

# Inteligencia Artificial

## Ingeniería del conocimiento y metodologías de resolución de problemas

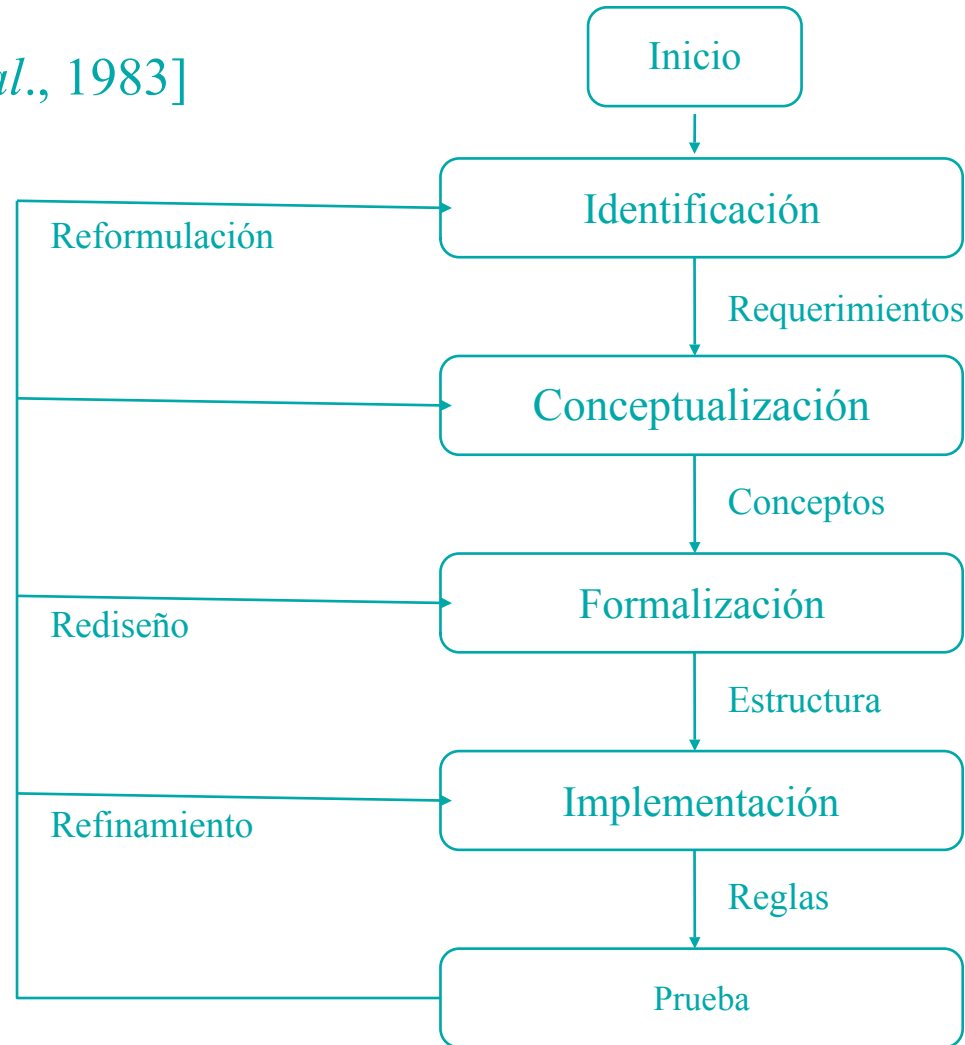
Primavera 2007

profesor: Luigi Ceccaroni



# Fases de la ingeniería del conocimiento

[Buchanan *et al.*, 1983]



# Fases de la ingeniería del conocimiento

- Identificación
  - *Viabilidad* de la construcción del sistema basado en el conocimiento (SBC)
  - Búsqueda de las *fuentes de conocimiento* (expertos, libros, artículos)
  - Determinación de los *datos necesarios* para resolver el problema
  - Determinación de los *objetivos* (soluciones) y de los *criterios* que determinan la solución

# Fases de la ingeniería del conocimiento

- Conceptualización
  - Detallar los elementos básicos para caracterizar el dominio (hechos relevantes) y su relaciones
  - Distinguir las evidencias, las hipótesis y las acciones a realizar
  - Detallar las diferentes hipótesis y objetivos
  - Descomponer el problema en sub-problemas
  - Caracterizar el sistema de razonamiento

# Fases de la ingeniería del conocimiento

- Formalización
  - Determinar los *esquemas de razonamiento* necesarios:
    - clasificación, diagnosis, planificación temporal, estructuras causales
  - Identificar el *espacio de búsqueda* y el *tipo de búsqueda*
  - Identificar la *metodología de la resolución*:
    - clasificación heurística, resolución constructiva, hipótesis y prueba jerárquica
  - Analizar la *inexactitud* (incertidumbre, imprecisión) y la *completitud*

# Fases de la ingeniería del conocimiento

- Implementación
  - Implementación del conocimiento
    - Base de hechos
    - Estructura modular de la base de conocimiento
    - Reglas de inferencia de los módulos
  - Decisiones sobre el control de la resolución
    - Meta-reglas
- Prueba
  - Determinar un conjunto de casos de prueba
  - Evaluar el funcionamiento del sistema (prototipo):
    - exactitud, completitud, credibilidad (explicaciones)

# Clasificación de los SBC según las tareas

[Hayes-Roth et al., 1983]

## Sistemas de interpretación

Inferir descripciones de situaciones, a partir de observaciones y datos

## Sistemas de predicción

Inferir consecuencias verosímiles a partir de situaciones o sucesos

## Sistemas de diagnóstico

Inferir el estado de un sistema a partir de descriptores (por ejemplo, inferir los fallos del sistema a partir de síntomas)

## Sistemas de diseño

Desarrollar configuraciones de objetos que satisfacen ciertas restricciones

## Sistemas de planificación

Generar secuencias de acciones para conseguir ciertos objetivos

## Sistemas de supervisión

Estudiar el comportamiento de un sistema a lo largo del tiempo

## Sistemas de corrección/reparación

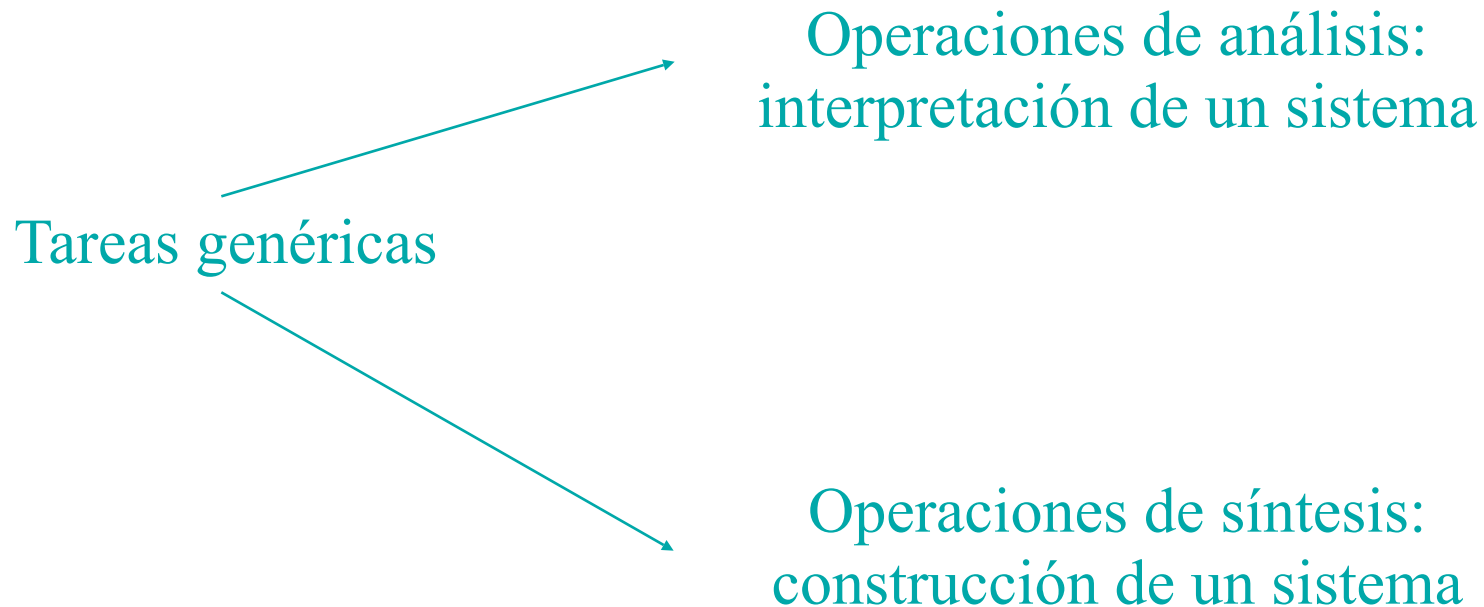
Generar soluciones para los fallos de un sistema

## Sistemas de control

Estudiar y gobernar el comportamiento de un sistema dinámico

# Clasificación de los SBC según las tareas

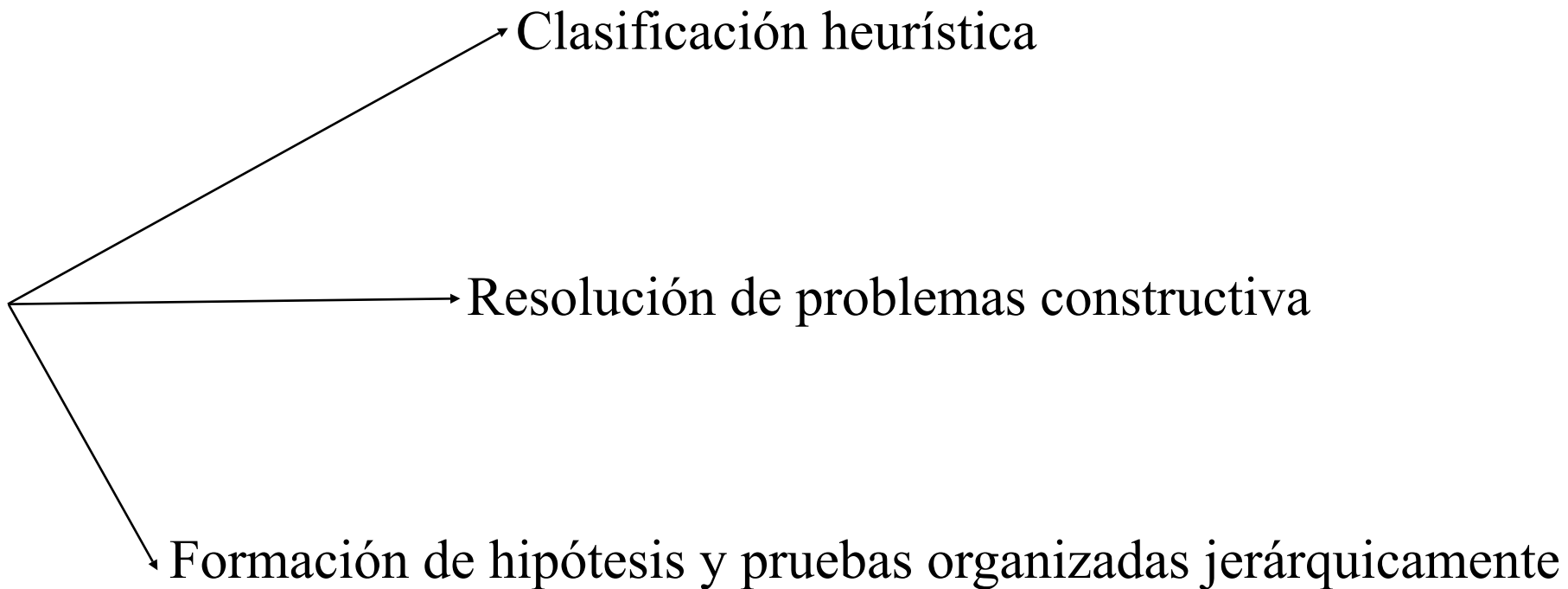
[Clancey, 1985]





# Metodologías de resolución de problemas

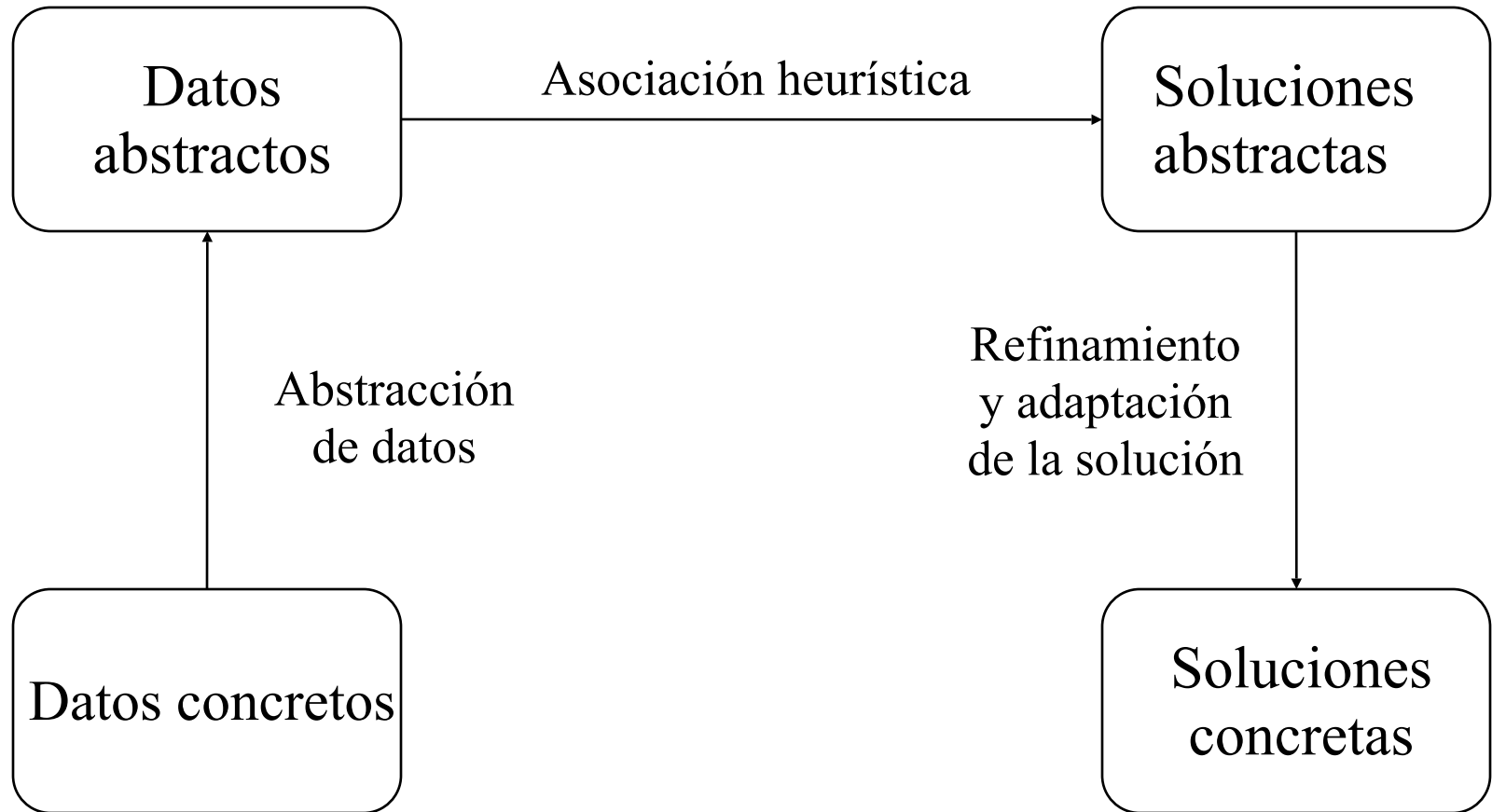
- Es función del tipo de conocimiento [Jackson, 1990]



# Clasificación heurística

- Es una asociación no jerárquica entre datos y soluciones, que requiere inferencias intermedias y posiblemente conceptos de otra taxonomía.
- Tiene que existir un *conjunto de soluciones enumerables a priori*.
- Es aplicable en *operaciones de análisis*:
  - clasificaciones, diagnosis, identificaciones, monitoreo
- Se usa en problemas complejos.
- Si el problema es simple, una asociación directa entre los datos i las soluciones es suficiente.

# Clasificación heurística



# Clasificación heurística

## Abstracción de datos

- Abstraer los datos del caso concreto para obtener un caso más general
- Tipos de abstracción/generalización:
  - Abstracción basada en la definición: abstraer características esenciales a partir de una clase de objetos (taxonomía)
  - Abstracción cualitativa: abstraer sobre medidas cuantitativas para pasar a medidas cualitativas

Temperatura  $Q = 38 \text{ }^\circ\text{C}$

**Si** Temperatura  $> 37.5 \text{ }^\circ\text{C}$  **entonces** Temperatura es *alta*

# Clasificación heurística

## Asociación heurística (*matching*)

- Determinar las relaciones/coincidencias entre casos abstractos y soluciones abstractas

Ejemplo:

Si Temperatura es *alta* **entonces** tiene-fiebre

## Refinamiento/adaptación de la solución

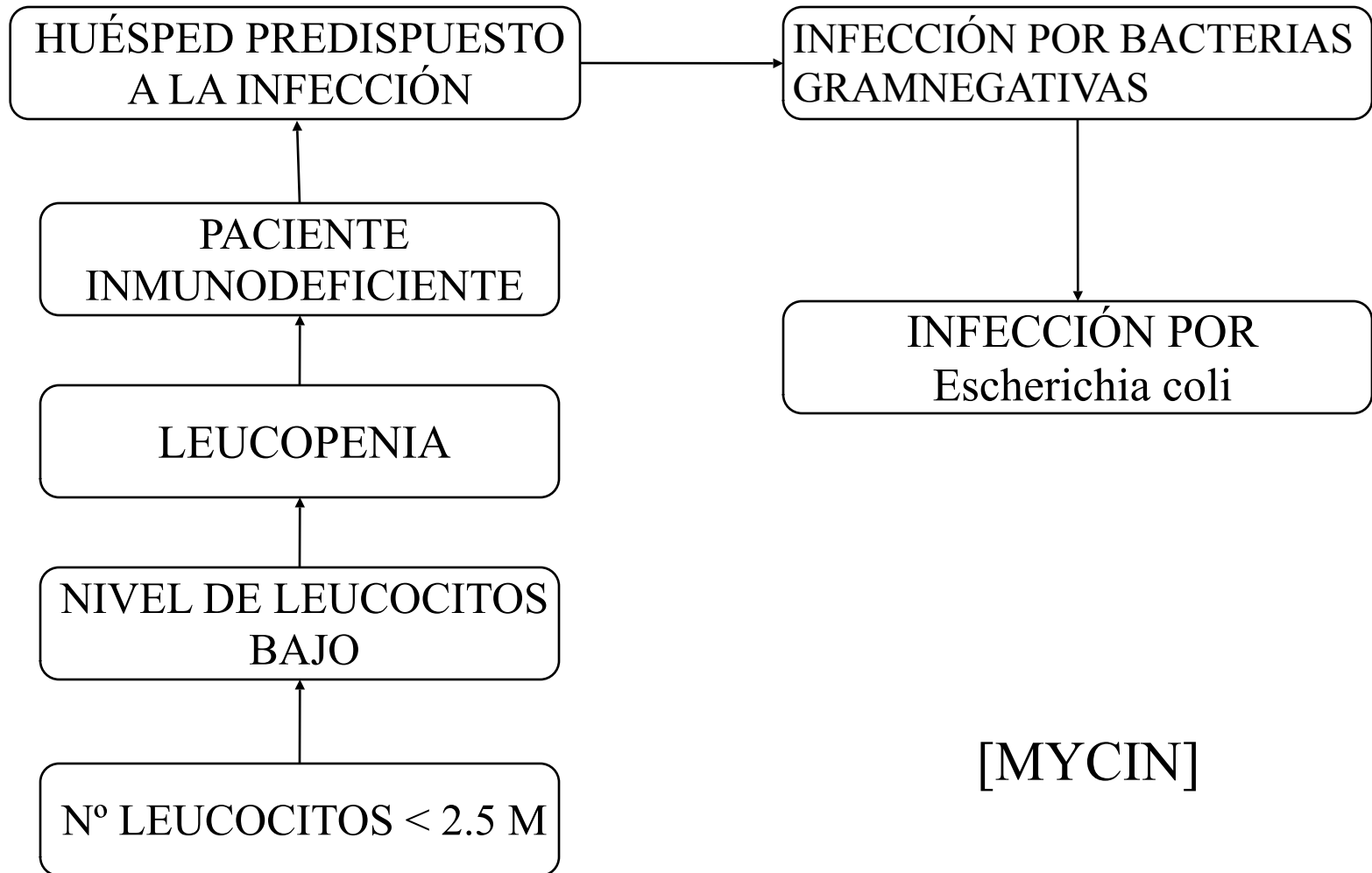
- Identificar las soluciones concretas a partir de las soluciones abstractas y ciertos datos complementarios
- Excluir soluciones poco probables

Ejemplo:

Si tiene-fiebre  $\wedge$  “otros datos” **entonces** tiene-gripe

Q tiene-gripe

# Clasificación heurística: ejemplos



# Clasificación heurística: ejemplos

## **Concesión de créditos para fundar una nueva empresa**

- **Atributos (ejemplos)**
  - Apoyo financiero (tiene avales, es-rico...)
  - Petición ( $10^6$  €...)
  - Bienes (cuentas-corrientes, casas, coches, yates...)
  - Fiabilidad-de-la-devolución (morosidad, cheques-sin-fondos...)
  - Compromiso (créditos-anteriores...)
- **Soluciones**
  - Denegación
  - Aceptación
  - Aceptación con rebaja
  - Aceptación con interés preferente

# Clasificación heurística: ejemplos

## Reglas de abstracción

Bienes  $< 10$  \* petición  $\rightarrow$  Bienes insuficientes

Bienes  $\geq 10$  \* petición  $\wedge$  Bienes  $< 20$  \* petición  $\rightarrow$  Bienes suficientes

Bienes  $\geq 20$  \* petición  $\rightarrow$  Bienes excelentes

Avales  $\geq 10$  \* petición  $\vee$  Es-rico  $\rightarrow$  Apoyo-financiero bueno

Avales  $< 10$  \* petición  $\wedge$  Avales  $\geq$  petición  $\rightarrow$  Apoyo-financiero moderado

Avales  $<$  petición  $\rightarrow$  Apoyo-financiero bajo

Cheques-sin-fondos  $\vee$  Moroso  $\rightarrow$  Fiabilidad-de-la-devolución baja

Empresa es churrería  $\vee$  Empresa es tienda de roba  $\rightarrow$  Viabilidad buena

Empresa es hamburguesería cerca de universidad  $\rightarrow$  Viabilidad buena

Empresa es Corte-Inglés  $\vee$  Empresa es proveedor Internet vía cable  $\rightarrow$  viabilidad muy buena

Crédito  $<$  petición  $\rightarrow$  Compromiso bajo

Crédito  $\geq$  petición  $\wedge$  Crédito  $< 10$  \* petición  $\rightarrow$  Compromiso mediano

Crédito  $\geq 10$  \* petición  $\rightarrow$  Compromiso alto



# Clasificación heurística: ejemplos

## Reglas de asociación heurística

Apoyo-financiero bajo  $\wedge$  Bienes insuficientes  $\rightarrow$  Denegación

Fiabilidad-de-la-devolución baja  $\rightarrow$  Denegación

...

Apoyo-financiero moderado  $\wedge$  Bienes suficientes  $\wedge$

Viabilidad buena  $\rightarrow$  Aceptación con rebaja

...

Apoyo-financiero bueno  $\wedge$  Bienes suficientes  $\wedge$  Compromiso mediano

$\wedge$  Viabilidad buena  $\rightarrow$  Aceptación

...

Apoyo-financiero bueno  $\wedge$  Bienes excelentes  $\wedge$  Compromiso alto  $\wedge$

Viabilidad muy buena  $\rightarrow$  Aceptación con interés preferente

...

# Clasificación heurística: ejemplos

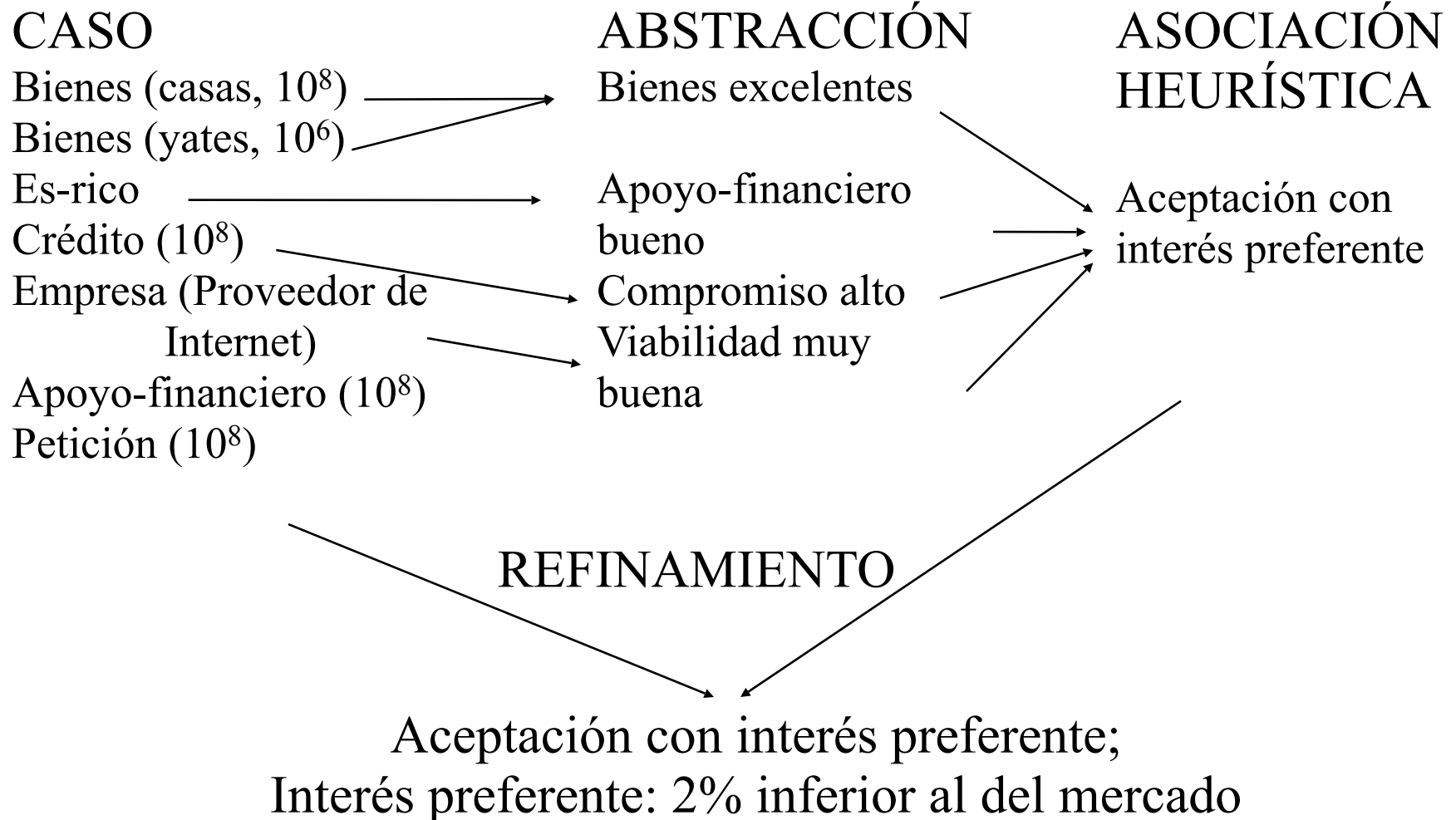
## Regles de refinamiento/adaptación de las soluciones

Aceptación con rebaja  $\wedge$  Petición  $< 10^7$   $\wedge$  Bienes  $< 5 * \text{Petición}$   $\rightarrow$   
Rebaja a  $0.6 * \text{Petición}$

...

Aceptación con interés preferente  $\wedge$  Petición  $\geq 10^7$   $\wedge$  Bienes  $\geq 10 * \text{Petición}$   $\rightarrow$  Interés preferente: 2% inferior al del mercado

# Clasificación heurística: ejemplos



# Estrategias de adquisición de conocimiento en CH

- Determinación de:
  - posibles soluciones
  - síntomas que caractericen las soluciones
  - síntomas que diferencien las soluciones
  - hechos intermedios
  - síntomas que caractericen los hechos intermedios
  - síntomas que diferencien los hechos intermedios
  - reglas de abstracción
  - reglas de asociación heurística
  - reglas de refinamiento/adaptación

# Resolución constructiva

- No se pueden enumerar a priori las soluciones, que pueden ser *infinitas*.
- Las soluciones se tienen que *construir*, y no seleccionar una entre varias posibles.
- Es aplicable en operaciones de síntesis:
  - planificación, diseño, diagnóstico de múltiples fallos.
- Las soluciones son *combinaciones de ciertos elementos* que satisfacen unas *restricciones*:
  - Planificación: Los elementos son acciones y las soluciones secuencias de acciones que consiguen un cierto objetivo.
  - Diseño: Los elementos son componentes y las soluciones combinaciones de componentes que forman un objeto complejo.
  - Diagnóstico de múltiples fallos: Los elementos son fallos y las soluciones conjuntos de fallos que concuerdan con los síntomas.

# Resolución constructiva

La construcción de la solución implica tener:

- Un modelo de *la estructura* del objeto complejo
- Un modelo del *comportamiento* del objeto complejo
- Un conjunto de *restricciones* sobre el objeto complejo

Las restricciones pueden ser:

- Sobre la configuración de los componentes de la solución
  - Restricciones físicas/espaciales: cómo se puede agarrar un objeto, no se puede colocar un objeto en un cierto lugar...
  - Restricciones temporales: qué acción se hace primero...
- Sobre las entradas/salidas de los procesos constructivos
  - Pre-condiciones y post-condiciones de operadores/acciones
- Sobre las interacciones entre las dos anteriores

# Resolución constructiva

## Ejemplo 1

Planificación de la trayectoria (óptima) de un robot para salir de una habitación con obstáculos

Operadores/acciones

Avanzar (m)

Girar (n-grados)

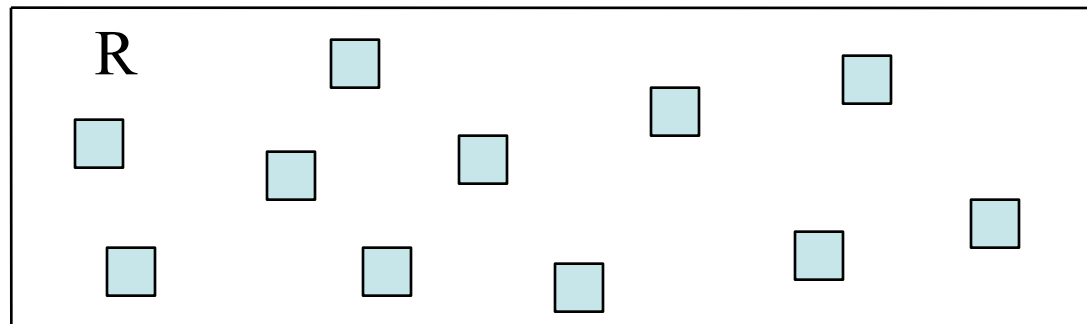
Retroceder (m)

Restricciones

No puede chocar con ningún obstáculo.

Al final tiene que estar en la salida.

Puede hacer sólo los movimientos que indiquen los operadores.



# Resolución constructiva

## Ejemplo 2

Configurar/colocar un conjunto de muebles/objetos en una habitación

Operadores/acciones

Colocar-mueble (mueble, posición)

Quitar-mueble (mueble, posición)

Intercambiar (mueble 1, mueble 2)

Desplazar-mueble (mueble, posición 1, posición 2)

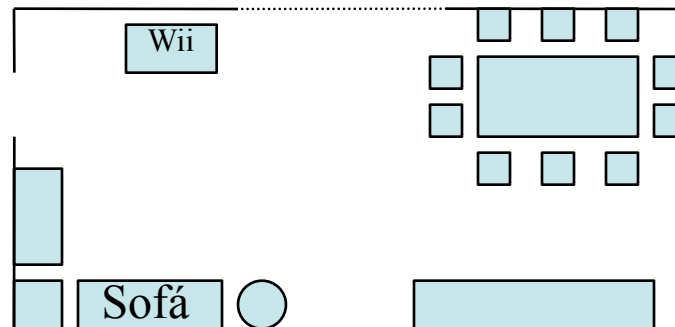
Restricciones

No se pueden tapar puertas y ventanas de la habitación

Al final se tienen que haber colocado todos los muebles

La Wii tiene que ir en frente del sofá

Se puede hacer sólo lo que indiquen los operadores.





# Métodos de resolución constructiva

## **Proponer y aplicar**

Seleccionar *un operador correcto* para extender soluciones parciales, *partiendo desde cero*

## **Menor compromiso**

Seleccionar *el operador de menor compromiso* para extender soluciones parciales, *partiendo de una solución parcial inicial o desde cero*

# Método de proponer y aplicar

Necesita *mucho conocimiento sobre el dominio*, para ser aplicable:

Conocimiento sobre los componentes

Conocimiento sobre las restricciones

Es necesaria una *descomposición del problema* (tarea principal) en sub-tareas y conocer las relaciones espaciales y temporales entre ellas.

# Método de proponer y aplicar

- Proceso de resolución
  1. **Inicializar el objetivo:** se crean los elementos necesarios para identificar el objetivo.
  2. **Proponer operadores:** se proponen operadores que actúen sobre el estado actual.
  3. **Eliminar operadores:** se eliminan ciertos operadores de acuerdo con criterios globales (por ejemplo, orden de preferencia predefinido o comparación de los operadores dos a dos).
  4. **Seleccionar un operador:** se selecciona el mejor de los operadores que han sobrevivido al paso 3.
  5. **Aplicar el operador:** se aplica el operador seleccionado en el paso anterior.
  6. **Avaluar el objetivo:** si ya se ha llegado al objetivo se para, si no se vuelve a 2.

# Método de menor compromiso

- Es aplicable cuando *no se tiene mucho conocimiento sobre el dominio*.
- Es indicado cuando se dispone de un *conjunto de soluciones parciales potencialmente muy grande*.
- Proceso de resolución:
  1. **Si** es posible **entonces** comenzar con una solución parcial que satisfaga las restricciones, **si no** comenzar desde cero.
  2. **Si** la solución es completa **entonces** acabar, **si no** extender la solución parcial aplicando el heurístico del menor compromiso: “escoger el operador que imponga menos restricciones sobre las acciones futuras”.
  3. **Si** la modificación anterior viola alguna restricción **entonces** proponer algún cambio deshaciendo alguno de los pasos anteriores, procurando que las modificaciones sigan mínimas.
  4. **Tornar** a 2.

# Estrategias de adquisición de conocimiento en RC

- Determinación de:
  - conocimiento sobre la estructura y los componentes del objeto complejo que se quiere construir
  - reglas que implementen el conocimiento sobre las restricciones
  - reglas que implementen el conocimiento sobre cómo extender soluciones parciales:
    - operadores/acciones
  - meta-conocimiento para saber qué operador elegir en el momento de extender soluciones parciales

# Formación de hipótesis y pruebas organizadas jerárquicamente

- La **formación de hipótesis y pruebas organizadas jerárquicamente (HPJ)** combina aspectos de *clasificación heurística* y de *resolución constructiva de problemas*.
- Es indicada en problemas donde:
  - El espacio de soluciones posibles es muy grande, pero estas toman valores en un dominio contable.
- El espacio de hipótesis (nodos de la resolución) está organizado jerárquicamente:
  - Los *nodos altos* corresponden a *hipótesis más generales*, que se van refinando hasta llegar a las *hojas* que corresponden a *hipótesis más concretas*.
- La estructuración jerárquica ayuda a plantear el problema y facilita la solución.
- Ejemplos:
  - CENTAUR (Aikins, 1983)
  - INTERNIST (Pople, 1977)
  - TEST (Kahn et al., 1987)

# HPJ: proceso de resolución

- Proceso de resolución:
  1. Leer los datos iniciales del problema y formular hipótesis.
  2. Asignar a cada hipótesis una puntuación que refleje la proporción de los datos explicados.
  3. Determinar el mejor nodo según la puntuación:  $n$ .
  4. **Si** nodo-( $n$ )-es-solución **entonces** acabar  
**si no** dividir el espacio de hipótesis en 2 conjuntos  $K$  i  $L$ 
    - $K \leftarrow$  sucesores de  $n$
    - $L \leftarrow$  competidores de  $n$
  5. Recoger más datos que discriminen entre las hipótesis de  $K$  y puntuarlas.
  6. Sean:  $k$  el mejor de  $K$  y  $l$  el mejor de  $L$
  7. **Si** puntuación ( $k$ ) > puntuación ( $l$ ) **entonces**  $n \leftarrow k$  **si no**  $n \leftarrow l$
  8. Tornar a 4

# Ejemplo: CENTAUR

- Diagnosis de enfermedades pulmonares y de su gravedad

