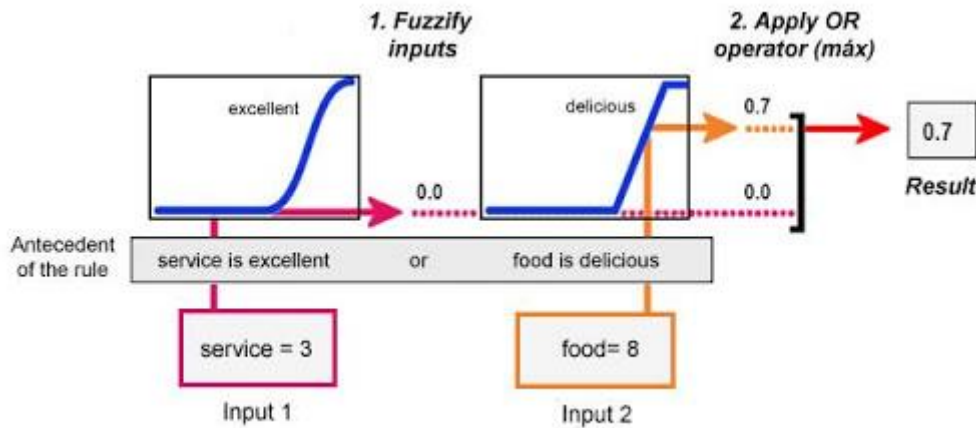


Inteligencia Computacional

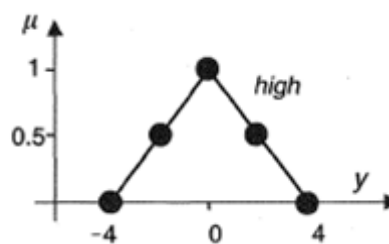
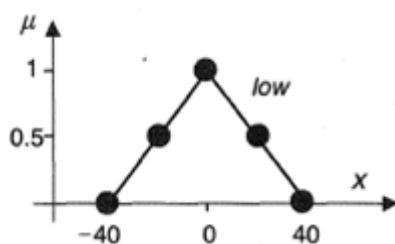
Unidad 3: Lógica Difusa – FIS Mamdani



El sistema de inferencia difusa de Mamdani permite relacionar etiquetas lingüísticas de variables que llamamos “de entrada” con etiquetas asociadas a las variables “de salida”. Esta relación se efectúa a través de un sistema de reglas que las relacionan. Así, el sistema se plantea en términos casi lingüísticos (con un esquema fijo), lo que lo transforma en interpretable. Las etapas que deben comprenderse sin dudar son las de fuzzificación, inferencia, agregación y defuzzificación.

1. Operaciones con conjuntos difusos

Definidos los siguientes conjuntos difusos **low** y **high** de la variable **y**:



- a) Calcule la matriz de relación discreta que exprese la implicación:

R: IF $x = \text{small}$, THEN $y = \text{high}$.

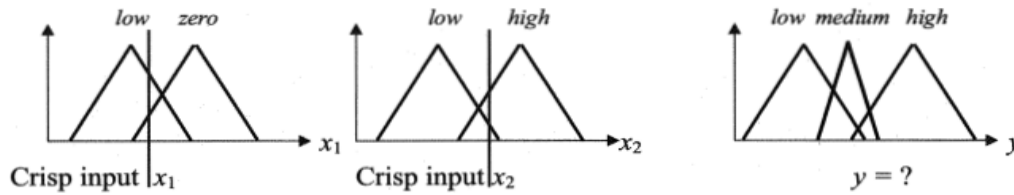
- b) Utilizando dicha matriz calcule el resultado de la inferencia cuando $x = +20$.

2. En un sistema de inferencia tipo Mamdani, identifique y relacione **variables de entrada y salida**, **fuzzificación**, **base de reglas**, **operadores**, **defuzzificación**. Dé un ejemplo.

Discuta (fundamente en pro y en contra) sobre criterios de evaluación de la calidad de un modelo de inferencia tipo Mamdani.

3. ¿Qué ventajas presentaría para el usuario un electrodoméstico con la etiqueta **FUZZY LOGIC**? ¿En qué tipos de algoritmos supone que está basado?

4. Describa las etapas de diseño de un FIS de Mamdani.
5. Dadas las características del sistema de inferencia Mamdani en la siguiente figura:



- R_1 : IF $x_1 = low$ AND $x_2 = low$, THEN $y = low$.
 R_2 : IF $x_1 = low$ AND $x_2 = high$, THEN $y = medium$.
 R_3 : IF $x_1 = zero$ AND $x_2 = low$, THEN $y = medium$.
 R_4 : IF $x_1 = zero$ OR $x_2 = high$, THEN $y = high$.

- a) Indique un posible dominio y soporte de x_1 , x_2 e y .
 - b) Proponga variables difusas y obtenga la salida correspondiente para $x_1 = 40, 50$ y 65 ; $x_2 = 100, 300$ y 400 .
 - c) ¿El sistema cumple su objetivo? Justifique.
 - d) Resuélvalo de manera manual y computacionalmente.
6. Un sistema de inferencia difuso con una sola entrada y una única salida se describe mediante las siguientes reglas:

SI X ES pequeño ENTONCES Y es pequeño

SI X ES mediano ENTONCES Y es mediano

SI X ES grande ENTONCES Y es grande

Las variables lingüísticas de la entrada se definen mediante funciones trapezoidales (para comprender la notación de estas funciones, consulte la documentación de MATLAB, aunque puede usar cualquier software):

$$\mu_{pequeño}(x) = \text{trapmf}(x, [-20, -15, -6, -3])$$

$$\mu_{mediano}(x) = \text{trapmf}(x, [-6, -3, 3, 6])$$

$$\mu_{grande}(x) = \text{trapmf}(x, [3, 6, 15, 20])$$

Las variables lingüísticas de la salida son:

$$\mu_{pequeño}(y) = \text{trapmf}(y, [-2.46, -1.46, 1.46, 2.46])$$

$$\mu_{mediano}(y) = \text{trapmf}(y, [1.46, 2.46, 5, 7])$$

$$\mu_{grande}(y) = \text{trapmf}(y, [5, 7, 13, 15])$$

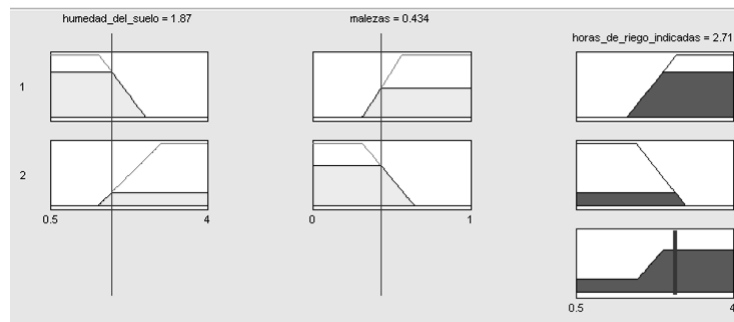
Observar que entrada y salida se definen sobre universos diferentes. Calcular por el método de centroide la salida defuzzificada a las entradas $x = 8, -5, 5, 8$. Utilice software para los gráficos, pero intente desarrollar en papel el ejercicio.

7. A partir de la siguiente gráfica de instanciación de dos variables del antecedente de una regla de inferencia fuzzy (se fijan valores para cada una de ellas):

Variable: **Humedad del suelo** → Conjuntos: Baja y Alta

Variable: **Existencia de malezas en el lote** → Conjuntos: Escasa y Abundante

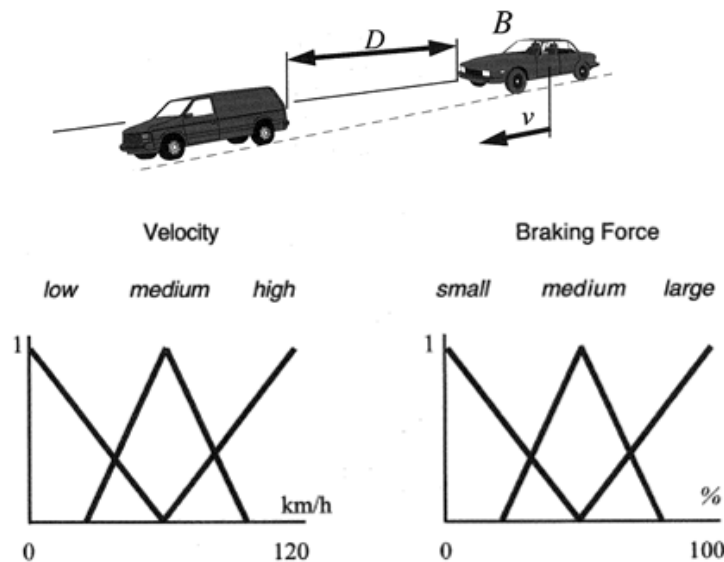
Variable de salida: **Horas de riego indicadas** → Conjuntos: Pocas y muchas.



- Deduzca las reglas de inferencia.
- Deduzca los operadores utilizados en el antecedente de las reglas, en la implicación y sugiera que tipo de operación pudo haber sido utilizado en la agregación.

6. Diseñe un FIS de Mamdani para resolver la siguiente situación.

- Estime la fuerza de frenado a aplicar en el automóvil B que viaja a una distancia D cuando la velocidad V a la que viaja es de 45 km/h. Utilice los siguientes datos.



Base de reglas:

*IF **Velocity** is low, THEN **Braking force** is small.*

*IF **Velocity** is medium, THEN **Braking force** is medium.*

*IF **Velocity** is high, THEN **Braking force** is large.*

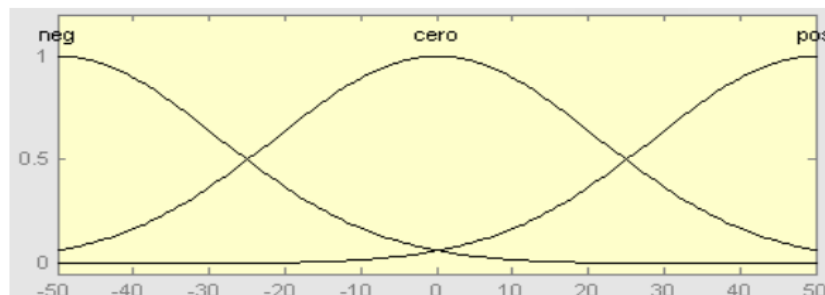
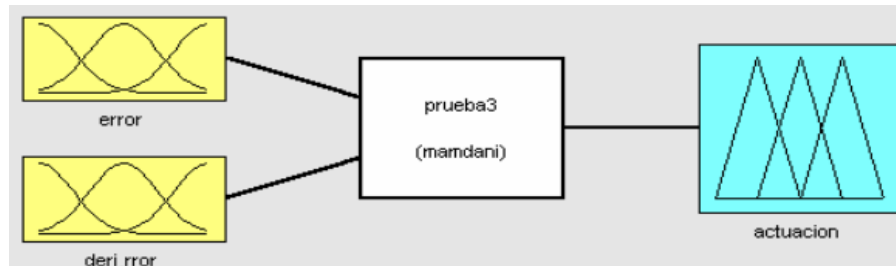
- Analice el sistema difuso para el control automático de frenado, graficando la activación de la base de reglas. Aclare qué operadores utiliza en cada etapa, también considere el paso de **defuzzyficación**.

Sistemas de Inferencia para control difuso

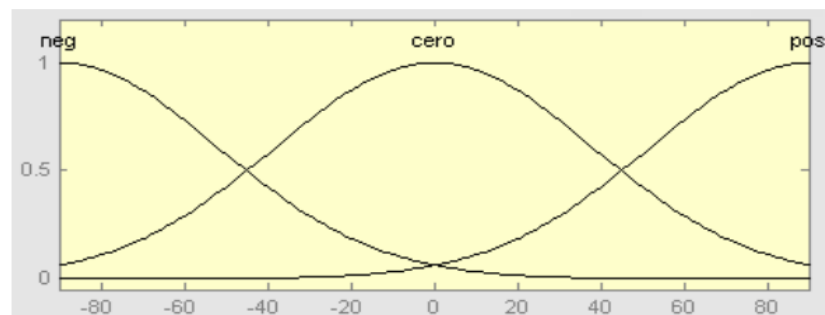
7. Dado el control de la apertura de la válvula de tanque de agua proporcionado por MATLAB (tank.fis y tank2.fis):

- Visualice y analice las entradas, salidas, reglas y la superficie de inferencia.
- Varíe los operadores y las funciones de pertenencia.
- ¿El sistema cumple con el objetivo? Justifique.
- ¿Se analiza todo el dominio de las variables?
- ¿Las reglas tienen en cuenta todos los casos posibles? ¿son coherentes entre sí?

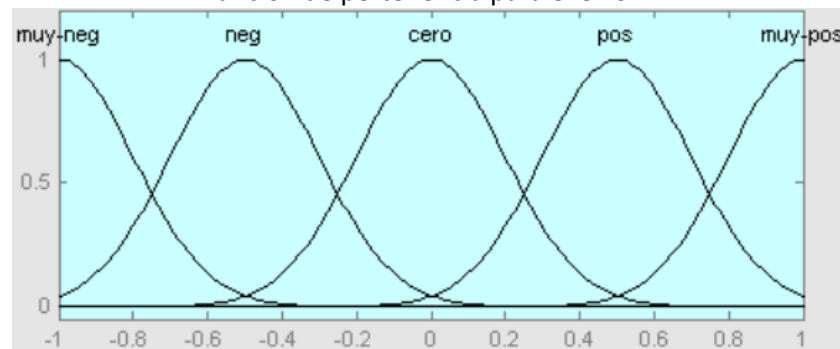
8. A la entrada del controlador de un actuador se dispone de la información de la señal de error realimentada y de su derivada:
- a) Diseñe el controlador difuso de tipo Mamdani para implementar las reglas que se dan a continuación.



Función de pertenencia para la derivada



Función de pertenencia para el error



Función de pertenencia para la salida

Si error es cero y la derivada es cero entonces la actuación es cero.
 Si error es cero y la derivada es positiva entonces la actuación es positiva.
 Si error es cero y la derivada es negativa entonces la actuación es negativa.
 Si error es positivo y la derivada es cero entonces la actuación es positiva.
 Si error es positivo y la derivada es positiva entonces la actuación es muy positiva.
 Si error es positivo y la derivada es negativa entonces la actuación es positiva.
 Si error es negativo y la derivada es cero entonces la actuación es negativa.
 Si error es negativo y la derivada es positiva entonces la actuación es muy negativa.
 Si error es negativo y la derivada es negativa entonces la actuación es muy negativa.

		Derivada del error <i>de/dt</i>		
		neg	Cero	pos
Error $e = \theta_d - \theta$	Neg	muy-neg	Neg	neg
	Cero	neg	cero	pos
	Pos	pos	pos	muy-pos

9. Diseñe un control de potencia para un equipo de aire acondicionado.
- Identifique variables de entrada y salida para un control de potencia de un aire acondicionado.
 - Proponga conjuntos difusos que permitan evaluar el grado de pertenencia a cada concepto asociado a las diferentes variables. Indique el soporte, núcleo y dominio de las entradas.
 - Proponga un sistema de reglas que permitan controlar la salida.
 - Defina un conjunto de operadores lógicos para relacionar las entradas.
 - Diseñe el sistema difuso completo de tipo Mamdani.
 - Calcule la salida de dicho sistema para al menos 5 casos típicos de uso, para evaluar su comportamiento.