



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Sistemas Inteligentes

Carlos Andrés Sánchez Ríos
Departamento de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica
Instituto Tecnológico Metropolitano

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*



Alcaldía de Medellín

Sistemas Inteligentes

AGENDA DE CLASE

Lógica difusa

- Introducción
- Lógica Fuzzy
- Características de la lógica difusa
 - Sets
 - Sets Fuzzy
- Operaciones de los sets Fuzzy
 - Variables lingüísticas
- Sistema basado en técnicas de Lógica Difusa
 - Ejemplo
 - Ventajas
 - Desventajas

INTRODUCCIÓN

Supongamos que una persona es considerada alta si su altura es 1.80m o más.

La lógica tradicional o clásica utiliza límites estrictos o exactos para determinar la pertenencia a conjuntos (o valores asignados) por lo tanto:

$$A = \{ x \mid x \geq 1.8 \}$$

Esto significa que una persona que es 1.799999mts no se considera alta, pero ... ¿Es esto cierto? ¿Qué pensaría de ello?

Lógica difusa

Es básicamente una lógica que permite que valores vagos, inexactos, intermedios o aproximados definan evaluaciones convencionales entre sí / no, verdadero / falso, negro / blanco, etc.

Nuestra percepción del mundo real está impregnada de conceptos que no tienen fronteras muy definidas -por ejemplo, muchos, altos, mucho más grandes que, jóvenes, etc. son verdaderos hasta cierto punto y son falsos hasta cierto punto también.

Estos conceptos (hechos) se pueden llamar conceptos difusos o grises (vagos) - un cerebro humano trabaja con ellos, mientras que las computadoras no pueden hacerlo.

Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)



Características de la lógica difusa

Soporta datos inexactos

Es conceptualmente fácil de entender

Es flexible

Es tolerante con datos inexactos

Se basa en el lenguaje humano

Se basa en la experiencia de expertos familiarizados con el tema en cuestión.

Puede modelar funciones no lineales de cierta complejidad.

Combina expresiones lingüísticas unificadas con datos numéricos.

Conjunto (set): Colección de elementos que existen dentro de un universo.

Universo: conjunto referencial que contiene todos los elementos de una situación particular.

Conjunto de Crisp: Cada uno de los elementos del universo pertenece (o no) a un conjunto por una regla de pertenencia, que asigna un valor de 1 si el elemento pertenece al conjunto y 0 si no pertenece.

Fuzzy set: Basado en el mismo principio de un conjunto nítido, con la diferencia de que un elemento puede pertenecer a un conjunto parcialmente.

Ejemplo: $U = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$

$CCA = \{0,2,4,6,8\}$

$CCB = \{1,3,5,7,9\}$

$CCC = \{1,4,7\}$

$CDA = \{20\%/1, 50\%/4, 100\%/7\}$

Sets Fuzzy

La incertidumbre surge de la ignorancia, de la casualidad y de la aleatoriedad, debido a la falta de conocimiento, a la vaguedad (poco clara), como a la borrosidad existente en nuestro lenguaje natural.

Lotfi Zadeh propuso la idea de membresía establecida para tomar las decisiones adecuadas cuando se produce la incertidumbre

Podemos decir que el grado de pertenencia a cualquier elemento particular de un conjunto difuso expresa el grado de compatibilidad del elemento con un concepto representado por un conjunto difuso.

Un conjunto difuso que se define como una función de pertenencia que coincide con los elementos de un dominio (o universo) con elementos en el rango $[0,1]$.

Operaciones de los sets Fuzzy

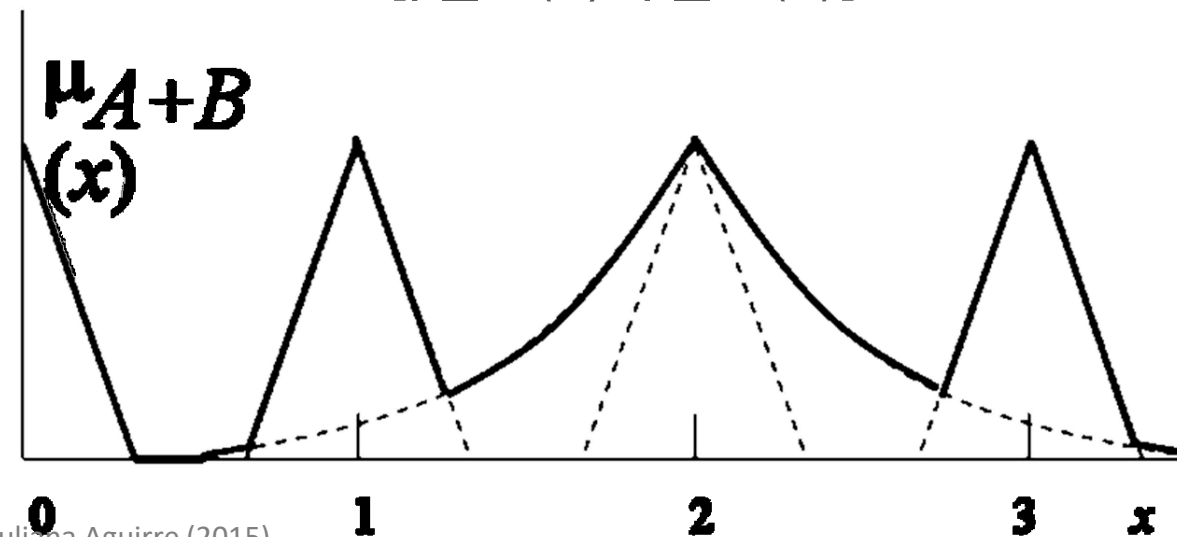
OR (Unión):

Suponiendo que A y B son conjuntos difusos, la unión de A y B es un conjunto difuso $C = A \cup B$, en el que:

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x) = \text{Max} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Ejemplo: x está cerca de A o cerca de B

$$A \cup B = A + B = \{x \mid (x \text{ es cercano a un entero}) \cup (x \text{ se aproxima a } 2)\} = \text{Max} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$



Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*

Operaciones de los sets Fuzzy

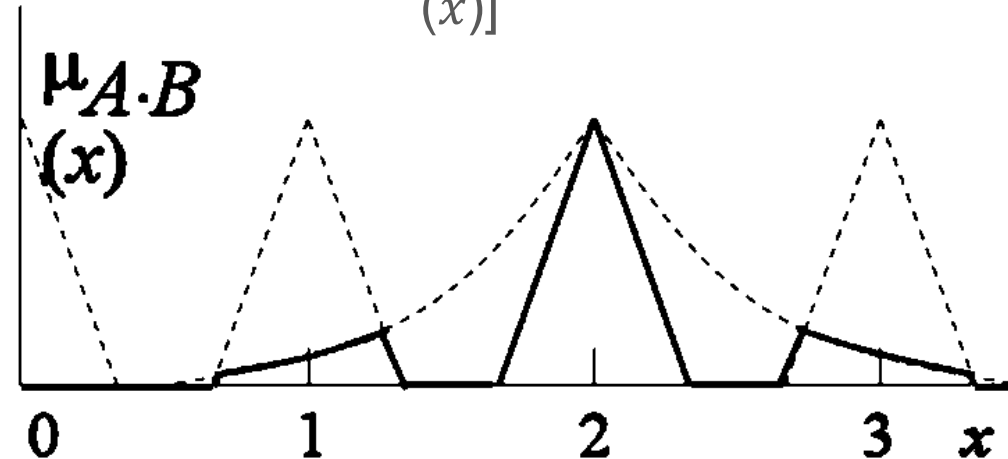
Y (Intersección):

Suponiendo que A y B son conjuntos difusos, la intersección de A y B es un conjunto difuso $C = A \cap B$, en el que:

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \text{Min} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

Ejemplo: x está cerca de A y cerca de B

A y B = $A \cdot B = \{x \mid \text{está cerca de un entero} \} \text{ O } \{x \mid \text{x se aproxima a 2}\} = \text{Min} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$



Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*

Operaciones de los sets Fuzzy

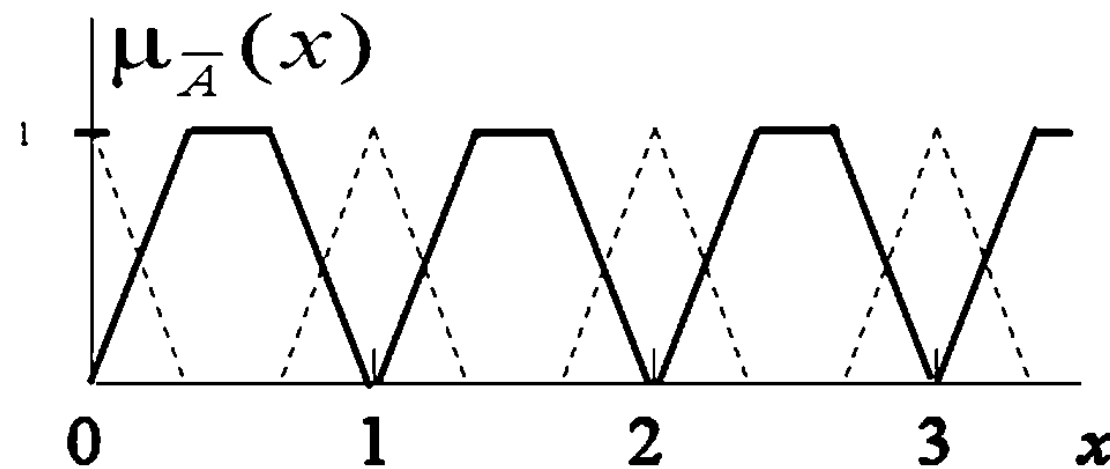
NO (Complemento):

El complemento de "A" es todo lo que no pertenece a "A"
o fuera de él:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Ejemplo: x no está cerca de "A": x está lejos de "A"

Complemento de A = {x | x no está cerca de un entero}



Operaciones de los sets Fuzzy

Commutativity

$$A \cup B = B \cup A,$$

$$A \cap B = B \cap A.$$

Associativity

$$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C,$$

$$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C.$$

Distributivity

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C),$$

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C).$$

Operaciones de los sets Fuzzy

Ley de Morgan:

- Derecho intermedio excluido:

$$A \cup \bar{A} \neq X,$$

$$A \cap \bar{A} \neq \phi.$$

Las leyes de Morgan establecidas para los conjuntos clásicos también son válidas para conjuntos difusos, como se indica en estas expresiones.

$$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B},$$

$$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}.$$

Variables Lingüísticas

Permiten la valoración de variables en términos lingüísticos, como por ejemplo, poco, mucho, suficiente, etc.

Pueden ser representadas por números difusos, que se definen por los siguientes elementos:

$$(x, T(x), U, M)$$

Donde:

x es el nombre de la variable.

$T(x)$ es el conjunto de términos o valores lingüísticos.

U es el universo del discurso.

M es una regla semántica que asocia a cada x un significado


Variables Lingüísticas

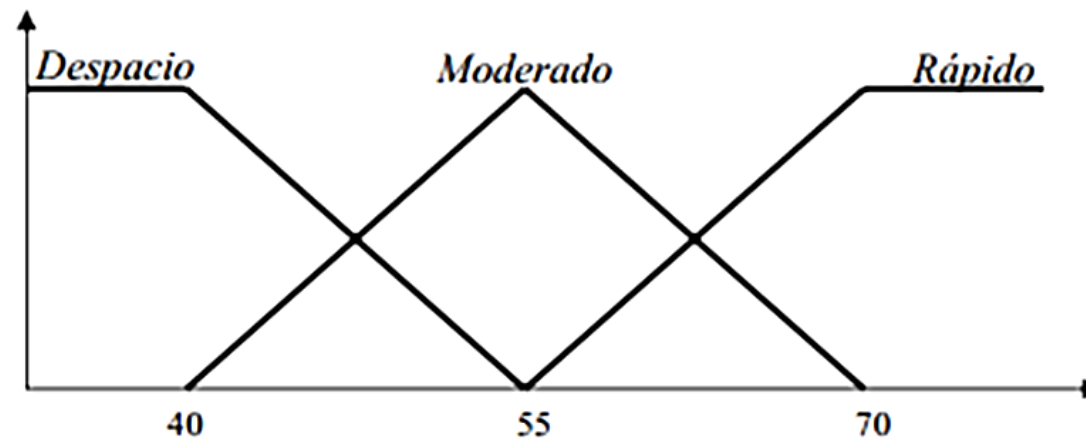
Ejemplo:

X = variables lingüísticas para la velocidad.

$T(x) = \{\text{Despacio, moderado, Rápido}\}$

$U = \{0-100\text{Km/h}\}$

$M =$		Despacio	Velocidad aproximadamente por debajo de 40 Km/h
		Moderado	Velocidad cercana a 55 Km/h
		Rápido	Velocidad por encima de 70 Km/h

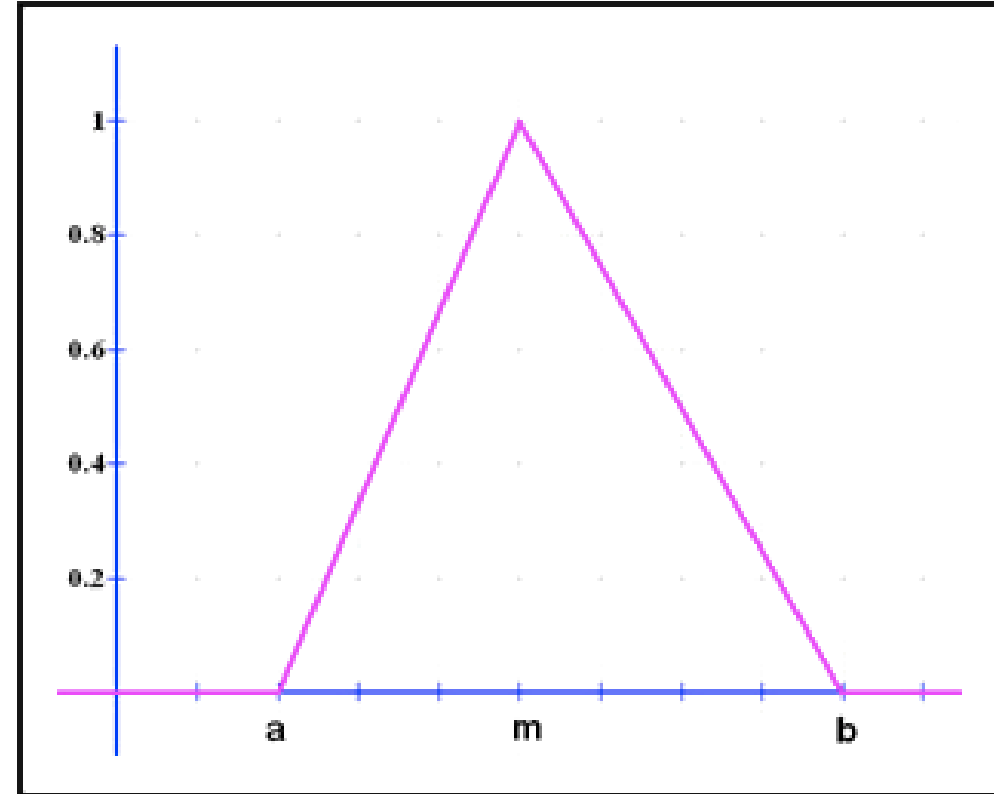


Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*

Funciones de pertenencia

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & \text{si } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & \text{si } m < x < b \\ 0, & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

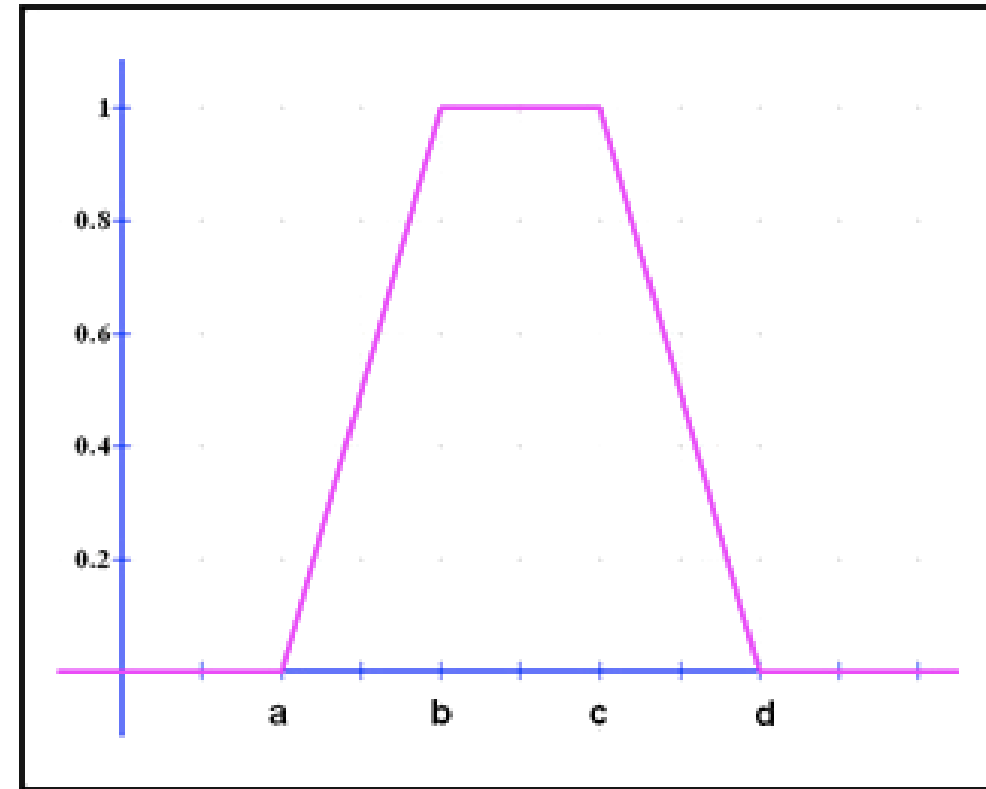


Triangular

Tomado de: http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert.htm

Funciones de pertenencia

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } (x < a) \text{ ó } (x > d) \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \end{cases}$$

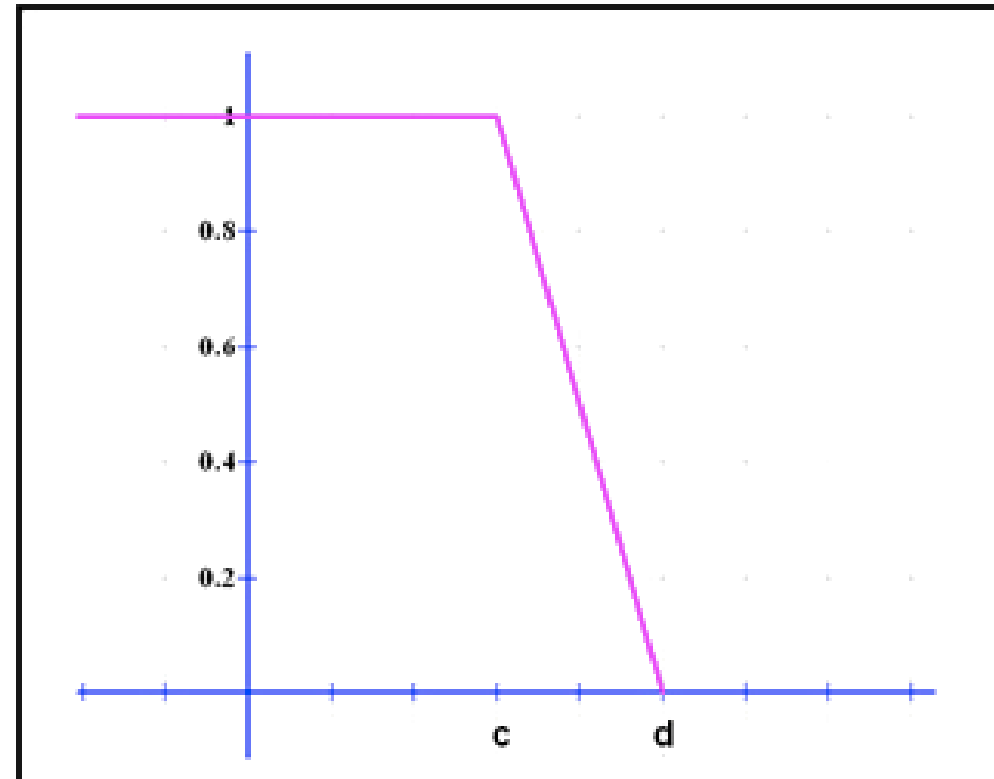


Trapezoidal

Tomado de: http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert.htm

Funciones de pertenencia

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x > d \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \\ 1, & \text{si } x < c \end{cases}$$

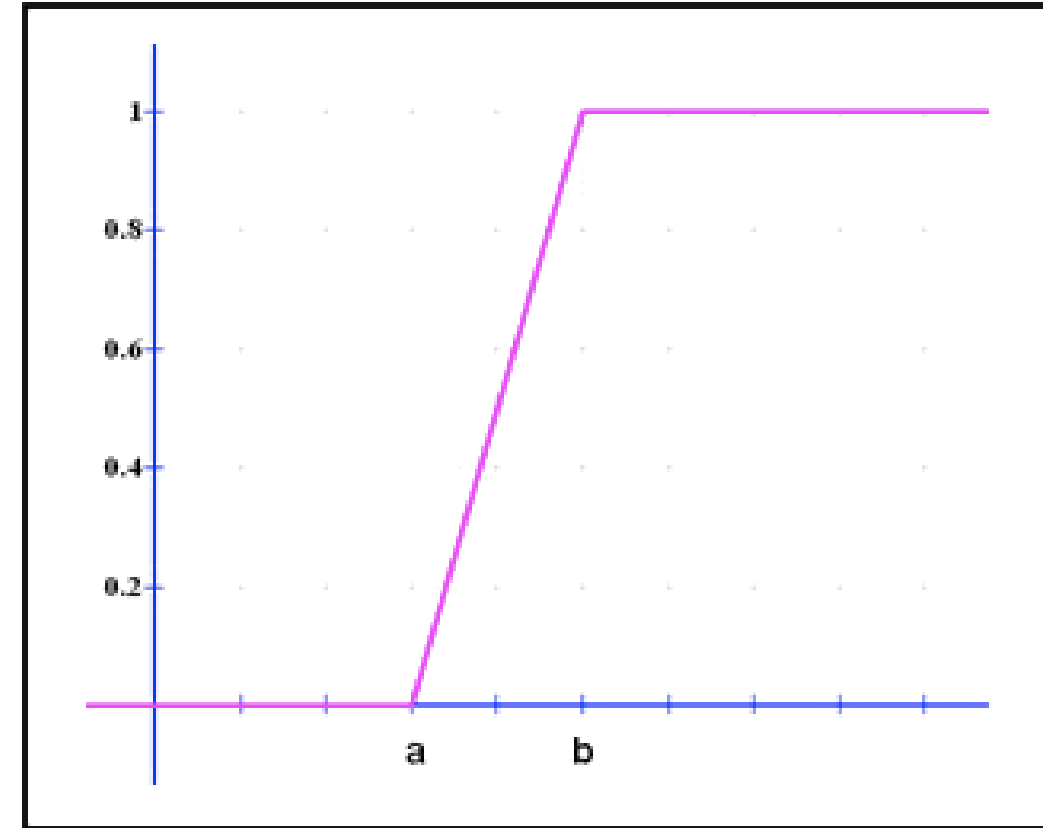


Trapezoidal - R

Tomado de: http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert.htm

Funciones de pertenencia

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } x > b \end{cases}$$

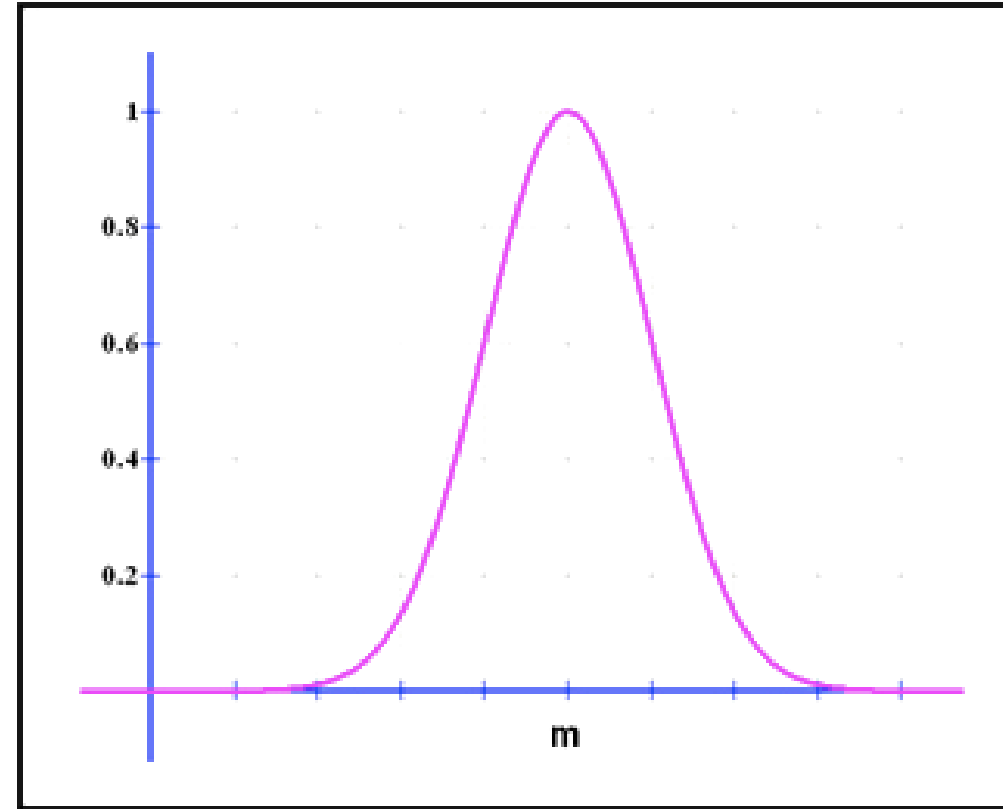


Trapezoidal - L

Tomado de: http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert.htm

Funciones de pertenencia

$$\mu_A(x) = e^{-\frac{(x-m)^2}{2k^2}}$$

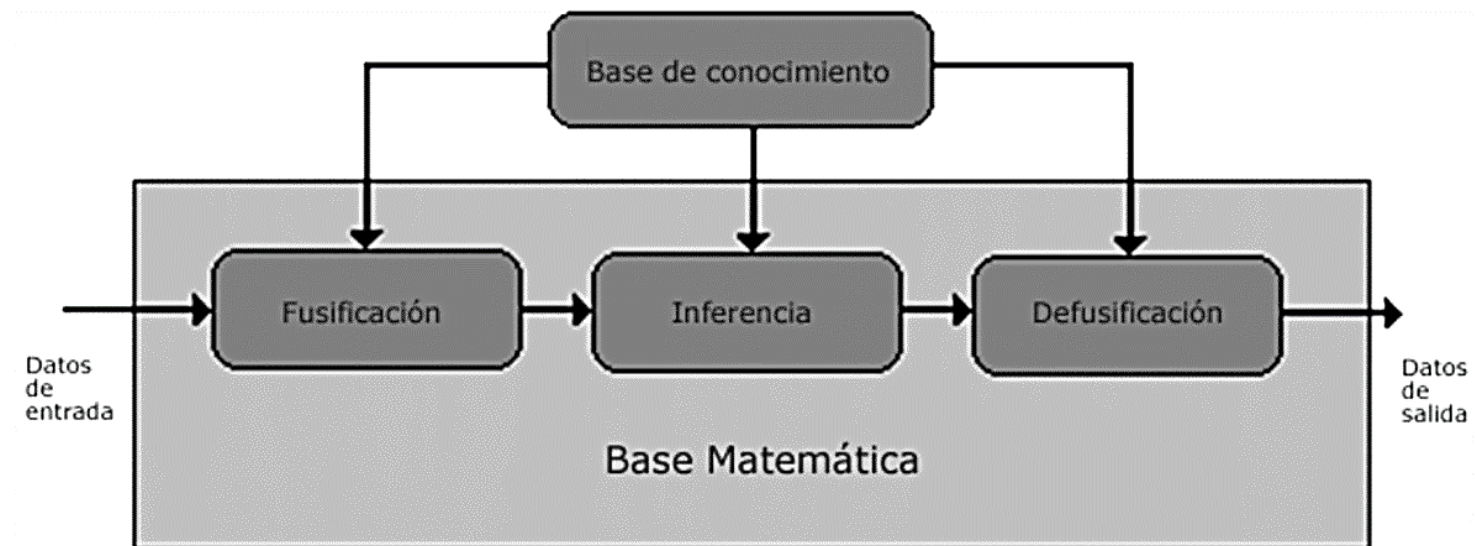


Gaussiana

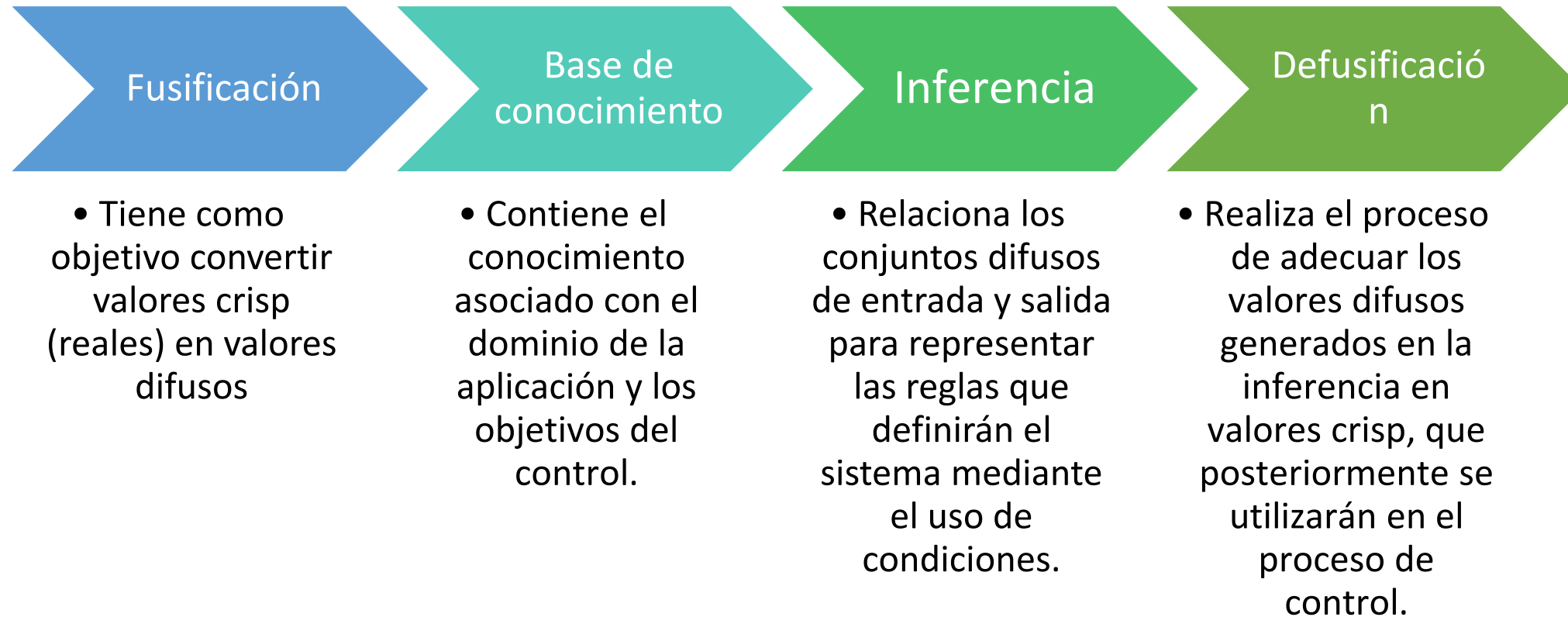
Tomado de: http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/funpert.htm

Sistema basado en técnicas de Lógica Difusa

Los sistemas de control difuso permiten describir un conjunto de reglas que utilizaría una persona para controlar un proceso y a partir de estas reglas generar acciones de control.



Sistema basado en técnicas de Lógica Difusa



Ejemplo

Ejemplo: Para un sistema de control de nivel de un tanque:

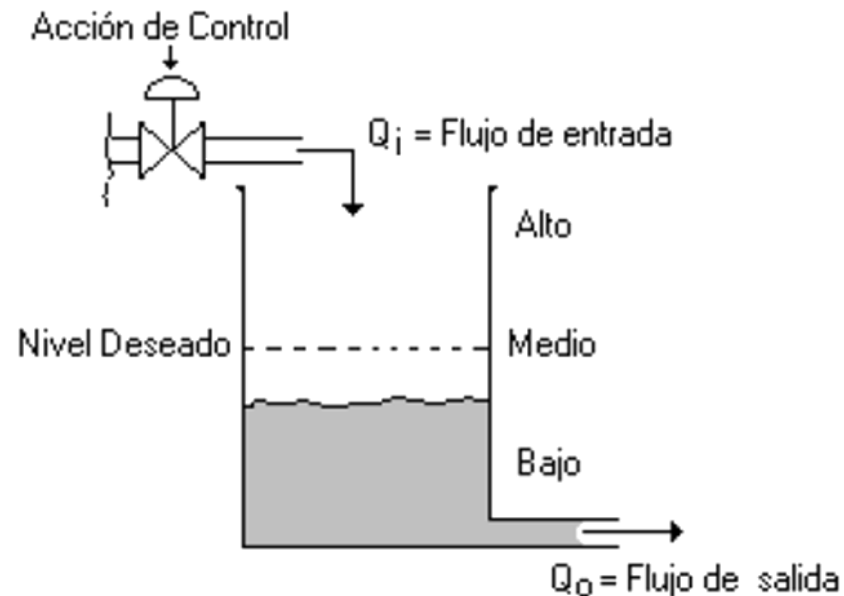
“**SI** el nivel es muy bajo **ENTONCES** abra bastante la válvula”

“**SI** el nivel es bajo **ENTONCES** abra poco la válvula”

“**Si** el nivel es medio **ENTONCES** no abra ni cierre la Válvula”

“**SI** el nivel es alto **ENTONCES** cierre un poco la válvula”

“**SI** el nivel es muy alto **ENTONCES** cierre bastante la válvula”



Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Ventajas de los controladores difusos

Son bastante intuitivos: la posibilidad de usar expresiones con imprecisión genera modelos intuitivos.

Tolerancia al ruido: como una salida depende de varias reglas no se ve afectada si se produce una perturbación (ruido).

Estabilidad: en caso de caída del sistema esta se produce lentamente, dando tiempo de tomar medidas

No necesita un modelo matemático preciso del sistema a controlar: permite controlar sistemas que son imposibles de controlar con sistemas de control clásicos.

Buenos resultados en procesos no lineales y de difícil modelización.

Permiten gran precisión: similar a los sistemas no difusos

Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Ventajas de los controladores difusos

Pueden ser evaluadas mayor cantidad de variables.

Este relaciona entradas y salidas, sin tener que entender todas las variables, permitiendo que el sistema pueda ser más confiable y estable que uno con un sistema de control convencional.

Es posible obtener prototipos, rápidamente, ya que no requiere conocer todas las variables acerca del sistema antes de empezar a trabajar.

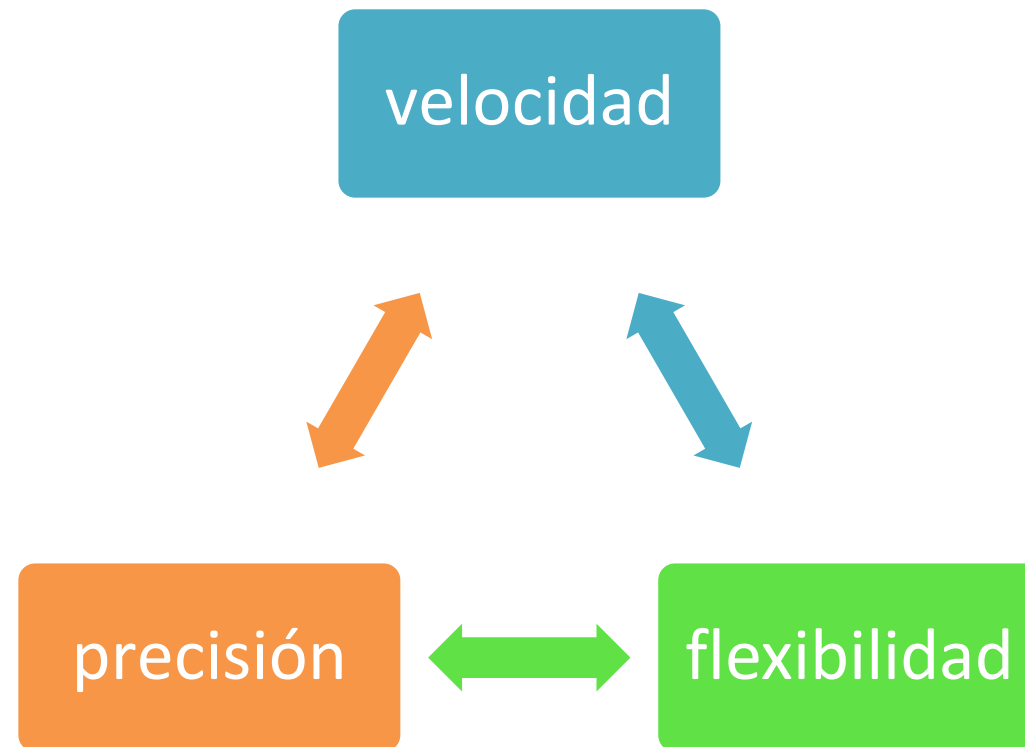
El desarrollo de estos es más económico que el de sistemas convencionales.

Simplifican la adquisición y representación del conocimiento.

Alta velocidad de respuesta

Desventajas de los controladores difusos

El diseño de controlador basado en lógica difusa supone establecer un compromiso entre diversos criterios de diseño:



Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*

Desventajas de los controladores difusos

Para conseguir los resultados deseados debe plantearse la velocidad de respuesta del sistema de control, la cual vendrá limitada por factores como el grado de precisión requerido o la flexibilidad del diseño.

Así si deseamos una alta precisión en el control necesitaremos una gran cantidad de conjuntos para cada variable y un alto número de reglas, lo cual exigirá una elevada cantidad de cálculos, causando aumento del tiempo de respuesta

Ante un problema que tiene solución mediante un modelo matemático, obtenemos peores resultados usando Lógica Difusa.

Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)

Desventajas de los controladores difusos

Es difícil desarrollar el modelo de un sistema fuzzy

Requieren mayor simulación

Necesitan ajustes después de ser puestos en operación

Relativamente alto costo del sistema de desarrollo

Poca flexibilidad en los programas de implantación de sistemas expertos, cuando se desea cambiar un valor particular en una regla

Tendencia en favor de la precisión matemática y en los modelos lineales

Tomado de: Sistemas Inteligentes, Juliana Aguirre (2015)



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

¡Gracias!

Somos Innovación Tecnológica con *Sentido Humano*



Alcaldía de Medellín