UD05: Sistemas expertos y controladores inteligentes

Modelos de Inteligencia Artificial

version: 2026-08-24

IES EDUARDO PRIMO MARQUÉS

¿Qué veremos?

1. Arquitectura y dinámica de un sistema experto
2. Estructuras de representación del conocimiento
3. Representar y simular con `experta`
4. Sistemas híbridos reglas/datos
5. Razonamiento impreciso: lógica difusa
6. Variación de características y dinámica
7. Estrategias de control
8. Controladores inteligentes
9. Aplicaciones y tendencias

d.martinezpena@edu.gva.es

RA5 y sus criterios de evaluación

> **RA5** — Aplica sistemas expertos evaluando la influencia de los controladores inteligentes en el comportamiento del sistema.

CE	Criterio	Dónde
a	Dinámica y estructuras elementales	§1-2
b	Representar y simular comportamientos de ámbitos diversos	§3-5
c	Cómo influye la variación de características en la dinámica	§6
d	Estrategias de control: objetivos y especificaciones	§7
e	Relacionar controladores inteligentes con el comportamiento	§8

Al terminar la unidad serás capaz de...

- **Situar** el conocimiento en la jerarquía DIKW y **describir** la arquitectura de un sistema experto.
- **Diferenciar** los modos de representación: reglas, marcos, lógica, ontologías, redes semánticas.
- **Representar y simular** un comportamiento con `experta`, en un dominio real.
- **Combinar** reglas con datos cuando el conocimiento experto no basta.
- **Aplicar** lógica difusa a un problema con incertidumbre.
- **Explicar** cómo influye variar reglas, hechos y umbrales (sensibilidad / robustez).
- **Desarrollar** estrategias de control con sus especificaciones.
- **Relacionar** los controladores inteligentes con el comportamiento, frente a un PID.

1. Arquitectura y dinámica

del sistema experto

RA5-a

d.martinezpena@edu.gva.es

Del dato al conocimiento

- Antes de representarlo hay que **distinguirlo de sus vecinos**.
- La jerarquía **DIKW** los ordena: *Data, Information, Knowledge, Wisdom*.
- No es filosofía: marca **qué guarda** un sistema experto.

La jerarquía DIKW

Nivel	Qué es	Ejemplo
Datos	Hechos registrados, independientes de quien los lee	«Un reloj registra la temperatura corporal»
Información	Los datos interpretados por un agente; subjetiva	«La temperatura es 37 °C»
Conocimiento	Información integrada en un modelo del mundo	«Si supera 37 °C, tiene fiebre»
Sabiduría	Meta-conocimiento: cuándo y cómo aplicarlo	«Si tiene fiebre, debe tomar paracetamol»

Por qué importa la distinción

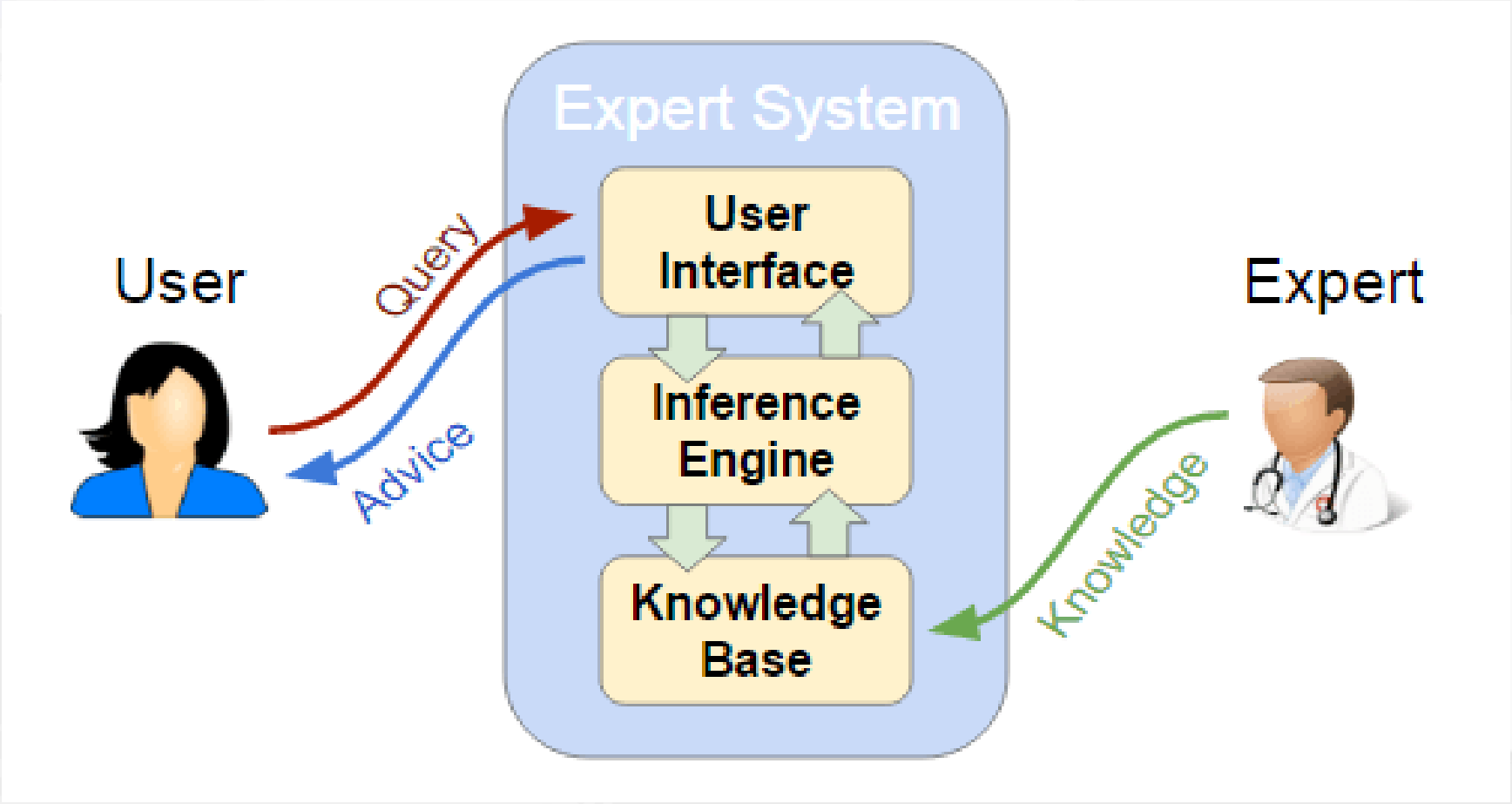
- Un sistema experto **no almacena datos ni información**: almacena **conocimiento** (reglas).
- Los más avanzados guardan algo de **sabiduría**: metarreglas que deciden cuándo aplicar otras reglas (el *control de meta* del §7).
- **El error más común al empezar**: acumular datos en vez de codificar reglas.

¿Qué es un sistema experto?

- Programa que **emula el razonamiento de un experto humano** en un dominio concreto.
- Codifica su conocimiento en una **base de conocimiento** y lo aplica con un **motor de inferencia**.
- Nacen en los **años 70**; se consideran los primeros sistemas de IA con utilidad práctica real.
- Imprescindible: disponer del conocimiento de un **especialista** del campo.

d.martinezpena@edu.gva.es

Los componentes



Qué hace cada componente

Componente	Función
Interfaz de usuario	Pregunta datos, muestra resultados, alerta de errores; incluye comunicaciones con otros sistemas
Base de conocimiento	Reglas y hechos del dominio, formalizados por el **ingeniero de conocimiento** con el experto
Memoria de trabajo	Hechos actuales: los del usuario o los sensores, más los deducidos al razonar
Motor de inferencia	Evalúa qué reglas se cumplen, resuelve conflictos y ejecuta las acciones
Subsistema de explicación	Justifica el «por qué» y el «cómo»; sirve para **depurar** y **verificar** la base
Adquisición de conocimiento	Incorporar conocimiento nuevo sin perfil técnico (el *bottleneck* del experto)

La explicación marca la diferencia

- Poder **explicar** su razonamiento distingue a un sistema experto de un modelo de ML.
- En dominios regulados —medicina, finanzas— la justificación es **obligatoria**.
- **MYCIN** fue el pionero: mostraba las reglas de inferencia empleadas.
- Su límite: en consultas complejas, enumerar todas las reglas resulta **tedioso** para el usuario.

La dinámica: el ciclo reconocer-actuar

1. **Reconocer (*match*)**: se comparan los hechos de la memoria de trabajo con las condiciones de las reglas; las activas van a la **agenda**.
2. **Resolver (*resolve*)**: si hay varias activas, se elige una según la estrategia de control (§7).
3. **Actuar (*act*)**: se ejecuta el consecuente, que declara, modifica o retira hechos — y el ciclo se repite.

Objetivo de fondo: que la lógica sea **explícita**, para que el experto del dominio pueda revisarla sin ser informático.

Mecanismos de razonamiento

- **Hacia delante** (*forward*, dirigido por datos): parte de los hechos y deduce conclusiones. Monitorización, control en tiempo real, planificación.
- **Hacia atrás** (*backward*, dirigido por metas): parte de una meta y busca qué hechos la sustentan, preguntando solo lo necesario. Diagnóstico (MYCIN, Prolog).
- **Mixto**: combina los dos.
- **Búsqueda heurística** (recorre un árbol) y **herencia** (un hijo hereda del padre).

Las dos reglas de inferencia clásicas

- **Modus Ponens**: si *P* implica *Q*, y *P* es verdad, entonces *Q* es verdad.
- **Modus Tollens**: si *P* implica *Q*, y *Q* no es cierto, entonces *P* no es cierto.

El encadenamiento **hacia delante** aplica Modus Ponens repetidamente; el encadenamiento **hacia atrás** busca qué *P* sustentaría un *Q* dado.

Incertidumbre: factores de certeza

- **MYCIN** introdujo los **factores de certeza (CF)**: cada regla lleva el suyo y se combinan al encadenar.
- «SI fiebre alta ENTONCES meningitis **CF = 0,6**» + «SI rigidez de nuca ENTONCES meningitis **CF = 0,4**» → confianza conjunta **mayor** que cada una por separado.
- Si hay evidencia en contra, los CF se **descuentan**: es la **acumulación de evidencia**.
- Alternativas modernas: **lógica difusa** (§5), Dempster-Shafer, redes bayesianas.

2. Estructuras de representación del conocimiento

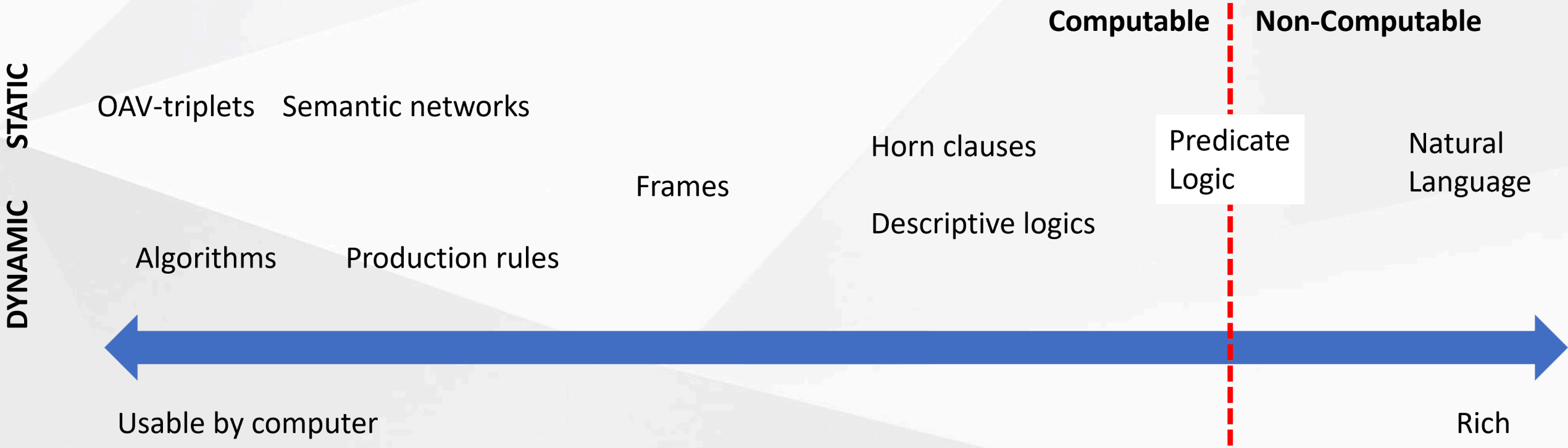
RA5-a / RA5-b

d.martinezpena@edu.gva.es

Un continuo, no una lista cerrada

Representar el conocimiento hay que hacerlo **entendible** para la máquina, **útil** para resolver y **eficiente** de procesar.

- A la izquierda, lo **simple** (algoritmos): eficiente, poco flexible.
- A la derecha, lo **flexible** (texto natural): expresivo, no utilizable directamente.
- En medio viven las representaciones de esta unidad.


Computable
Non-Computable
STATIC
DYNAMIC
OAV-triplets
Semantic networks
Frames
Horn clauses
Predicate Logic
Natural Language
Descriptive logics
Algorithms
Production rules
Usable by computer
Rich

Las representaciones (I)

Representación	Estructura	Ventajas	Límites
Pares atributo-valor	Lista de nodos y aristas: «el perro es un animal, tiene cuatro patas…»	Muy simple de construir	Poco expresiva para relaciones complejas
Reglas de producción	`SI … ENTONCES …`	Modular, legible, explicable	Difícil con jerarquías; lenta con bases grandes
Jerárquicas	Árbol: Animales → Vertebrados → Mamíferos → Perros	Natural para taxonomías	Rígida si un concepto está en varias ramas

Las representaciones (II)

Representación	Estructura	Ventajas	Límites
Marcos (*frames*)	Registros con ranuras y valores por defecto	Conocimiento estructurado	Conflicto con herencia múltiple
Lógica formal	Predicados de primer orden (Aristóteles, hace 2.000 años)	Rigor matemático	Explosión combinatoria; solo un subconjunto es usable (Prolog)
Redes semánticas	Grafos dirigidos etiquetados	Intuitiva para relaciones	Semántica ambigua
Ontologías	Clases, propiedades, axiomas (OWL)	Interoperabilidad, reutilización	Curva de aprendizaje alta

Lo mismo, en cuatro formas

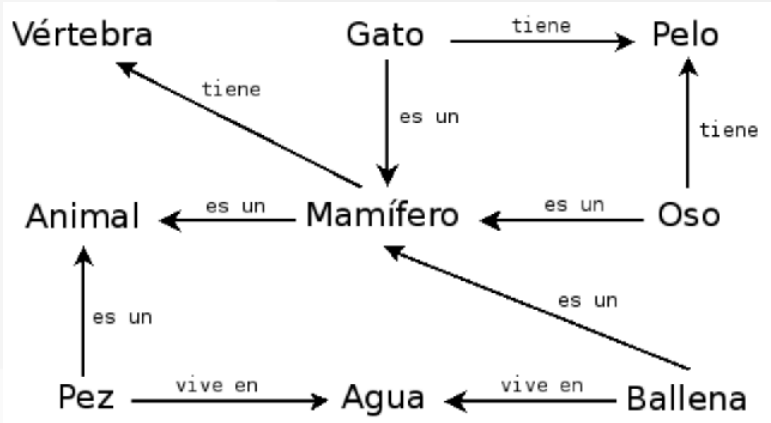
«Si la temperatura supera 37 ºC, la persona tiene fiebre» se escribe como…

- **Regla de producción**: `SI temperatura > 37 ENTONCES fiebre`
- **Lógica proposicional**: $p \rightarrow q$
- **Jerarquía**: Síntomas → Fiebre → Paracetamol
- **Par atributo-valor**: `persona.temperatura = 38.2`, evaluado por una regla externa

Elegir la representación es elegir **qué será fácil de hacer** con ese conocimiento después.

Qué usaremos en esta unidad

- Sobre todo **reglas de producción**, con `experta`.
- Y **lógica difusa**, con `scikit-fuzzy`.
- Las **ontologías** y las **redes semánticas** se mencionan como alternativas.
- Los **marcos** y la **lógica formal**, a nivel conceptual.



3. Representar y simular

con `experta`

RA5-b

d.martinezpena@edu.gva.es

El parche obligatorio

`experta` es de 2019 y `collections.Mapping` desapareció en Python 3.10. **Siempre antes de importar**:

```
import collections, collections.abc
if not hasattr(collections, 'Mapping'):
    collections.Mapping = collections.abc.Mapping
    collections.Iterable = collections.abc.Iterable
    collections.MutableMapping = collections.abc.MutableMapping

from experta import *
```

Un diagnóstico, paso a paso (I)

```python
class DiagnosticoPc(KnowledgeEngine):
    @DefFacts()
    def inicio(self):
        yield Fact(accion="diagnosticar")

    @Rule(Fact(accion="diagnosticar"), salience=10)
    def arrancar(self):
        print("Diagnóstico del PC...")
        self.declare(Fact(luz_encendida=True))
        self.declare(Fact(sonido="pitidos_cortos"))
```

- `@DefFacts()` — los hechos iniciales, que carga `reset()`.
- `@Rule(...)` — el antecedente; `salience` fija la prioridad.

Un diagnóstico, paso a paso (II)

```
    @Rule(Fact(luz_encendida=True), Fact(sonido="pitidos_cortos"))
    def ram(self):
        self.declare(Fact(causa="problema_ram"))

    @Rule(Fact(causa="problema_ram"))
    def resultado(self):
        print("DIAGNÓSTICO: Fallo de memoria RAM.")

engine = DiagnosticoPc()
engine.reset()   # sin reset() no se cargan los DefFacts
engine.run()
```

```
Diagnóstico del PC...
DIAGNÓSTICO: Fallo de memoria RAM.
```

Otro ámbito, el mismo motor

```
class Animales(KnowledgeEngine):
    @DefFacts()
    def inicio(self):
        yield Fact(analizar=True)

    @Rule(Fact(analizar=True), salience=10)
    def datos(self):
        self.declare(Fact(pelo=True), Fact(carnivoro=True), Fact(color="leonado"))
        self.declare(Fact(manchas="oscuras"))

    @Rule(Fact(pelo=True))
    def mamifero(self):
        self.declare(Fact(mamifero=True))

    @Rule(Fact(mamifero=True), Fact(carnivoro=True), Fact(color="leonado"),
          Fact(manchas="oscuras"))
    def guepardo(self):
        print("IDENTIFICADO: guepardo")
```

«Muy diversos ámbitos»: los notebooks

Notebook	Dominio	Qué simula
`UD05_N01_experta_primeros_pasos`	Introducción	Hechos, reglas, `DefFacts`
`UD05_N02_piedra_papel_tijera`	Juego	Piedra, papel o tijera por reglas
`UD05_N03_clasificacion_animales`	Zoología	El ejemplo anterior, ejecutado
EX1 · **rodilla**	Medicina	Diagnóstico de una lesión por síntomas
`UD05_N04_reglas_desde_datos_titanic`	Datos históricos	Reglas **extraídas** de datos (§4)
EX2 · **valor de mercado**	Deporte	Híbrido reglas + aprendizaje (§4)
EX3 · **EX4**	Deporte · industria	Lógica difusa y control real (§5, §8)

Por qué importa la diversidad

- Un sistema experto **no es una técnica de un solo dominio**.
- La **misma arquitectura** —base de conocimiento + motor de inferencia— sirve para diagnosticar una rodilla, valorar a un futbolista o regular un quemador de gas.
- Lo que cambia es **el conocimiento que se codifica**, no el motor que lo aplica.

4. Sistemas híbridos

reglas / datos

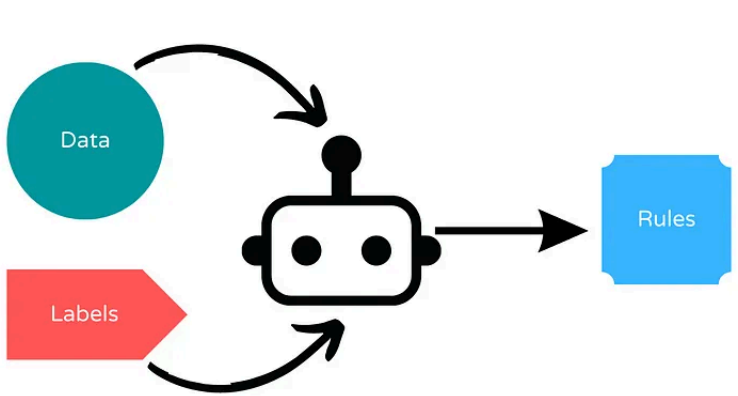
RA5-b

d.martinezpena@edu.gva.es

Cuando nadie ha escrito las reglas

Un sistema experto puro necesita que **alguien las escriba a mano**. Dos salidas:

- **Deducirlas de los datos**: un algoritmo las genera del entrenamiento. Sigue siendo `SI … ENTONCES …`, no una caja negra.
- **Integrarlas con aprendizaje automático**: el experto pone las de partida y el ML las **mejora**.



Las bibliotecas

Biblioteca	Qué hace
Human-Learn	Definir y **dibujar** tus reglas como un clasificador de scikit-learn, y combinarlas con ML
skope-rules	Analiza los datos y **deduce** reglas de clasificación, auditables
FIGS (`imodels`)	Reglas fáciles de interpretar combinando varios árboles pequeños
spaCy	Reglas para **extraer información de texto**, sin datos etiquetados suficientes

Titanic: reglas que salen de los datos

- Nadie escribe a mano «si viajas en primera clase y eres mujer, sobrevives».
- **FIGS** analiza los datos históricos y **genera esa regla por sí solo**, junto con otras.
- El resultado sigue siendo legible —un árbol de reglas pequeño— pero **nadie lo escribió**.
- Es el primero de los dos enfoques.

EX2 : los dos enfoques sobre los mismos datos

- Datos de **FIFA 22**, dos caminos a la vez:
  - una `FunctionClassifier` de **Human-Learn** con reglas que **tú** defines,
  - y un `FIGSClassifier` que **deduce** las suyas del entrenamiento.
- Comparar los dos resultados sobre el mismo problema es la mejor forma de **sentir la diferencia** entre los enfoques híbridos.

No es una técnica aislada: es una tendencia

- Los híbridos reglas/datos son la puerta de entrada a los **sistemas neuro-simbólicos** y a las **reglas como guardarraíl del ML** (§9).
- No son un tema aparte de los sistemas expertos: son su **evolución natural** cuando el conocimiento no cabe entero en la cabeza de un experto.

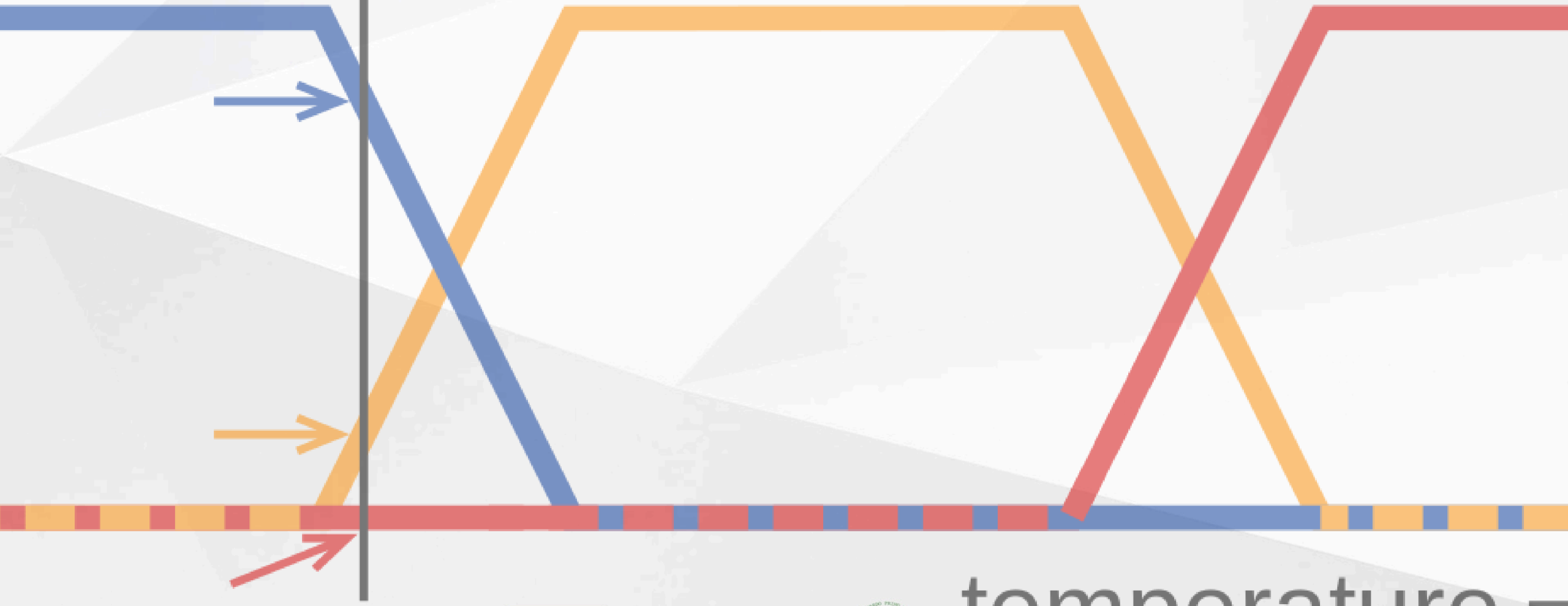
5. Razonamiento impreciso

la lógica difusa

RA5-b / RA5-d

d.martinezpena@edu.gva.es

Ni frío ni calor: cuestión de grado

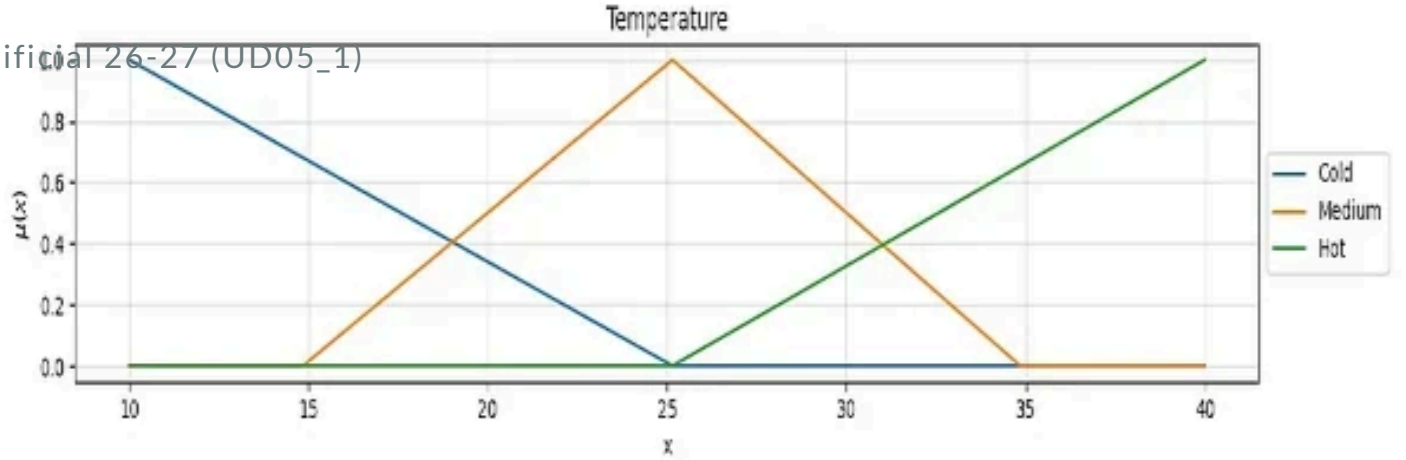


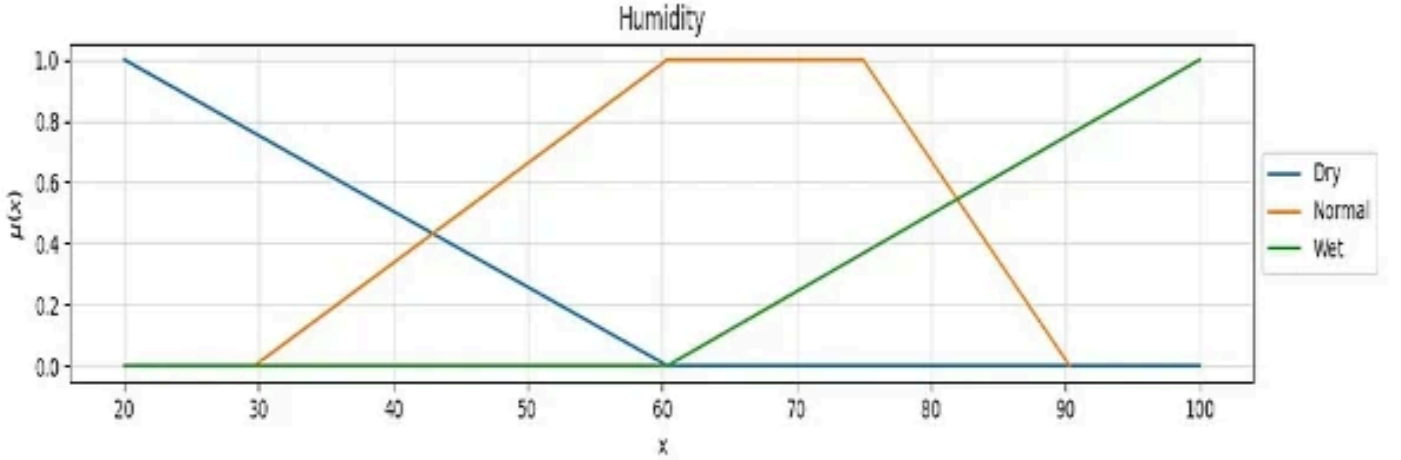
d.martinezpena@edu.gva.es

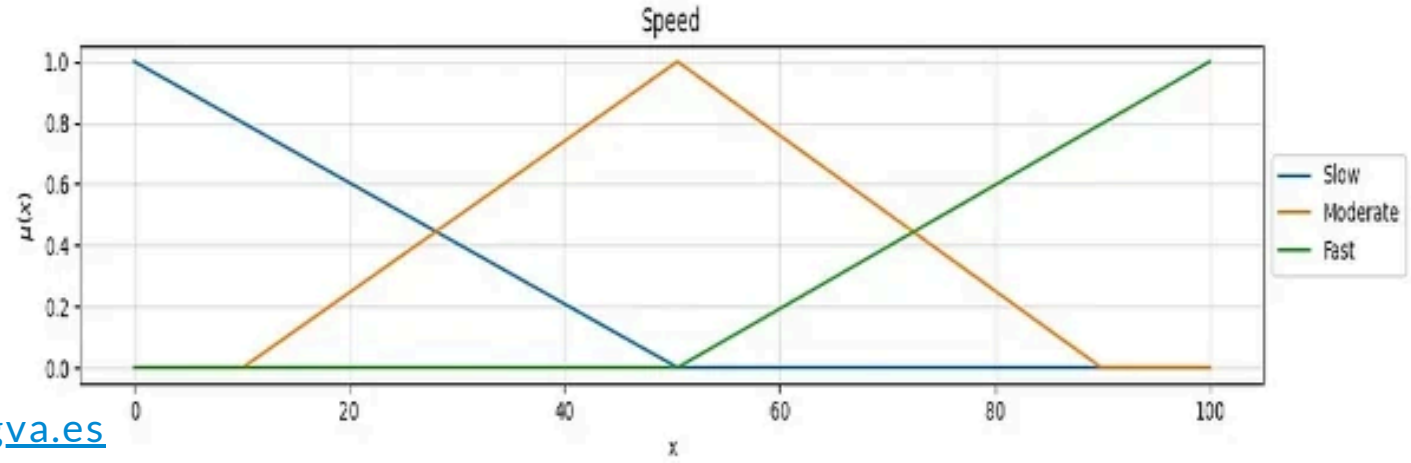
De lo binario a lo continuo

La lógica clásica es **binaria**. Pero «hace frío» no es verdadero o falso de forma tajante.

- Los valores de verdad son **reales en** $[0, 1]$: 0 falso, 1 cierto, 0,5 cierto al 50 %.
- La pertenencia la da una **función de pertenencia**, $\mu_A(x)$: grado de pertenencia de x a A.
- *Húmedo* o *frío* no se definen con precisión, pero **sí** con funciones de pertenencia.


Temperature
μ(x)
x
Cold
Medium
Hot


Humidity
μ(x)
x
Dry
Normal
Wet


Speed
μ(x)
x
Slow
Moderate
Fast

Sistema de razonamiento impreciso

Un sistema basado en reglas que usa lógica difusa:

- Trabaja con valores **continuos**.
- Modela mejor el **conocimiento humano** — nosotros no razonamos en binario.
- Muy apropiado para **sistemas de control**: enlaza directo con §7 y §8.
- Da una **buena** solución, aunque no sea la **mejor**.

Conceptos básicos

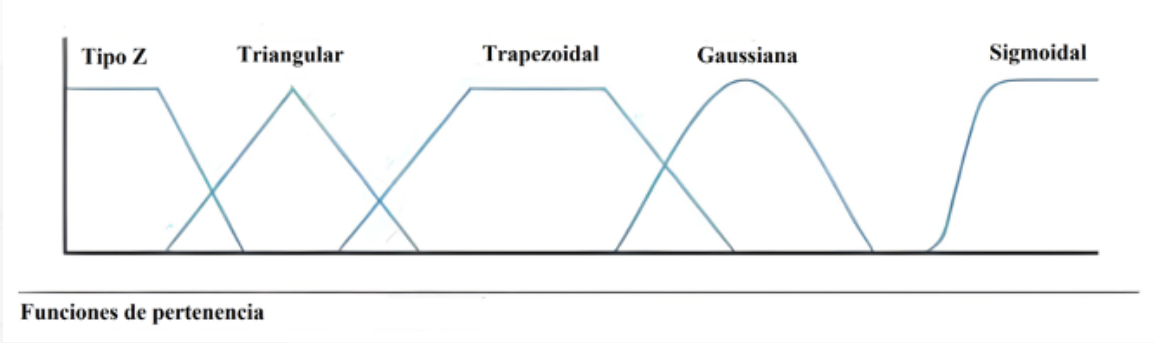
Concepto	Qué es	Ejemplo
Variable lingüística	Variable que toma valores lingüísticos	*Temperatura*
Valores lingüísticos	Los valores que puede tomar	*Frío*, *Calor*
Función de pertenencia	Asigna a cada valor un grado de pertenencia	$27\,^{\circ}C \rightarrow Calor = 0{,}8$
Regla difusa	Regla que usa valores difusos	«Si es **fría**, calefacción **alta**»
Función de agregación	Combina los difusos de varias reglas	$Calor = 0{,}8,\ H = 0{,}7 \rightarrow 0{,}8$

El funcionamiento, en tres pasos

1. **Fuzzificación** — convierte las entradas precisas en valores difusos, con las funciones de pertenencia: $27\,^{\circ}C \rightarrow Calor = 0{,}8$.
2. **Evaluación de las reglas** — se aplican combinando las entradas: «si la temperatura es **alta** y la humedad **baja**, el ventilador **alto**».
3. **Desfuzzificación** — devuelve un valor preciso, con **centro de gravedad** o **máximo**.

Las formas de las funciones

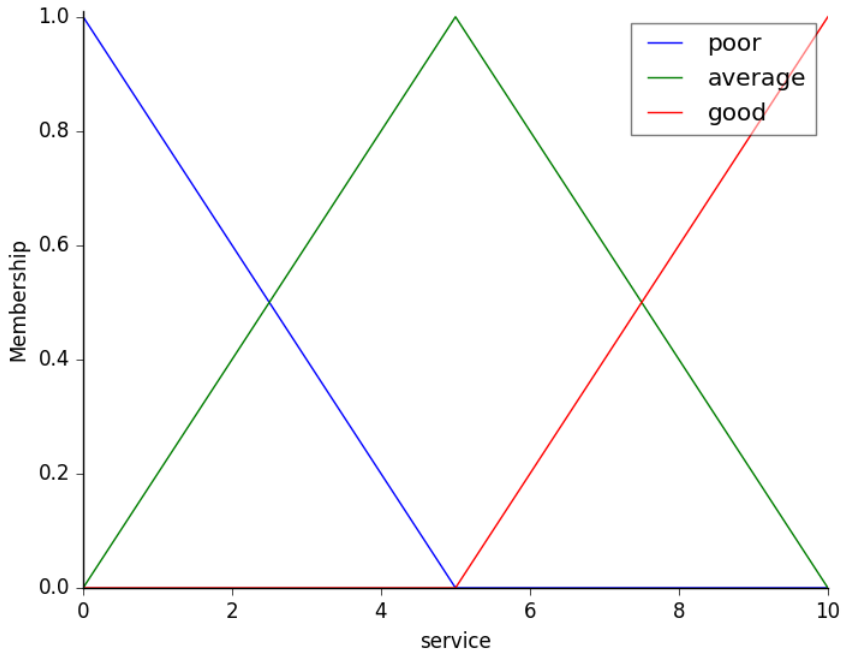
- **Trapezoidales** y **triangulares**: las más usadas.
- **Sinusoidales**: para representar periodos.
- **Sigmoidales**: para probabilidades.

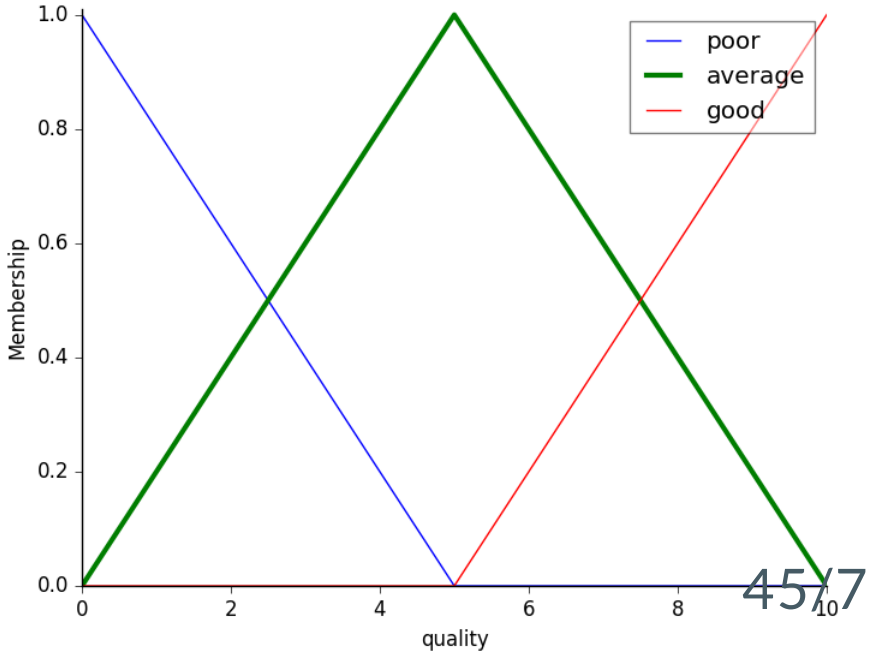


Ejemplo: la propina del restaurante

Las **entradas**, con funciones triangulares:

- **Servicio**: baja $[0, 5]$ · media $[0, 10]$ · alta $[5, 10]$
- **Comida**: mala $[0, 5]$ · media $[0, 10]$ · buena $[5, 10]$



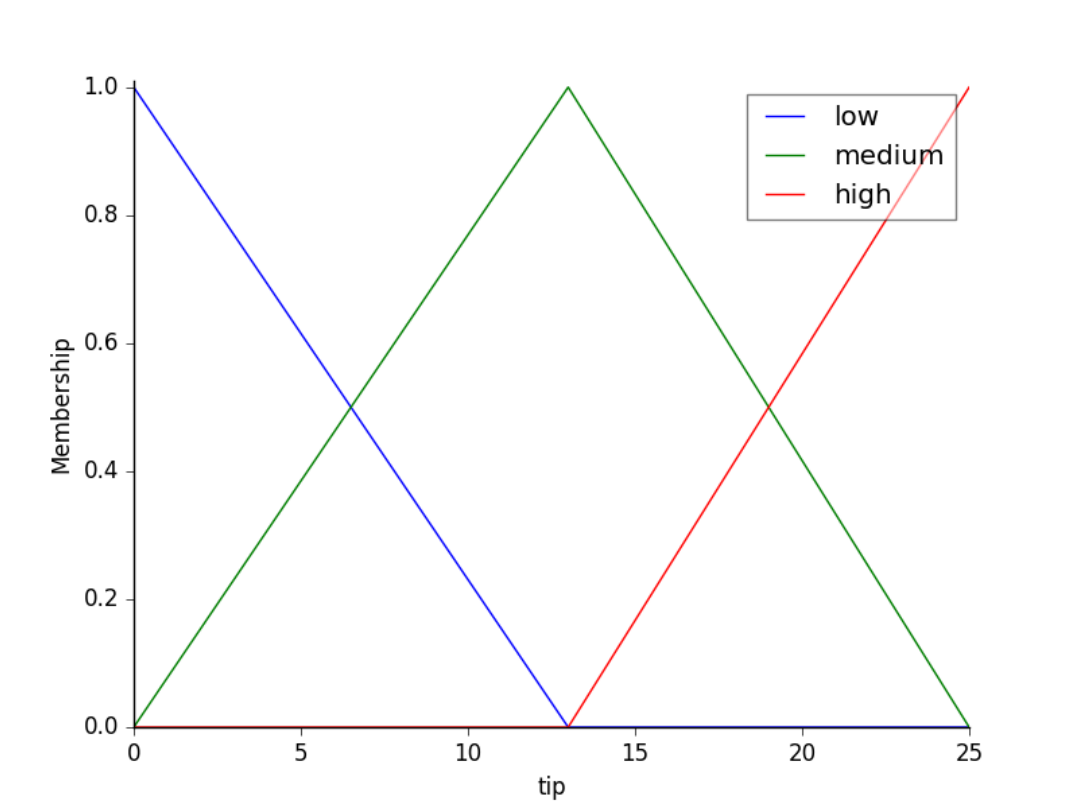


d.martinezpena@edu.gva.es

La salida

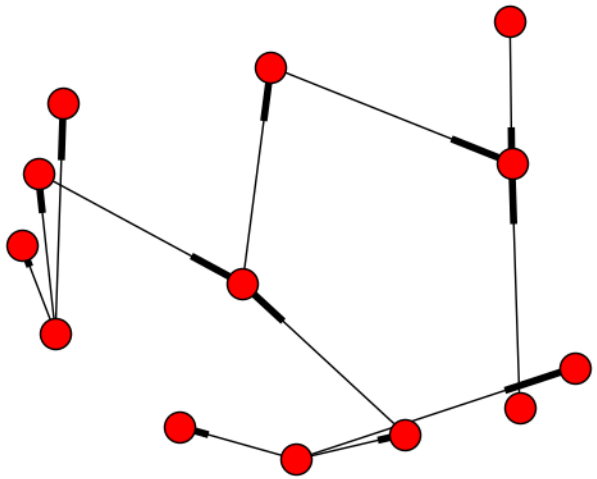
Propina: baja $[0, 13]$ · media $[0, 25]$ · alta $[13, 25]$

El universo se discretiza — y esa resolución **cambia el resultado**, como veremos.



Las reglas

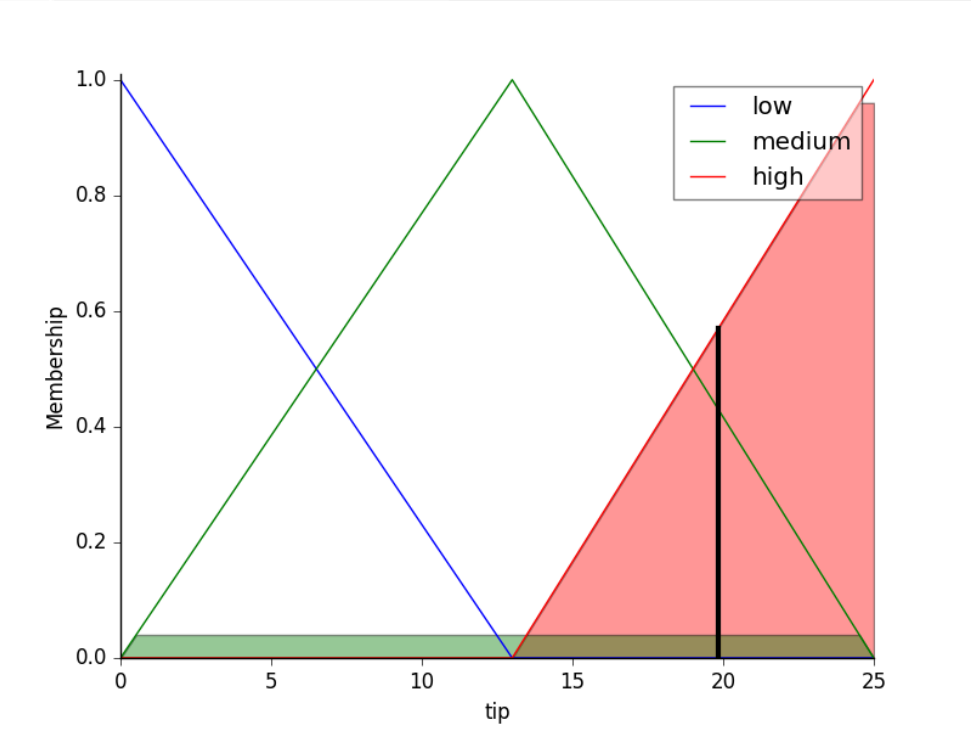
- SI (servicio **bajo** O comida **mala**) → propina **baja**
- SI (servicio **medio**) → propina **media**
- SI (servicio **alto** O comida **buena**) → propina **alta**



La inferencia

Con servicio **9,8** y comida **6,5**, el sistema desfuzzifica **19,24 €**: banda alta, coherente con un servicio casi perfecto.

Al ejecutarlo con `np.arange(0, 26, 1)` sale **19,85 €**: la diferencia es la **discretización del universo**, no un error.



De la propina al quemador de gas

- La estructura es **idéntica** en el Taller 3 y en el entregable `EX4`: entradas difusas, reglas lingüísticas, una salida desfuzzificada.
- La diferencia: ahí la salida no es una propina, es la **potencia de un actuador real**.
- Ese es el salto de este bloque al de controladores.

6. Variación y dinámica

sensibilidad y robustez

RA5-c

d.martinezpena@edu.gva.es

Sensibilidad frente a robustez

- **Sensibilidad**: cuánto cambian las conclusiones ante pequeñas desviaciones de parámetros o entradas. Muy sensible = detecta pronto las anomalías, pero da **falsas alarmas** con ruido.
- **Robustez**: mantener conclusiones estables y seguras ante perturbaciones, ruido o fallos parciales.
- Todo el diseño consiste en **elegir dónde ponerse** entre las dos.

Tres mecanismos de variación

Qué varía	Efecto en la dinámica
Las reglas (estructura lógica)	Añadir condiciones → más inercia, la regla se dispara menos. Simplificar → **sobreactivación** ante transitorios sin riesgo
Los hechos (perturbaciones)	Ruido en un sensor —CO oscilando junto al umbral— → el sistema **conmuta actuadores sin parar**
Los umbrales de certeza	Subirlo → menos falsos positivos, pero puede **ignorar alertas tempranas**

El problema de la histéresis

- Un sensor de CO en un túnel oscila entre **28 y 32 ppm**, con el umbral en **30**.
- Sin histéresis, los extractores se **encienden y apagan en cada ciclo**.
- Dos soluciones:
  - **Histéresis temporal**: la alerta debe mantenerse 30 s antes de actuar.
  - **Controlador difuso**: suaviza la transición en vez de cortarla en seco.

7. Estrategias de control

del sistema experto

RA5-d

d.martinezpena@edu.gva.es

Control de la agenda

Cuando varias reglas están activas a la vez, hay que **elegir**:

Estrategia	Qué hace
Salience	Prioridad numérica explícita: las de emergencia, primero
Recency	Prefiere las reglas con hechos más recientes
Specificity	Prefiere la regla con más condiciones en el antecedente
Control de meta	Reglas de nivel superior que cambian prioridades o activan grupos según el modo (arranque, operación, parada)

El control de meta es la **sabiduría** del DIKW, aplicada al propio motor.

Especificaciones de la respuesta

Especificación	Qué mide
Precisión	Error en régimen permanente: variable − setpoint al estabilizarse
Tiempo de respuesta	Tiempo de subida (tr) y de asentamiento (ts)
Estabilidad	Ausencia de oscilaciones; sobreimpulso máximo aceptable
Alcance	Rango de operación de la planta

En este módulo se trabajan de forma **conceptual**: definir el objetivo y saber interpretar si la respuesta lo cumple.

Ejemplo guiado: climatizar una sala a 21 ºC

1. **Setpoint y precisión** — estabilizarse en 21 ºC con error de **±0,5 ºC** máximo.
2. **Tiempo de respuesta** — entrar en la banda 20,5-21,5 ºC en menos de **15 min**.
3. **Estabilidad** — sobreimpulso máximo de **1 ºC**, sin oscilaciones que dañen el equipo.

Las especificaciones se escriben **antes** de elegir el controlador.

Ejemplo guiado (II): elegir y comprobar

4. **Elegir el controlador** — un PID bien sintonizado cumpliría en un sistema lineal, pero la sala tiene **inercia térmica y perturbaciones** (puertas, sol). Un controlador experto o difuso, con reglas del operador, logra **menos sobreimpulso y más robustez**.
5. **Comprobar y ajustar** — simular, medir ts y sobreimpulso, y si no cumple, ajustar reglas o ganancias.

Controlar no es «conectar un motor»

Es **definir el objetivo** (precisión), **acotar el tiempo**, **limitar el sobreimpulso** y **elegir el controlador** que lo cumpla, verificándolo con una simulación.

Ese es el sentido de los criterios **d** y **e** — y exactamente lo que se pide en `EX4`, con un quemador de gas real en vez de una sala.

8. Controladores inteligentes

frente al PID clásico

RA5-e

d.martinezpena@edu.gva.es

El lazo de control clásico

Compara el **setpoint** (SP) con la variable medida (PV), calcula el error y aplica una acción (MV).

$$u = K_p\, e + K_i \int e + K_d \frac{de}{dt}$$

La parte **proporcional** responde al error, la **integral** elimina el residual, la **derivada** reduce el sobreimpulso.

Dónde falla el PID

- **No predice el futuro**: solo reacciona al error presente y pasado.
- Se degrada con **retrasos** y **no linealidades**.
- Sus ganancias son **fijas**: hay que **re-sintonizarlo** cuando la planta envejece.
- Sufre con perturbaciones **multivariable**.

Es eficaz en sistemas lineales bien modelados — y ahí sigue siendo la opción correcta.

Cuatro controladores inteligentes

Controlador	Cómo funciona	Ventaja frente al PID
Difuso	Reglas lingüísticas + funciones de pertenencia (Mamdani, Sugeno)	Robusto ante ruido y no linealidad; **no necesita modelo**
Por reglas (experto)	Motor de inferencia con reglas del operador	Captura heurísticas humanas; fácil de entender
Redes neuronales	Aprenden la dinámica inversa de la planta	Se adapta a sistemas no lineales
Predictivo (MPC)	Predice la trayectoria futura y optimiza	**Anticipa** restricciones; proactivo

Y funciona, con datos

Caso	Mejora frente al PID
Control térmico difuso	Asentamiento −76 % (416 s → 100 s); sobreimpulso 5,64 % → **0 %**
Horno de fundición (ANN)	MSE 132,75 frente a 134,13 (mejora ligera)
Mitsubishi, aire acondicionado	5× más rápido, **−24 %** de consumo
DeepMind, centros de datos	**−40 %** en energía de refrigeración

¿Gana siempre el inteligente?

No.

- El PID es **simple, barato y fiable** en sistemas bien modelados.
- El controlador inteligente aporta cuando hay **no linealidad, retraso o ruido fuerte**.
- La regla: **empezar simple** y añadir inteligencia solo si se justifica.
- Es lo que comprobarás en `EX4`, que pide **dos enfoques distintos** para el mismo quemador.

El sistema experto como controlador

Patrón del **control experto** (Åström, Anton y Årzén, 1986): un motor de inferencia **dentro** del lazo.

- Evalúa el error **y su variación**, decide por reglas y **explica** la decisión.
- Dos formas de actuar:
  - **directa** — «si el error es negativo grande y aumenta → máxima potencia»,
  - **supervisando un PID** — ajusta sus ganancias cuando la respuesta se degrada.
- Base de sistemas industriales como **Gensym G2** (refinerías, energía, farmacia) desde los 80.

Una regla de verdad

```
SI error de temperatura es NEGATIVO_GRANDE
Y variación del error es POSITIVA_PEQUENA
ENTONCES potencia del quemador es MEDIA_ALTA
```

Captura la heurística de un operador humano y es **fácil de auditar** — algo que un PID o una red neuronal no ofrecen de forma directa.

9. Aplicaciones y tendencias

contenidos del RA5

d.martinezpena@edu.gva.es

Por sector

Sector	Uso
Industria	Control de procesos, diagnóstico de máquinas, mantenimiento
Salud	Diagnóstico asistido (MYCIN, GARVAN-ES1), dosificación
Finanzas	Asesoramiento, detección de fraude por reglas
Telecomunicaciones	Gestión de redes, diagnóstico de averías

Los clásicos, con cifras

- **DENDRAL** (1965): el primer sistema experto; acotaba millones de isómeros moleculares a un conjunto manejable.
- **MYCIN** (Stanford, 1972): 500-600 reglas de diagnóstico clínico, precisión **69-70 %**, equiparable a especialistas. Pionero de la explicación y los factores de certeza.
- **XCON/R1** (CMU/DEC, 1978): configuraba ordenadores VAX; de 250 a más de **6.200 reglas** en 1986, precisión 95-98 % y ~**25 M$/año** de ahorro.
- **SID** (DEC): generó el **93 %** de las puertas lógicas del VAX 9000.
- **Cyc** (1984): enciclopediar el sentido común, millones de hechos y reglas.

Tendencias

- **BRMS** — motores de reglas de negocio como **Drools** (Apache KIE), con DMN/JSR-94: miles de reglas separadas del código, con motores que escalan linealmente.
- **Neuro-simbólico** (3.ª ola de la IA) — redes neuronales para aprender + reglas para razonar; reduce alucinaciones y aporta explicabilidad. Amazon lo usa en sus motores de compra.
- **IA explicable (XAI)** — de MYCIN a SHAP/LIME, con el **derecho a explicación** del RGPD detrás (enlaza con la UD06).
- **Agentes con razonamiento declarativo** — planifican con reglas y guardas lógicas de seguridad.
- **Reglas como guardarraíl del ML** — validar y acotar las salidas de los modelos, incluidos los generativos.

Del pasado al presente

- MYCIN y XCON demostraron que el **conocimiento declarativo** y la **explicación** importan.
- Esa idea **no ha muerto**: vive en los BRMS, en el neuro-simbólico y en los guardarraíles del ML.
- Saber construir y **auditar** sistemas basados en reglas —puras, híbridas o difusas— sigue siendo una competencia valiosa.

Cierre

d.martinezpena@edu.gva.es

Puntos clave (I)

- El **DIKW** distingue dato, información, conocimiento y sabiduría: un sistema experto guarda **conocimiento** (reglas) y, como mucho, **metarreglas**.
- Un sistema experto = **base de conocimiento** + **motor de inferencia**, con el ciclo reconocer-actuar y encadenamiento hacia delante o hacia atrás.
- La **explicación** es su gran ventaja frente al ML, y es obligatoria en dominios regulados.
- La representación del conocimiento es un **continuo**: atributo-valor, reglas, jerarquías, marcos, lógica, redes semánticas, ontologías.
- Con `experta` se simulan comportamientos de ámbitos **muy diversos**: medicina, zoología, deporte, industria.

Puntos clave (II)

- Los **híbridos reglas/datos** (Human-Learn, FIGS, skope-rules) combinan lo que sabe el experto con lo que dicen los datos.
- La **lógica difusa** extiende la lógica a $[0, 1]$: fuzzificación, evaluación de reglas y desfuzzificación.
- **Sensibilidad frente a robustez**: variar reglas, hechos o umbrales cambia la dinámica; la histéresis y el control difuso la estabilizan.
- Las **estrategias de control** y las **especificaciones** definen la calidad de la respuesta.
- Los **controladores inteligentes** superan al PID en sistemas no lineales: −76 % de asentamiento, 0 % de sobreimpulso.

Las cinco sesiones

Semana	Contenido	CE
11	DIKW, arquitectura y dinámica; representación	a
12	Taller 1 (`experta`), `EX1`; híbridos y `EX2`	b
13	Lógica difusa: Taller 2; variación y dinámica	b, c
14	Estrategias de control; controladores; Taller 3	d
15	`EX3`, `EX4`; aplicaciones y tendencias; evaluación	d, e

Cómo se evalúa

Peso	Instrumento
40 %	Media de los **cinco entregables** (`EX0` - `EX4`), cada uno con su rúbrica sobre 10
60 %	Prueba del RA5: test y desarrollo sobre el contenido de la unidad

La **normativa exige alcanzar todos los RA** del módulo para superarlo; el centro lo concreta en **≥ 5 en cada RA**.

¿Y ahora?

Un sistema experto convierte lo que sabe una persona en reglas que **diagnostican, asesoran y controlan** — y sabe explicar por qué.

A construirlo.

d.martinezpena@edu.gva.es