heurísticos
  - Basados en evidencias:
    - El primer caso que se encuentra que se ajusta al actual, es el que se elige*
  - Basados en preferencias
- Procedimientos mixtos
  - Filtros por determinadas características
  - Problema de determinar las preferencias y su orden de aplicación.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 96

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Similitud...

- Cómo tratar las características ausentes
  - respecto al caso de test
  - respecto a los casos en memoria
  - respecto a las generalizaciones

---

---

---

---

---

---

---

---

## 3.3 Ranking

- Eliminar los casos con puntuación baja
- Ordenar los casos
  - Valorar las características que aparecen siempre conjuntamente (contexto)
  - Hacer un balance (*trade-off*) entre el número de características presentes y ausentes
  - Valorar el coste inferencial de la adaptación
  - Considerar los casos más específicos antes que los más generales
  - Preferir los casos más frecuentes
  - Preferir los casos más recientes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ranking...

El proceso de selección del caso mejor debe de ser un método rápido.  
De otra manera la eficiencia del razonamiento basado en casos se pierde.

---

---

---

---

---

---

---

---

## 4. ADAPTACIÓN

- Objetivo:
  - Ajustar la solución no-exacta para adecuarla al problema actual
  - Reparar una solución errónea
- Qué adaptar: valores , estructuras
- Métodos
  - Substitución (4.1)
  - Transformación (4.2)
  - Otros (4.3)

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

100

---

---

---

---

---

---

---

---

### 4.1 Métodos de substitución.

- Reinstanciación
- Adecuación de parámetros
- Búsqueda local
- Consulta en memoria
- Búsqueda especializada
- Substitución basada en casos

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

101

---

---

---

---

---

---

---

---

### Métodos de substitución. Reinstanciación.

- Existen instanciaciones diferentes para los mismos objetos entre el caso actual y el caso recuperado de memoria
- Pasos:
  - Abstracter los objetos de el caso actual y el caso de memoria
  - Calcular las correspondencias
  - Instanciar de nuevo la solución del caso en memoria de acuerdo a las correspondencias establecidas

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

102

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

<b>Caso actual</b> Fritura Pollo y guisantes ↑ ? Cortar el <b>brécol</b> en trozos, desmenuzar la <b>ternera</b> , marinar el <b>ternera</b> en ....	<b>Caso de memoria</b> Fritura Ternera y brécol  Cortar el <b>brécol</b> en trozos, desmenuzar la <b>ternera</b> , marinar el <b>ternera</b> en ....
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

103

---

---

---

---

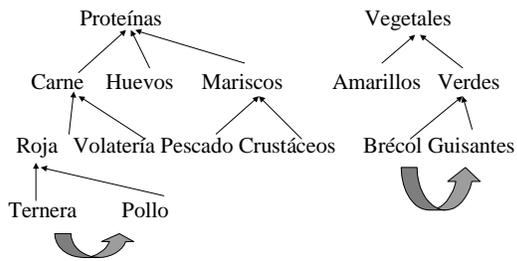
---

---

---

---

## Ejemplo...



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

104

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

<b>Caso actual</b> Fritura Pollo y guisantes  Cortar el <b>guisantes</b> en trozos, desmenuzar la <b>pollo</b> , marinar el <b>pollo</b> en ....	<b>Caso de memoria</b> Fritura Ternera y brécol  Cortar el <b>brécol</b> en trozos, desmenuzar la <b>ternera</b> , marinar el <b>ternera</b> en ....
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

105

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de substitución. Adecuación de parámetros

- Hay características diferentes en el caso actual
- Pasos
  - Comparar los casos y extraer las soluciones
  - Para cada diferencia, aplicar una heurística de ajuste especializada.
- Si es necesario, la adecuación de parámetros se puede realizar antes o después de la reinstanciación.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

106

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

### Caso actual

M golpea a E varias veces.  
E resulta levemente herido.  
E golpea a M varias veces.  
M cae.

M golpea E varias veces,  
rompiéndole la nariz.

**E apuñala a M con un cuchillo,  
una vez, matando a M.**

### Caso de memoria

H golpea a G varias veces.

G resulta levemente herido.

G golpea a H varias veces.

H cae.

H golpea a G **muy fuerte** varias  
veces, rompiéndole las costillas.

**G dispara a H con una pistola  
varias veces, matando a H.**

Sentencia: Asesinato, 25 años.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

107

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

- En los dos crímenes ha habido un muerto.
- Diferencias:
  - Caso de memoria demuestra más acción
  - Caso de memoria repite la acción
  - El caso de memoria es peor

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

108

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo... de heurísticas

Conflictos parecidos, crímenes diferentes:

SI un crimen tiene un resultado peor pero una justificación de intención, y los crímenes son diferentes

ENTONCES incrementar o decrementar la sentencia el 25%

Fuerza extrema, crímenes iguales:

SI aparece fuerza extrema en un crimen sin justificación de intención, y los crímenes no son diferentes

ENTONCES incrementar o decrementar la sentencia el 50 %

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

109

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

### Caso actual

M golpea a E varias veces.

E resulta levemente herido.

E golpea a M varias veces.

M cae.

M golpea E varias veces, rompiéndole la nariz.

**E apuñala a M con un cuchillo, una vez, matando a M.**

Sentencia: Asesinato, 15 años

### Caso de memoria

H golpea a G varias veces.

G resulta levemente herido.

G golpea a H varias veces.

H cae.

H golpea a G **muy fuerte** varias veces, rompiéndole las costillas.

**G dispara a H con una pistola varias veces, matando a H.**

Sentencia: Asesinato, 25 años.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

110

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de substitución. Búsqueda local

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisface los requerimientos del caso actual.
- Método: substituir el valor por otro buscando en una jerarquía de abstracción un valor próximo que funcione.
- Pasos:
  - Abstracción
  - Refinamiento

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

111

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

### Caso actual

El Challenger es una nave espacial.  
El Challenger está en buen estado.  
El Challenger ha ido al espacio varias veces.  
El Challenger ha explotado.

### Caso de memoria

JM es un corredor.  
JM está en buena forma.  
  
JM ha muerto.  
  
JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

112

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

- Es imposible obtener una explicación ya que no se puede establecer una correspondencia entre los casos
- Haciendo una búsqueda local sobre explosión se puede encontrar una característica que se aplique también al caso de memoria:
  - explosión --> funcionamiento defectuoso
  - muerte --> funcionamiento defectuoso

113

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

### Caso actual

El Challenger es una nave espacial.  
El Challenger está en buen estado.  
El Challenger ha ido al espacio varias veces.  
El Challenger ha explotado.

El Challenger tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente

### Caso de memoria

JM es un corredor.  
JM está en buena forma.  
  
JM ha muerto.  
  
JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

114

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

- Problema: el Challenger no tiene corazón.
- Solución: buscar (localmente) una característica que se corresponda:
  - corazón --> bomba
- El Challenger sí tiene bombas.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

### Caso actual

El Challenger es una nave espacial.  
El Challenger está en buen estado.  
El Challenger ha ido al espacio varias veces.  
El Challenger ha explotado.

El Challenger tenía un defecto en **una bomba**, desconocido previamente

### Caso de memoria

JM es un corredor.  
JM está en buena forma.

JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Búsqueda local. Consideraciones

- Los elementos que faltan deben de pertenecer a una red semántica para poder realizar la búsqueda
- La búsqueda debe de tener directrices (heurísticas) para controlar las abstracciones a seguir
- La búsqueda debe de tener directrices para controlar los refinamientos a seguir.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de sustitución. Consulta a memoria

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisfice los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no proporciona ninguna respuesta satisfactoria.
- Se dispone de una descripción sobre el elemento (característica) requerida.
- Método: buscar en memoria dicha característica

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

### Caso actual

Planifica una comida.  
Método de preparación: estofado.

### Caso de memoria

Planifica una comida  
...  
Entrante: ...  
Plato principal: Boullibaisse.  
Postre: ...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo...

- Información adicional: se deberían consumir patatas y una carne de la nevera.
- Sugerencia: substituir el plato con otro que contenga los ingredientes deseados
- La búsqueda local no encuentra ninguna sustitución
- Búsqueda en memoria --> Estofado Irlandés

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

### Caso actual

Planifica una comida.  
Método de preparación: estofado.

Entrante: ...  
Plato principal: Estofado Irlandés.  
Postre: ...

### Caso de memoria

Planifica una comida  
...

Entrante: ...  
Plato principal: Boullibaisse.  
Postre: ...

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

121

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de substitución. Búsqueda especializada

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisfice los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no es aplicable o no conduce a ninguna solución.
- Método: proporcionar indicaciones de como buscar la alternativa.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

122

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

### Caso actual

LB es un jugador estrella del baloncesto  
LB ha muerto de un ataque al corazón.

?

### Caso de memoria

JM es un corredor.  
JM está en buena forma.  
JM ha muerto.

JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.



JM murió después de correr.

Porqué murió LB?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

123

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo. Heurísticas.

Para encontrar que ha podido causar algo,  
 => buscar el evento causante en el consecuente de una regla causal y hipotetizar el antecedente

Para encontrar una acción realizada por un determinado actor,  
 => buscar cosas comunes que el actor hace mediante

- 1) roles temáticos comunes
- 2) las acciones que los personajes hacen en los roles

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 124

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo

LB, un jugador de baloncesto, normalmente practica sprints, una especie de carreras cortas y veloces.

<p><b>Caso actual</b></p> <p>LB es un jugador estrella del baloncesto</p> <p>LB ha muerto de un ataque al corazón.</p> <p>Estuvo haciendo <i>sprints</i> que le provocaron el ataque al corazón.</p> <p>LB tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.</p>	<p><b>Caso de memoria</b></p> <p>JM es un corredor.</p> <p>JM está en buena forma.</p> <p>JM ha muerto.</p> <p>JM tenía un defecto en el corazón, desconocido previamente.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 125

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de substitución.

### Substitución basada en casos

- Alguna característica de la solución (caso de memoria) no satisface los requerimientos del caso actual.
- La búsqueda local no es aplicable o no conduce a ninguna solución.
- Método: Encontrar un caso que proporcione una alternativa. Recuperarlo y usarlo.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 126

---

---

---

---

---

---

---

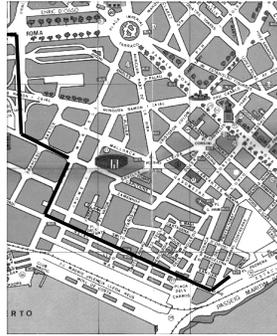
---



## Ejemplo

Cada ruta una colección de casos

Un caso nuevo se elabora con la combinación de varios casos en memoria en función del estado de la hora



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

130

---

---

---

---

---

---

---

---

## 4.2 Mètodos de transformación

- Transformación basada en el sentido común
- Reparación guiada por modelos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

131

---

---

---

---

---

---

---

---

## Transformación basada en el sentido común.

- Algunos elementos de la solución de memoria violan las restricciones del caso actual y no existe una substitución.
- Utilizar reglas de transformación de sentido común para transformar dichos elementos.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

132

---

---

---

---

---

---

---

---

## Heurísticas

- Eliminar una característica secundaria
- Substituir una característica
- Añadir una característica
- Adecuar una cantidad de una característica

---

---

---

---

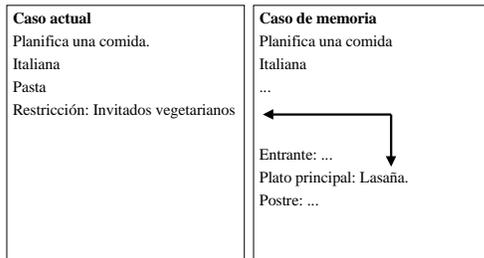
---

---

---

---

## Ejemplo



---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo... Transformaciones.

- Eliminar un ingrediente secundario  
(eliminar carne)
- Substituir una característica  
(carne --> espinacas)
- Substituir una característica  
(carne --> atún)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Transformación basada... Requerimientos

- El sistema debe de ser capaz de identificar los elementos que pueden ser transformados
- Las representaciones de los casos deben separar componentes principales de los secundarios
- Las representaciones deben de mantener relaciones internas entre sus elementos (restricciones).

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

136

---

---

---

---

---

---

---

---

## Métodos de transformación. Reparación guiada por modelos.

- Algunos elementos de la solución de memoria violan las restricciones del caso actual
- Existe un modelo causal que describe las relaciones entre los diferentes componentes de un caso

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

137

---

---

---

---

---

---

---

---

## Reparación guiada por modelos...

- Pasos:
  - Extraer las diferencias entre el caso actual y el caso de memoria
  - Evaluar las diferencias a través del modelo causal
  - Por cada diferencia, aplicar el modelo de reparación correspondiente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

138

---

---

---

---

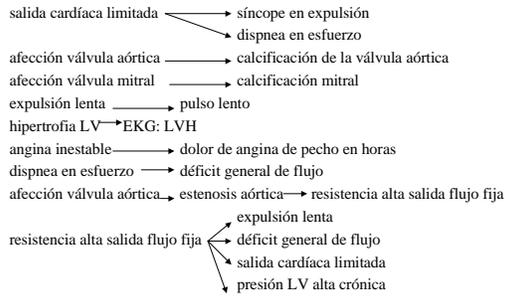
---

---

---

---

## Ejemplo. Modelo causal.



Udg/Dpt. EIA - Intel.ligència Artificial: tècniques i mètodes

139

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo. Modelo causal.

EKG: seno normal y LV débil es cualitativamente lo mismo que EKG: seno normal y LVH  
 Edad 62 para arriba es la misma región cualitativa  
 Pulso entre 55-80 es normal  
 Pulso ente 81-100 es ligeramente alto  
 Temperatura 97.5-99 es normal  
 Angina inestable y angina en horas y inestable son cualitativamente lo mismo

Udg/Dpt. EIA - Intel.ligència Artificial: tècniques i mètodes

140

---

---

---

---

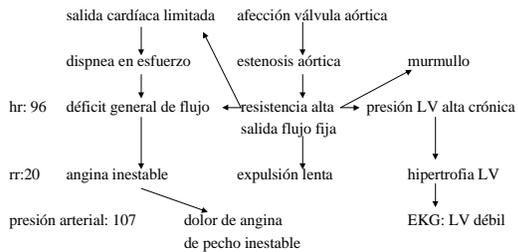
---

---

---

---

## Ejemplo.



Udg/Dpt. EIA - Intel.ligència Artificial: tècniques i mètodes

141

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo.

Num.	Característica	David	Newman
1	edad	72	65
2	pulso (ratio)	96	90
3	temperatura	98.7	98,4
4	cambio ortostático	ausente	desconocido
5	angina	inestable	en horas y inestable
6	presión arterial	107	99.3
7	síncope	ninguno	en esfuerzo
8	auscultación	murmullo	desconocido
9	pulso	normal	bajo
10	EKG	seno normal & lv débil	seno normal & lvh
11	calcificación	ninguno	mitral & aórtica

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

142

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ejemplo. Adaptaciones

- Substituir: hr:90/hr:96
- Eliminar: presión arterial 107
- Añadir: angina estable en horas
- Eliminar: murmullo
- Añadir: pulso bajo, expulsión lenta
- .....

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

143

---

---

---

---

---

---

---

---

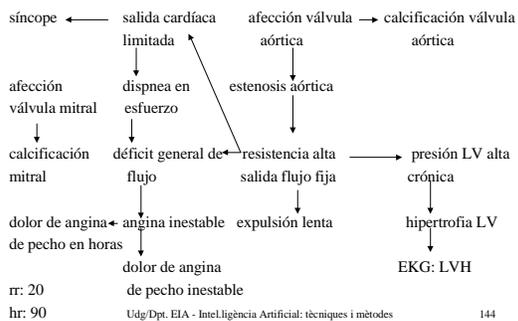
---

---

---

---

## Ejemplo.



Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

144

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**4.3 Otros métodos.**  
**Métodos de propósito especial para la adaptación y reparación**

- Adaptación específica de un dominio  
 CHEF: Si los ingredientes son gambas, insertar un paso de pelarlas
- Modificación de estructuras  
 JULIA: Si la función de un componente es satisfecha por otro y el primero no tiene ninguna otra justificación, entonces eliminarlo.

*(Entremés-Pasta-Lasaña-Postre --> Entremés-Lasaña-Postre)*

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 145

---

---

---

---

---

---

---

---

**Métodos de propósito especial...**

- Reparación de propósito general  
 CHEF: Añadir un paso después de la acción que causa el efecto no deseado  
*(eliminar el líquido resultante de cortar las fresas antes de añadirlas)*

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 146

---

---

---

---

---

---

---

---

**Otros métodos.**  
**Reaplicación de los pasos inferenciales**

- Cálculo de la solución para el caso actual siguiendo los mismos pasos inferenciales (traza) utilizados en el caso de memoria.

⇒ Se requiere un resolvidor de problemas (generativo)

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 147

---

---

---

---

---

---

---

---

## Adaptación. Consideraciones

- Identificar qué se necesita adaptar
  - Diferencias entre las especificaciones
  - Diferencias entre las soluciones
  - Uso de una lista
  - Uso de una historia de adaptaciones
  - Basada en una explicación de un fracaso
- Identificar qué parte de la solución se debe de cambiar para adaptar

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

148

---

---

---

---

---

---

---

---

## Adaptación. Consideraciones...

- Identificar métodos de adaptación y heurísticas aplicables
- Seleccionar una estrategia de adaptación
  - Realizar las adaptaciones más específicas primero
  - Probar estrategias fáciles (búsqueda local, adecuación de parámetros)
  - Usar estrategias más complejas solamente cuando las fáciles fallen (requieren más análisis y coste inferencial)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

149

---

---

---

---

---

---

---

---

## Adaptación. Consideraciones...

- La importancia de utilizar varios casos:
  - Comprobaciones de consistencia
  - Uno para cada tarea
    - Elaboración del problema
    - Proporcionar explicaciones de fracasos
    - Proporcionar estrategias de reparación
  - Derivar diferentes partes de una misma solución
  - Focalizar en diferentes partes del problema

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

150

---

---

---

---

---

---

---

---

## 5. EVALUACIÓN

- Oráculo
- Simulador
- *Feedback* del mundo real
  - Caso con la solución confirmada
  - Caso reparado

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

151

---

---

---

---

---

---

---

---

## Reparación

- Buscar
  - Fallos similares en situaciones similares
  - Explicaciones de fracasos similares
- Adaptar el caso de memoria con un fracaso similar al caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

152

---

---

---

---

---

---

---

---

## Generar una explicación del fracaso

- Buscar
  - Una situación similar con un fallo similar
- Adaptar la explicación de memoria al caso actual

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

153

---

---

---

---

---

---

---

---

## 6. APRENDIZAJE

### 6.1 Solución correcta:

- Almacenamiento y utilidad
- Construcción de prototipos (generalización)

### 6.2 Solución incorrecta

- Aprender **el** error
- Actualizar índices (aprender **del** error)

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.1 Acumulando nuevas experiencias

- El caso actual no tiene porqué ser idéntico a uno en memoria
  - (1) *Matching* parcial
  - (2) Adaptación
  - (3) Utilización de múltiples casos
- Utilidad: mecanismo para decidir qué casos deben retenerse
- Prototipos o generalizaciones --> Técnicas de aprendizaje automático

---

---

---

---

---

---

---

---

### 6.2 Aprender el error

- Objetivo: anticipación o prevención de errores
  - Relacionar las características causantes del error y el caso fracasado
  - Almacenar el caso indexado por las características causantes del error
- Objetivo: activar el caso correcto
  - Actualizar (mejorar) los índices
  - Generalizar las características de los dos casos

---

---

---

---

---

---

---

---

## Actualización de índices

- Por qué se ha recuperado un caso erróneamente de memoria?
  - Características del caso actual que han servido como índices que han servido para recuperar el caso
  - Características del caso actual que no se han usado en la recuperación errónea del caso de memoria

---

---

---

---

---

---

---

---

## Actualización de índices...

- *Trade-off* entre ambos tipos de características
  - Aumentar la importancia de un índice
    - Más específico
    - Mayor peso
  - Disminuir la influencia de un índice
    - Más general
    - Menor peso

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7. CONSIDERACIONES FINALES

- 7.1 Ventajas y inconvenientes del RBC.
- 7.2 Integración del RBC con otros métodos de aprendizaje
- 7.3 RBC y otras formas de razonamiento
- 7.4 Comparación del RBC con otros paradigmas
- 7.5 Ingeniería del conocimiento
- 7.6 Escalabilidad

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.1 Ventajas del RBC

- Los esfuerzos de resolución de problemas se capturan para futuros trabajos
  - Experiencias exitosas de soluciones pasadas se pueden usar para justificar soluciones nuevas
  - Experiencias no-exitosas de soluciones pasadas se pueden usar para predecir posibles problemas

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ventajas...

- Como técnica de adquisición de conocimientos:
  - libera al experto humano de facilitar datos de entrenamiento
  - la comunicación entre el sistema y el experto humano se puede realizar mediante ejemplos concretos
- Como mecanismo de resolución de problemas:
  - Aprende de la propia experiencia
  - Proporciona soluciones rápidamente, sin necesidad de derivar respuestas desde cero

---

---

---

---

---

---

---

---

## Ventajas...

- Los casos permiten focalizar el proceso de razonamiento en las características más relevantes
- Permite trabajar en dominios de problemas de difícil estructuración y representación

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inconvenientes del RBC

- Coste de memoria: Cantidad y Variedad
- No explora todo el espacio posible de soluciones --> se puede olvidar alguna solución óptima
- Es difícil de garantizar la consistencia entre casos
- Los casos pueden introducir un sesgo (*bias*)
- Manipulación de la incertidumbre

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

163

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.2 Integración del RBC con otros métodos de aprendizaje

- Ocasiones para el aprendizaje:
  - Adquisición y organización de los casos en memoria
  - Adquisición del conocimiento del dominio necesario para interpretar la información contenida en los casos
  - Aprendizaje por experiencia del propio sistema
    - Actualización de índices
    - Generalizaciones en prototipos

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

164

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.3 RBC y otras formas de razonamiento

RBC : resolución de problemas + aprendizaje

- ¿Novato? --> métodos alternativos para generar casos cuando no haya
- Experto --> RBC, más eficiente

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

165

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.4 Comparación con otros paradigmas. Bases de datos

### DB

- El input consiste en patrones de preguntas
- La recuperación proporciona registros con *matching* exacto

### RBC

- El *input* consiste en casos estructurados
- La recuperación proporciona casos con *matching* parcial
- Énfasis en características no superficiales

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

166

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Recuperación de información

### IR

- recuperación basada en conceptos
- Soporta *matching* parcial
- Métodos especializados en recuperar datos textuales

### RBC

- Recuperación basada en características
- =
- Recuperación de amplios tipos de datos: números, símbolos, texto

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

167

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Técnicas estadísticas

### Estadística

- Análisis discriminante lineal
- Gran volumen de datos
- Datos bien especificados

### RBC

- Supera los resultados del análisis estadístico
- Datos poco elaborados (exploración)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

168

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Reglas --> patrones
- Recuperación de reglas por comparación exacta
- Las reglas se aplican en un ciclo iterativo
- Representación premisa -> conclusión
- Casos --> constantes
- Recuperación de casos por comparación parcial
- Se recuperan casos aproximando una solución "de golpe"
- Representación más intuitiva

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

169

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Organización de las reglas en una o más bases de reglas
- Reglas: pequeñas, independientes, consistentes
- Organización en abstracciones y jerarquías
- Casos: grandes, redundantes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

170

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Sistemas basados en reglas

- Conocimientos:
  - Reglas
  - Abstracciones
- Explicaciones sobre el proceso de razonamiento
- Conocimientos:
  - Casos
  - Abstracciones
  - Métrica de similitud
  - Reglas de adaptación
- Explicaciones: caso de memoria

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

171

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Aprendizaje automático

- Los dos tienen el mismo *input* (casos/ejemplos)
- Los sistemas inductivos no mantienen una librería de casos
- Los sistemas inductivos separan el aprendizaje de la resolución de problemas
- SI: en la explicación se pierde el ejemplo/caso referente.

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

172

---

---

---

---

---

---

---

---

## RBC y *Data-Mining*

- Estadísticas
- Aprendizaje automático

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

173

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Redes neuronales

- Las dos técnicas (RBC y RN) se basan en casos/muestras
- Representación:
  - RN: adecuadas cuando la información no se puede representar simbólicamente (señales, voz,...)
  - RBC: datos complejos, estructurados

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

174

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comparación con otros paradigmas. Redes neuronales

- Explicaciones
  - RN: caja negra
  - RBC: caso de memoria (experiencia anterior)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Cuadro comparativo

DB	Datos bien estructurados Datos estandarizados Preguntas simples y precisas	Datos complejos Datos poco estructurados Preguntas fuzzy
IR	Gran volumen de datos textuales	Datos no textuales Conocimiento de respaldo disponible
Estad.	Gran volumen de datos bien conocidos Hipótesis bien formadas	Análisis exploratorio de datos con variables dependientes
RBS	Problema bien definido, estable y restringido Explicaciones con traza de reglas	Problema poco definido y cambiante

---

---

---

---

---

---

---

---

## Cuadro comparativo

ML	Se requieren reglas generales a partir de un conjunto de datos Explicación por traza de reglas	No se requieren reglas Explicación por traza de reglas resulta inadecuada
RN	Datos numéricos con ruido para reconocimiento de patrones o procesamiento de señales	Datos simbólicos complejos Se requiere una explicación
RBC	Problema poco conocido Datos complejos estructurados Cambios (lentos) a lo largo del tiempo Se requiere explicación	No se dispone de casos El proceso de adaptación es complejo Se requiere una respuesta exacta y óptima

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.5 Ingeniería del conocimiento

- ¿Dónde está el conocimiento?
- ¿Cuándo debe usarse un RBC?
- Herramientas de desarrollo
- Metodología
- Herramientas de desarrollo
- Desarrollo de un RBC
- Prueba de un RBC
- Mantenimiento de un RBC

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

178

---

---

---

---

---

---

---

---

## ¿Dónde está el conocimiento ?

- Vocabulario (conjunto de características)
- Librería de casos
- Valoraciones de similitud
- Heurísticas de adaptación

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

179

---

---

---

---

---

---

---

---

## ¿Cuándo debe usarse un RBC?

- Un experto conoce el significado de un caso
- Los expertos comparan rutinariamente un caso actual con casos anteriores
- Los expertos adaptan casos para resolver problemas nuevos
- Se dispone de casos en la bibliografía, en la memoria de los expertos y pueden registrarse a medida que se generan

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

180

---

---

---

---

---

---

---

---

¿Cuándo debe usarse un RBC? ...

- Hay mecanismos para asignar un resultado a un caso, explicarlo y considerarlo exitoso o fallido
- Los casos se pueden generalizar en cierto grado
- La comparación y adaptación de casos se puede realizar con efectividad
- Los casos retienen su utilidad durante un periodo largo de tiempo

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 181

---

---

---

---

---

---

---

---

¿Cuándo debe usarse un RBC? ...

- El dominio puede (o no) tener un modelo
- Los casos se utilizan en el aprendizaje de profesionales en el dominio

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 182

---

---

---

---

---

---

---

---

Herramientas de desarrollo.  
¿Qué ofrecen?

- Entorno amigable de edición de casos, características, reglas de adaptación, etc.
- Pruebas:
  - Identificación de casos idénticos (duplicados)
  - Análisis de la distribución de los casos
  - Detección de características espurias

Udg./Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 183

---

---

---

---

---

---

---

---

## Herramientas de desarrollo

- CBR-works (<http://www.tecinno.com>)
- Kate-CBR (<http://www.acknosoft.com>)
- INDUCE-IT (<http://www.inductive.com>)
- CASPIAN (<http://www.aber.ac.uk>)
- Etc, etc.
  - Consultar direcciones Internet
  - Consultar [Watson]

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

184

---

---

---

---

---

---

---

---

## Desarrollo de un RBC

- Adquisición de casos
- Filtrado de casos
- Ingeniería de conocimiento

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

185

---

---

---

---

---

---

---

---

## Casos representativos

- Qué características tener en cuenta
  - Homogéneas
  - Heterogéneas
  - Estabilidad
- Frecuencia

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes

186

---

---

---

---

---

---

---

---

**Distribución de casos**

- Cobertura de los casos a través de sus características.
  - Desplazamiento de los valores de las características
  - Rango, valor medio y desviación de los valores de las características
  - Pesos de las características
    - Ad hoc
    - Técnicas estadísticas
    - ...

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 187

---

---

---

---

---

---

---

---

**Prueba de un RBC**

- Verificación: construcción del sistema de forma correcta
  - (cumple las especificaciones?)
  - Duplicados, inconsistencias, omisiones, ...
  - DIFICULTAD: RBC es dinámico --> verificación afectada por el aprendizaje
- Validación: construcción del sistema correcto
  - (hace lo que debería de hacer?)

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 188

---

---

---

---

---

---

---

---

**Prueba de un RBC**

- Recuperación
  - Introducir casos idénticos y esperar un *matching* exacto
  - Consistencia: hacer varias veces la misma prueba, obteniendo siempre el mismo resultado

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 189

---

---

---

---

---

---

---

---

## Prueba global

- (1) Seleccionar un subconjunto de casos de test de entre todos los casos iniciales
- (2) Inicializar el sistema con los casos iniciales a excepción de los casos de test
- (3) Probar el sistema con los casos de test, y ver si las respuestas que dan se ajustan a lo esperado
- (4) Repetir 1, 2 y 3, eligiendo cada vez aleatoriamente un conjunto de casos de test diferentes

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 190

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mantenimiento de un RBC

- Hacer estadísticas de utilización de casos
  - Eliminar obsoletos
  - Determinar sesgos (casos usados continuamente)
- Repetir las pruebas

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 191

---

---

---

---

---

---

---

---

## 7.6 Escalabilidad

¿ Cómo hacer los algoritmos de recuperación, que funcionan para un centenar de casos, funcionen eficientemente para miles de casos?

Udg/Dpt. EIA - Intel·ligència Artificial: tècniques i mètodes 192

---

---

---

---

---

---

---

---

## 8. APLICACIONES

- 8.1 Demostraciones académicas
- 8.2 Aplicaciones industriales
- 8.3 Aplicaciones dirigidas a la atención a los clientes
- 8.4 Sistemas tutores

---

---

---

---

---

---

---

---

### 8.1 Demostraciones académicas

- Diagnóstico: CASEY
- Clasificación: PROTOS
- Planificación: SMART
- Diseño: JULIA

---

---

---

---

---

---

---

---

### 8.2 Aplicaciones industriales

- Lista de entidades que usan/aplican RBC, ordenadas alfabéticamente:  
<http://www.surveying.salford.ac.uk/ai-cbr-mirror/applied.html>
- Lista de proyectos y aplicaciones, firmas y consultores, y herramientas:  
<http://www.ai-cbr.org>8.2 Aplicaciones industriales

---

---

---

---

---

---

---

---

## Aplicaciones industriales...

- Proyecto financiado por la UE para estimular el uso industrial de los sistemas basados en casos:  
<http://www.ace.co.uk/casting/cbruses.htm>

---

---

---

---

---

---

---

---

## Comercio electrónico:

- Alquiler de apartamentos
- Búsqueda de coches usados
- Vacaciones

---

---

---

---

---

---

---

---

## WWW & Información

- Buscador de FAQ's  
– <http://infolab.cs.uchicago.edu/faqfinder/>
- Buscador de trabajo  
– <http://www.tecinno.de:8009/launch/JobbQueryInterface>

---

---

---

---

---

---

---

---

### 8.3 Aplicaciones dirigidas a la atención a los clientes

- Soporte post-venta
  - Entrenamiento: los operadores deben de tener un conocimiento considerable de los productos
  - Retención: los operadores pueden dejar la compañía
  - Nuevos productos

---

---

---

---

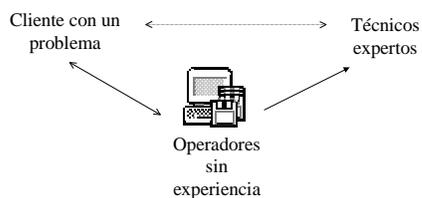
---

---

---

---

### Help-desk



---

---

---

---

---

---

---

---

### Resumen

- RBC es una técnica para resolver problemas basada en la experiencia
- RBC tiene cuatro etapas:  
*Recuperación, Adaptación, Evaluación, Aprendizaje*
- RBC tiene cuatro fuentes de conocimiento  
*Vocabulario, Librería, Valoración Similitud, Heurísticas Adaptación*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Resumen...

- Diferentes técnicas para
  - Representar conocimiento
  - Realizar las cuatro fases
- RBC presenta diferentes ventajas respecto a otros sistemas “inteligentes”
- Gran campo de aplicación para los sistemas basados en casos

---

---

---

---

---

---

---

---

## Bibliografía

- **Case-Based Reasoning.**  
Janet Kolodner, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993
- **Applying Case-Based Reasoning. Techniques for Enterprise Systems.**  
Ian Watson, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1997
- **Aprendizaje basado en casos.**  
En: Aprendizaje Automático, Moreno et al., Edicions UPC, Col·lecció Politex, #36, 1994

---

---

---

---

---

---

---

---

## Un poco de entretenimiento final

- Saxex: Un sistema basado en casos para generar interpretaciones musicales (expresivas).
- ¿Dónde ir a cenar?
- ¿Qué película ver?
- ¿Qué programa de TV ver?

---

---

---

---

---

---

---

---