



# UD02: Sistemas Basados en el Conocimiento

Modelos de Inteligencia Artificial

version: 2025-11-18

# ¿Qué veremos?

1. IA Simbolica
2. Sistemas Expertos
3. Sistemas híbridos Reglas/Datos
4. Sistemas de razonamiento impreciso

# Inteligencia artificial simbólica

- **IA simbólica o IA basada en conocimiento:**
  - Extraemos conocimiento de expertos y lo representamos de una forma que las máquinas puedan entender.
  - Utilizamos este conocimiento para:
    - Resolver problemas automáticamente.
    - Explicar el razonamiento de la máquina.
    - Aprender nuevas cosas.
    - Mejorar el conocimiento existente.

# Representación del conocimiento

- Conocimiento vs datos vs información:
  - **Datos:** Hechos o valores.
  - **Información:** Datos con significado.
  - **Conocimiento:** Información con significado y estructura.
- “ El conocimiento es un conjunto de información estructurada e interrelacionada que permite a un agente realizar tareas. ”

# Jerarquía del conocimiento (I)

- Muchas veces definimos el conocimiento en relación a conceptos similares.
- La jerarquía del conocimiento o jerarquía de DIKW es un modelo que muestra la relación entre *datos*, *información*, *conocimiento* y *sabiduría*.



# Jerarquía del conocimiento (II)

- **Datos (Data):** Hechos o valores registrados en un soporte físico. Es independiente del agente y puede ser interpretado de diferentes maneras.
  - Ejemplo: *"Un reloj inteligente registra la temperatura corporal de la persona."*
- **Información (Information):** Es como los datos son interpretados por un agente. Es subjetiva y depende del agente.
  - Ejemplo: *"La temperatura corporal de la persona es 37°C"*

# Jerarquía del conocimiento (III)

- **Conocimiento (Knowledge):** Es información integrada en nuestro modelo del mundo. Depende del agente y de sus conocimientos previos.
  - Ejemplo: *"Si la temperatura es superior a 37°C, entonces la persona tiene fiebre"*
- **Sabiduría (Wisdom):** Representa el meta-conocimiento: conocimiento sobre cómo y cuándo aplicar el conocimiento.
  - Ejemplo: *"Si la persona tiene fiebre, entonces debe tomar paracetamol"*

# Representación del conocimiento (I)

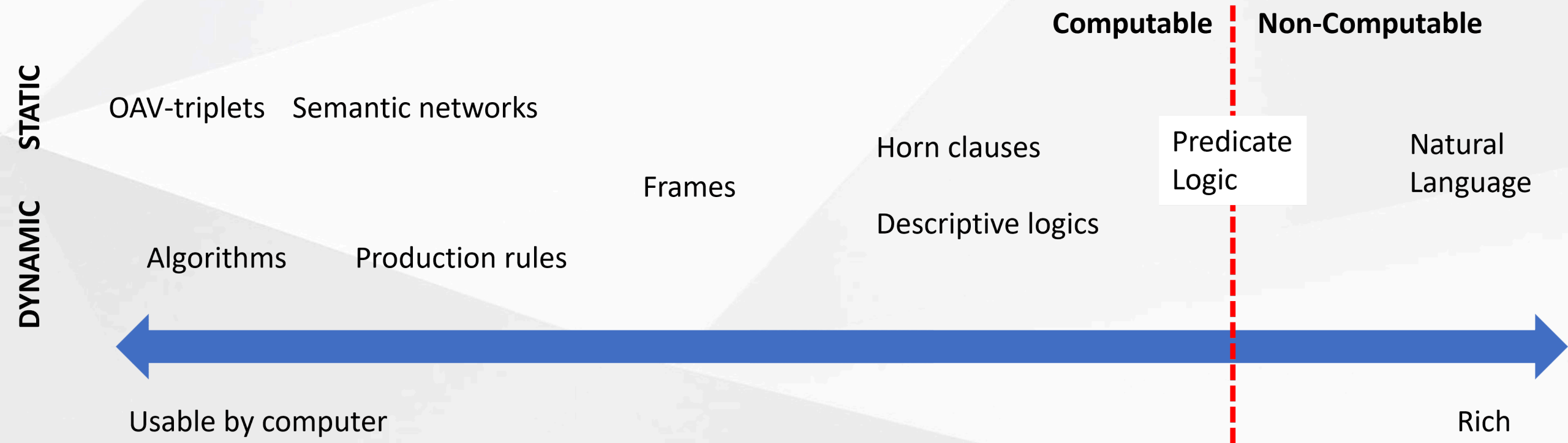
- Es la forma en la que representamos el conocimiento para que las máquinas puedan entenderlo.
- Es uno de los problemas fundamentales de la inteligencia artificial.
- Se debe representar de forma que:
  - Sea **entendible** para las máquinas.
  - Sea **útil** para resolver problemas.
  - Sea **eficiente** para ser procesado por las máquinas.



# Representación del conocimiento (II)

- Podemos ver las diferentes representaciones como un **continuum**:
  - A la izquierda tenemos las representaciones más **simples** (algoritmos); utilizables por los ordenadores de forma eficiente pero muy poco flexibles.
  - A la derecha tenemos las representaciones más **flexibles** (texto natural); muy potentes pero no utilizables directamente por las máquinas.

# Continuum del conocimiento



# Representación del conocimiento (III)

- **Representaciones de red:**

- En la mente humana el conocimiento se representa como una red de conceptos interrelacionados.
- Las representaciones de red intentamos hacer lo mismo en un grafo dentro de los ordenadores.
  - Las llamamos **redes semánticas**.
- Existen diferentes tipos: Pares de atributos y valores, representaciones jerárquicas, representaciones procedurales, lógica, etc.

# Pares de atributos y valores o tripletes objeto-atributo-valor

- Aprovechamos que un grafo se puede representar como una lista de nodos y aristas para representar el conocimiento.
- El conocimiento se representa como una lista de pares de atributos y valores.
  - *"El perro es un animal, el perro tiene cuatro patas, el perro tiene pelo, el perro tiene cola, etc."*
  - *"La paloma es un animal, la paloma es un pájaro, la paloma tiene dos patas, etc."*
  - *"El coche es un vehículo, el coche tiene cuatro ruedas, el coche tiene un motor, etc."*

# Representaciones jerárquicas

- El conocimiento se representa como un árbol.
- Los nodos del árbol representan conceptos.
- Las aristas representan relaciones entre conceptos.
  - Animales → Vertebrados → Mamíferos → Perros → Caniche
  - Animales → Vertebrados → Pájaros → Palomas → Paloma común
  - Objetos → Vehículos → Coches → Coche de gasolina

# Representaciones procedurales

- El conocimiento se representa como un conjunto de acciones que pueden realizarse cuando se dan ciertas condiciones.
- Llamamos **reglas de producción** a las **declaraciones** que nos permiten obtener conclusiones a partir de ciertas premisas.
- Son de la forma: **IF** (premisa) **THEN** (conclusión)
  - **IF** (la temperatura es superior a 37°C) **THEN** (la persona tiene fiebre)
  - **IF** (la persona tiene fiebre) **THEN** (la persona debe tomar paracetamol)

# Lógica

- La lógica es un sistema formal que nos permite representar el conocimiento y razonar sobre él propuesta por Aristóteles hace más de 2000 años como herramienta para la deducción.
- La lógica proposicional es un sistema formal que nos permite representar el conocimiento y razonar sobre él. Muy potente a nivel teórico pero no directamente utilizable por las máquinas; un subconjunto es utilizable en sistemas como prolog.
- Ej:  $p$ : "La persona tiene fiebre",  $q$ : "La persona debe tomar paracetamol"
  - $p \rightarrow q$ : "Si la persona tiene fiebre, entonces la persona debe tomar paracetamol"
  - $p \wedge q$ : "La persona tiene fiebre y la persona debe tomar paracetamol"

## 2. Sistemas Expertos

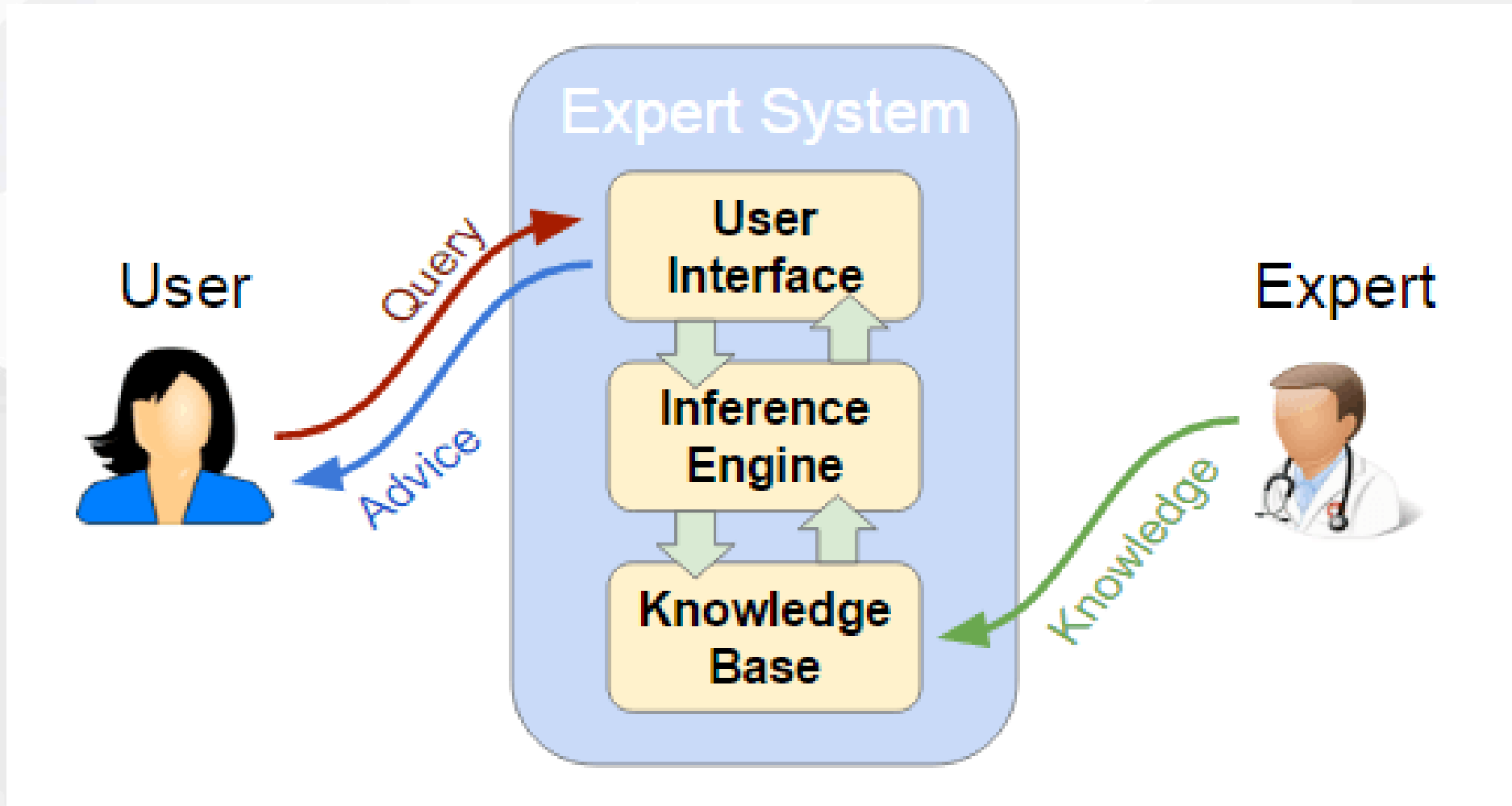
- Los sistemas expertos son una aplicación de la inteligencia artificial.
  - Los sistemas expertos comenzaron su desarrollo en la década de 1970.
  - Se considera que los primeros sistemas que fueron capaces de obtener resultados con utilidad práctica.
  - Basados fundamentalmente en reglas.
  - imprescindible disponer del conocimiento de un especialista en el campo objeto de estudio.
- “ Todo sistema experto ha de tener la capacidad de explicar cuál es la decisión que ha tomado. ”



## 2. Estructuras elementales de los sistemas expertos

- La arquitectura... basado en reglas del tipo: «SI ... ENTONCES»
- Cada regla representa una porción del conocimiento que se pretende introducir en el sistema.
- Un conjunto de reglas relacionadas puede llevar de una serie de hechos y datos conocidos hasta algunas conclusiones de utilidad.

Todo sistema experto está formado por los siguientes elementos:



# 3.Dinámica de un sistema experto.

- En un programa informático, la lógica está incrustada en un código que, solo puede ser revisado por un especialista informático.
- En un sistema experto, el objetivo era especificar las reglas en un formato que fuera intuitivo y fácil de entender, revisar e incluso editar por expertos en el dominio en lugar de expertos en TI.
- Un sistema experto debe ser capaz de generar información no explícita, razonando con los elementos que se le dan.
- Un sistema experto puede actuar como un intermediario inteligente que guía y apoya el trabajo del usuario final.

# Mecanismos de razonamiento.

- **Encadenamiento hacia delante:** se parte de hechos para llegar a resultados.
- **Encadenamiento hacia atrás:** se parte de los resultados y se trata de encontrar o volver a los hechos.
- **Encadenamiento mixto:** combina los anteriores.
- **Algoritmo de búsqueda heurística:** el proceso de inferencia es una búsqueda en una estructura de tipo árbol.
- **Herencia:** usado en entornos de programación orientada a objetos. Un objeto hijo hereda propiedades y hechos de los padres.

# Encadenamiento hacia adelante y hacia atrás

## Para obtener conclusiones...

- Modus Ponens "si  $P$  implica  $Q$ ; y si  $P$  es verdad; entonces  $Q$  también es verdad."
- Modus Tollens "Si  $P$  implica  $Q$ , y  $Q$  no es cierto, entonces  $P$  no es cierto"

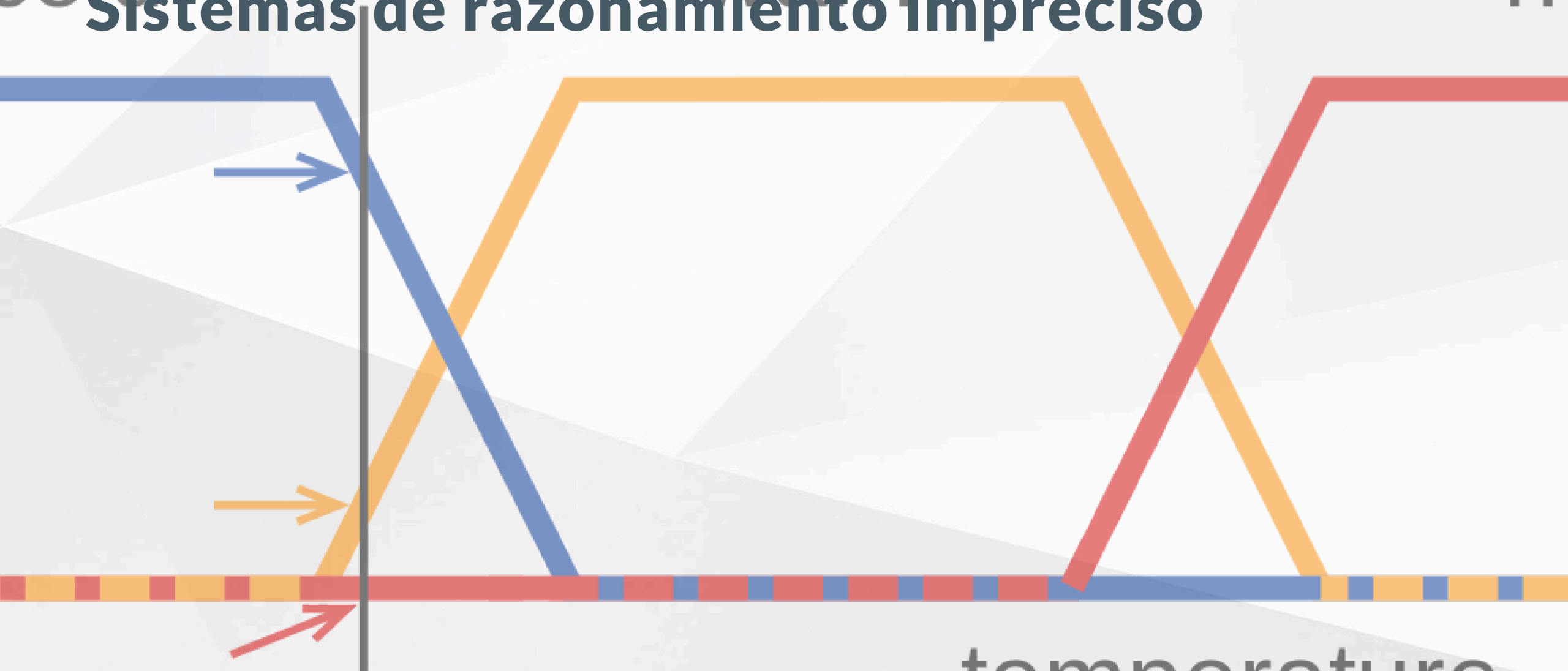
Así como ver este [vídeo](#) corto en el que se hace un planteamiento sencillo de los conceptos.

# Sistemas híbridos Reglas/Datos (II)

## Librerías

- [Human-Learn](#): Permite definir y dibujar reglas que se pueden mejorar con el aprendizaje automático.
- [skope-rules](#): Analitza les dades i dedueix regles per a classificar.
  - Permite analizar las reglas para mejorarlas e interpretarlas.
- [SpaCy](#):
  - Permite definir reglas para extracción de información para textos.
  - Útil en casos donde no se dispone de suficientes datos etiquetados o por casos específicos.

# Sistemas de razonamiento impreciso



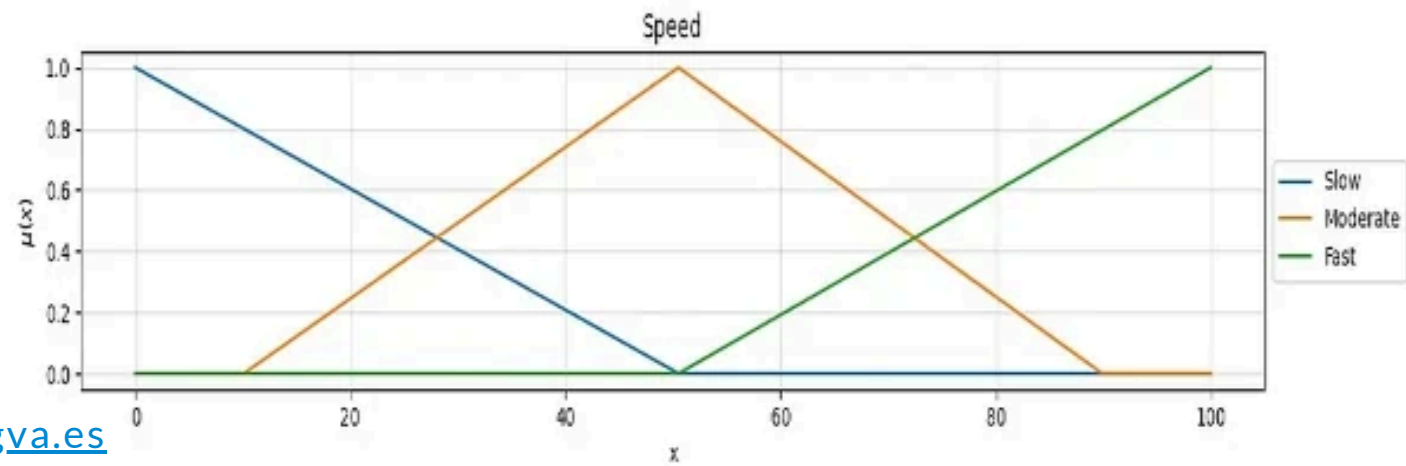
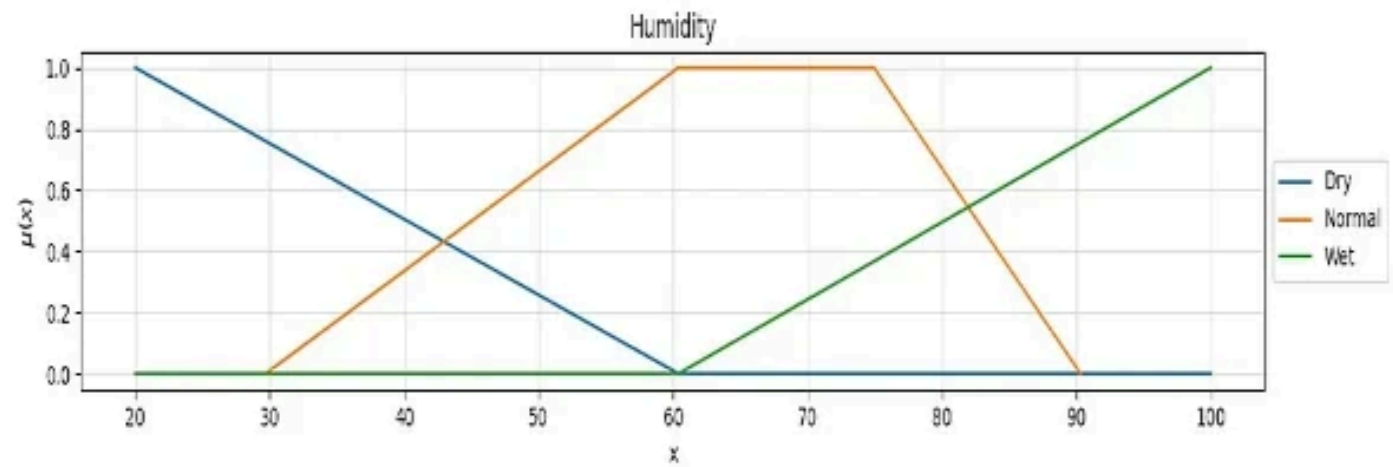
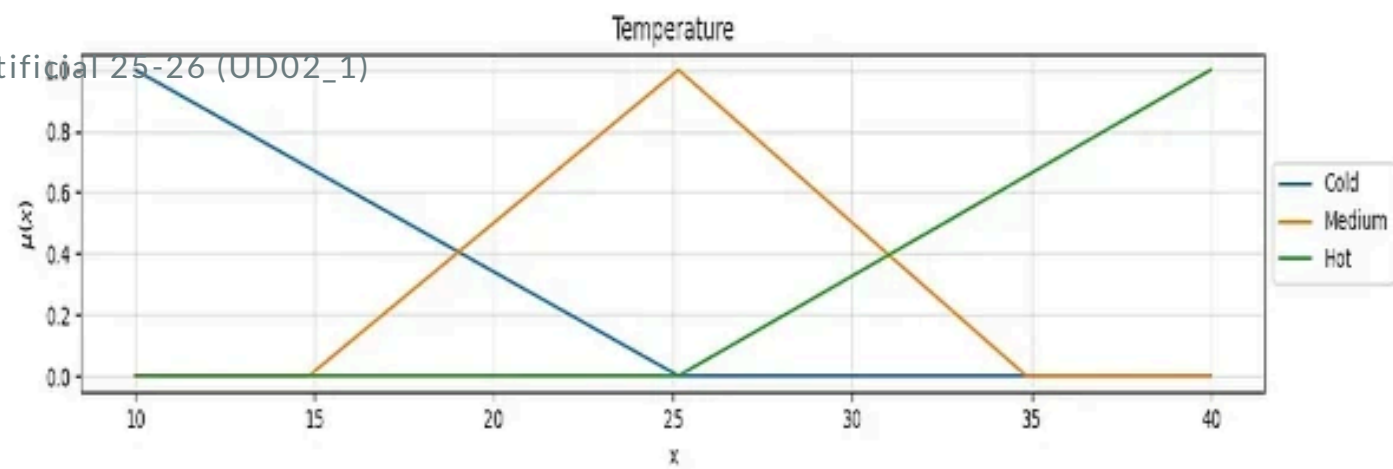
# Definición

- **Lógica difusa o lógica borrosa:**
  - Extensión de la lógica proposicional para trabajar con la incertidumbre.
    - Permite trabajar con valores imprecisos.
- **Sistemas de razonamiento impreciso:**
  - Sistemas basados en reglas que utilizan la lógica difusa.
  - Permiten trabajar con valores **continuos**.
  - Facilitan modelar el **conocimiento humano**.
  - Muy apropiados para **sistemas de control**
  - Nos permiten tener una **buena** solución, si no la **mejor**.



# Lógica difusa (I)

- La lógica proposicional es **binaria**.
  - Un enunciado es **cierto** o **falso**.
- La lógica difusa permite trabajar con valores **continuos**.
  - Un enunciado puede ser **cierto** y **falso** en un grado **parcial**.
- Los valores de verdad son **números reales** en el intervalo  $[0, 1]$ .
  - $0 : \textit{Falso}$ ,  $1 : \textit{Cierto}$ ,  $0.5 : \textit{Cierto al 50\%}$
- La pertenencia de un elemento a un conjunto vendrá dada por una **función de pertenencia**.
  - $\mu_A(x)$ : Grado de pertenencia de  $x$  al conjunto  $A$ .



## Lógica difusa (II)

- La lógica difusa facilita la **representación del conocimiento humano**.
  - Los humanos no razonamos en términos binarios.
  - Los humanos no tenemos un conocimiento preciso ni completo.
- Conceptos como *húmedo* o *frío* son difíciles de definir con precisión.
  - La lógica difusa nos permite definirlos con **funciones de relevancia**.
  - El poder trabajar con estos conceptos facilita la creación de dispositivos como secadores o termostatos.
    - *"Si la temperatura es fría, entonces enciende la calefacción"*

# Conceptos básicos (I)

- **Variable lingüística:** Variable que puede tomar valores lingüísticos.
  - Ejemplos: *Temperatura*
- **Valores lingüísticos:** Valores que puede tomar una variable lingüística.
  - Ejemplo: *Frio, Calor*
- **Función de pertenencia:** Función que asigna a cada valor de una variable lingüística un grado de pertenencia a un valor lingüístico.
  - Ejemplo:  $Temperatura = 27^{\circ}C \rightarrow Calor = 0,8$   $MuchoCalor = 0,2$

## Conceptos básicos (II)

- **Regla difusa:** Regla que utiliza valores difusos.
  - Ejemplo: "*Si la temperatura es **fría**, entonces **calefacción alta***"
- **Función de agregación:** Función que combina los valores difusos de las reglas para deducir la conclusión final.
  - Exemple:  
 $Calor = 0.8, Humedad = 0.7 \rightarrow Sensacion\ desagradable = 0.8$
- **Sistema de razonamiento impreciso:**
  - Sistema basado en reglas que utiliza la lógica difusa.
  - Ejemplo: Sistema de control de temperatura de una casa.

# Funcionamiento de los sistemas de razonamiento impreciso (I)

- *Fuzzyficación:*
  - Conversión de los datos de entrada precisos a valores difusos.
  - Pasamos de valores precisos a valores difusos.
  - Utiliza las **funciones de pertenencia**.
    - Asigne a cada valor de entrada un grado de relevancia para cada **variable de idioma**
    - $27^{\circ}C \rightarrow Calor = 0.8, Mucha\ calor = 0.2$

# Funcionamiento de los sistemas de razonamiento impreciso (II)

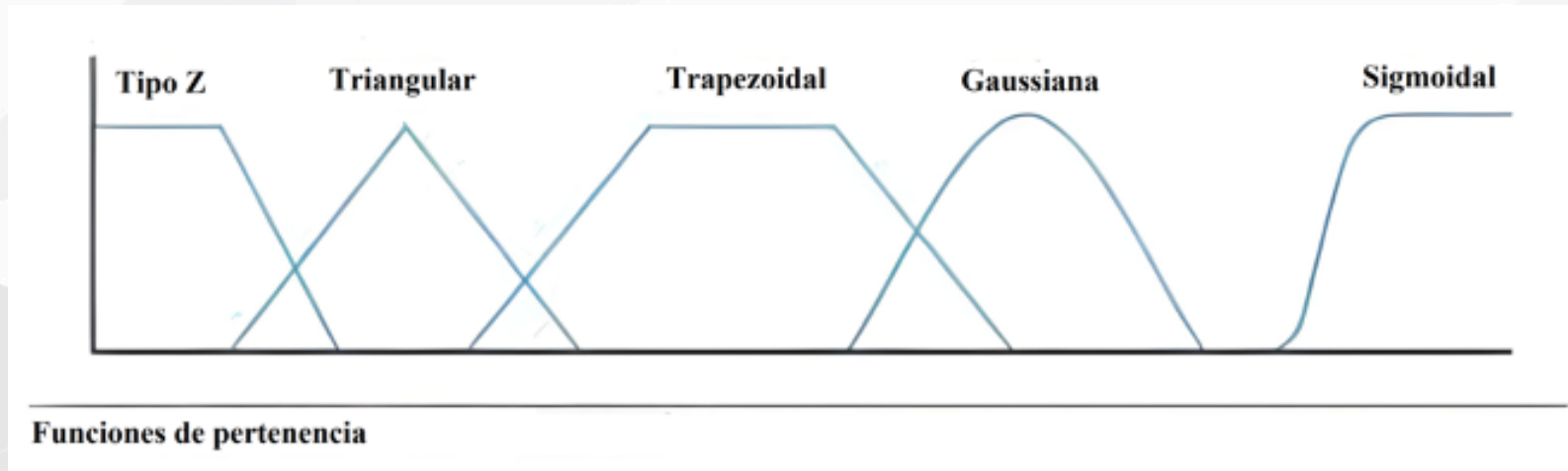
- *Evaluación de las reglas:*
  - En este paso se **aplican las reglas del sistema**.
  - Se establece la relación entre las **variables de entrada** y las **variables de salida**.
  - *"Si la temperatura es **alta** y la humedad es **baja**, entonces la velocidad del ventilador debe ser **alta**"*
  - Se combinan las **funciones de relevancia** de las **variables de entrada**
    - deducir la **relevancia** de la variable de **salida**.

# Funcionamiento de los sistemas de razonamiento impreciso (III)

- *Desfuzzyficación:*
  - Conversión de los datos de salida difusos a valores precisos.
  - Pasamos de valores difusos a valores precisos.
  - Utiliza las **funciones de agregación**.
    - Combina las conclusiones de las reglas para deducir la conclusión final.
    - Se suele utilizar la función de **centro de gravedad** o **máximo**.



# Funciones de relevancia (I)



- Las más utilizadas son las **funciones trapezoidales** y las **funciones triangulares**.
- Las sinusoidales son útiles para representar **periodos**.
- Las sigmoidales son útiles para representar **probabilidades**.

# Ejemplo: Propinas (I)

## Variables d'entrada

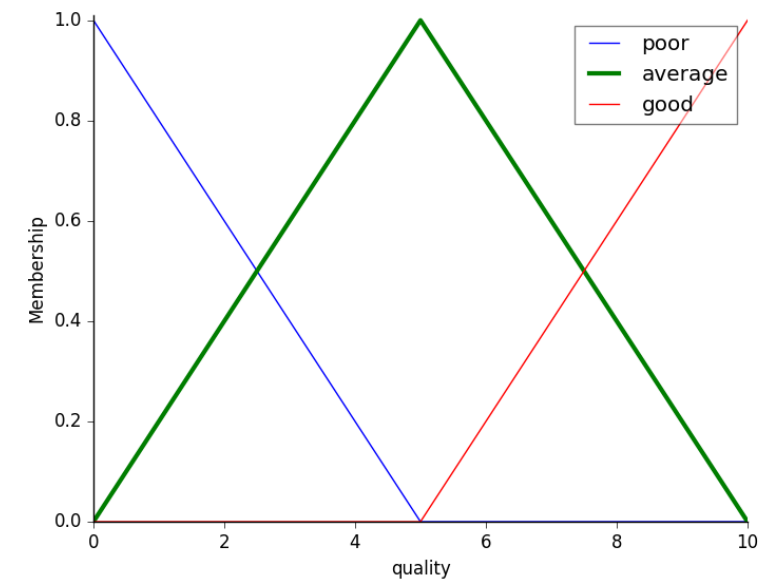
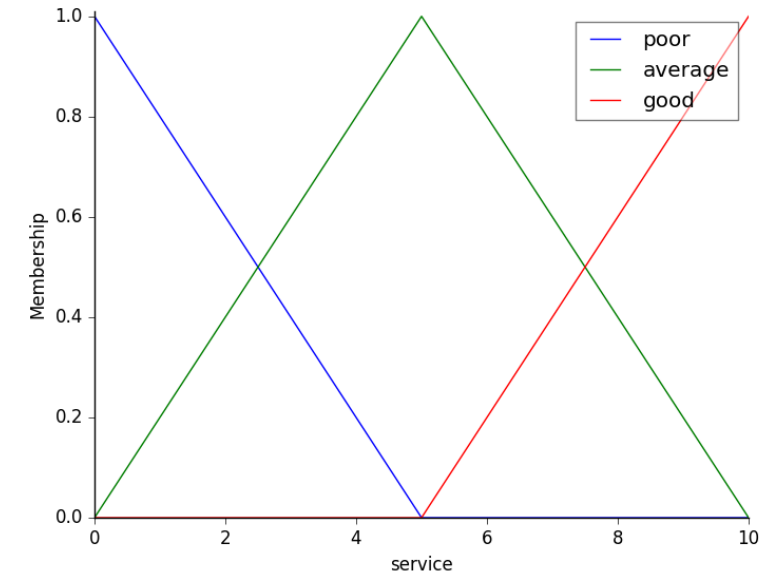
Utilizaremos funciones triangulares para representar las variables de entrada y salida

- **Servicio:**

- **Bajo:**  $[0, 5]$
- **Media:**  $[0, 10]$
- **Alta:**  $[5, 10]$

- **Calidad de la comida:**

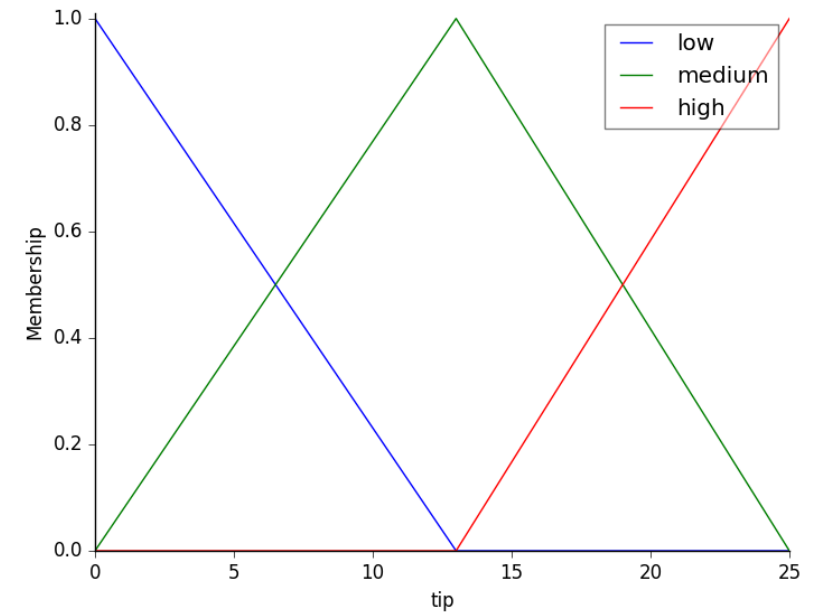
- **Mala:**  $[0, 5]$
- **Medio:**  $[0, 10]$
- **Buena:**  $[5, 10]$



# Ejemplo: Propinas (II)

## Variables de salida

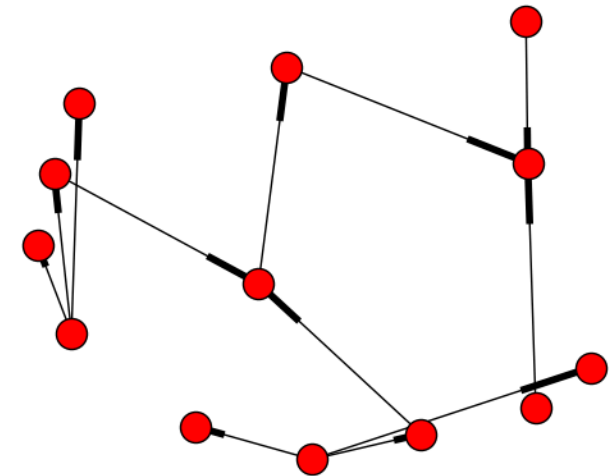
- **Propina:**
  - **Baja:**  $[0, 13]$
  - **Media:**  $[0, 25]$
  - **Alta:**  $[13, 25]$



# Ejemplo: Propinas (III)

## Reglas\*\*

- **IF** (Calidad del servicio es **baja** o Comida es **mala**) **THEN** (Propina es **baja**)
- **IF** (Calidad del servicio es **media**) **THEN** (Propina es **media**)
- **IF** (Calidad del servicio es **alta** o Comida es **buena**) **THEN** (Propina es **alta**)



# Ejemplo: Propinas (IV)

## Inferencia

- Calidad del servicio: **9.8**
- Calidad de la comida: **6.5**
- Propina: **19,24 €**

