


° REGLAS DIFUSAS Y RAZONAMIENTO DIFUSO



- 
- Las técnicas convencionales para análisis de sistemas son incompatibles con los sistemas humanísticos, donde el comportamiento está fuertemente influenciado por el juicio humano, la percepción y las emociones.
 - Debido a lo anterior, Zadeh propuso el concepto de ***variables lingüísticas*** como una aproximación alternativa para modelar el pensamiento humano.



Principio de Incompatibilidad

“Según se incrementa la complejidad de un sistema, nuestra habilidad para hacer declaraciones precisas y significativas acerca de su comportamiento disminuye hasta que es alcanzado cierto umbral, después del cual, la precisión y significancia llegan a ser características mutuamente excluyentes”.

Variables Lingüísticas

- Una variable lingüística está caracterizada por:

$$(x, T(x), X, G, M),$$

donde x es el nombre de la variable, $T(x)$ son los valores lingüísticos o términos lingüísticos, X es el universo de discurso, G es la regla de sintaxis y M es la regla semántica.

- La regla de sintaxis se refiere al valor lingüístico en términos de $T(x)$ y la regla semántica define la función de membresía de cada valor lingüístico.

Ejemplo

- Si Edad se interpreta como variable lingüística, entonces:
 $T(\text{Edad}) = \{\text{joven, no joven, muy joven, no muy joven, ..., adulto, no adulto, ... , viejo, no viejo, muy viejo, mas o menos viejo, ...}\}$
- donde cada término en $T(\text{Edad})$ está caracterizado por un conjunto difuso de un universo de discurso $X = [0, 100]$.

Reglas Difusas “si - entonces”

- Conocidas también como reglas difusas o implicaciones difusas.

Si x es A entonces y es B

$A \rightarrow B$ (se lee: si A entonces B)

donde A y B son valores lingüísticos definidos por conjuntos difusos en universos de discurso X y Y, respectivamente.

“x es A” se conoce como ***antecedente o premisa***.

“y es B” se conoce como ***consecuencia o conclusión***.



Ejemplos:

Si la presión es alta, entonces el volumen es bajo.

Si la velocidad es alta, entonces frenar un poco.

- En esencia, estas expresiones describen una relación entre dos variables x y y . Esto sugiere que una regla “si – entonces” pueda definirse como una relación difusa binaria R en el espacio de producto $X \times Y$.

Razonamiento Difuso

- También conocido como **razonamiento aproximado**. Es un procedimiento de *inferencia* que deriva conclusiones de un conjunto de reglas difusas.
- La regla básica de inferencia en la lógica **bi-valuada** es el “*modus ponens*”, debido al cual podemos inferir la verdad de una preposición B a partir de la verdad A y la implicación $A \rightarrow B$.

Ejemplo

A = El jitomate está rojo

B = El jitomate está maduro

Por lo tanto, si A es verdad, B es verdad.

Premisa 1 (hecho): x es A

Premisa 2 (regla): si x es A entonces y es B

Consecuencia (conclusión): y es B

Sin embargo, en la mayor parte del pensamiento humano, el modus ponens es utilizado de manera **aproximada**.

Ejemplo

Si el jitomate está rojo, entonces está maduro, pero si se sabe que el jitomate está más o menos rojo, se puede inferir que el jitomate está más o menos maduro.

Premisa 1 (hecho): x es A'

Premisa 2 (regla): si x es A entonces y es B

Consecuencia (conclusión): y es B'

donde A' es cercano a A y B' es cercano a B .



Este razonamiento se conoce como **razonamiento aproximado** o **razonamiento difuso**, también es conocido como ***modus ponens generalizado***.



SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSA

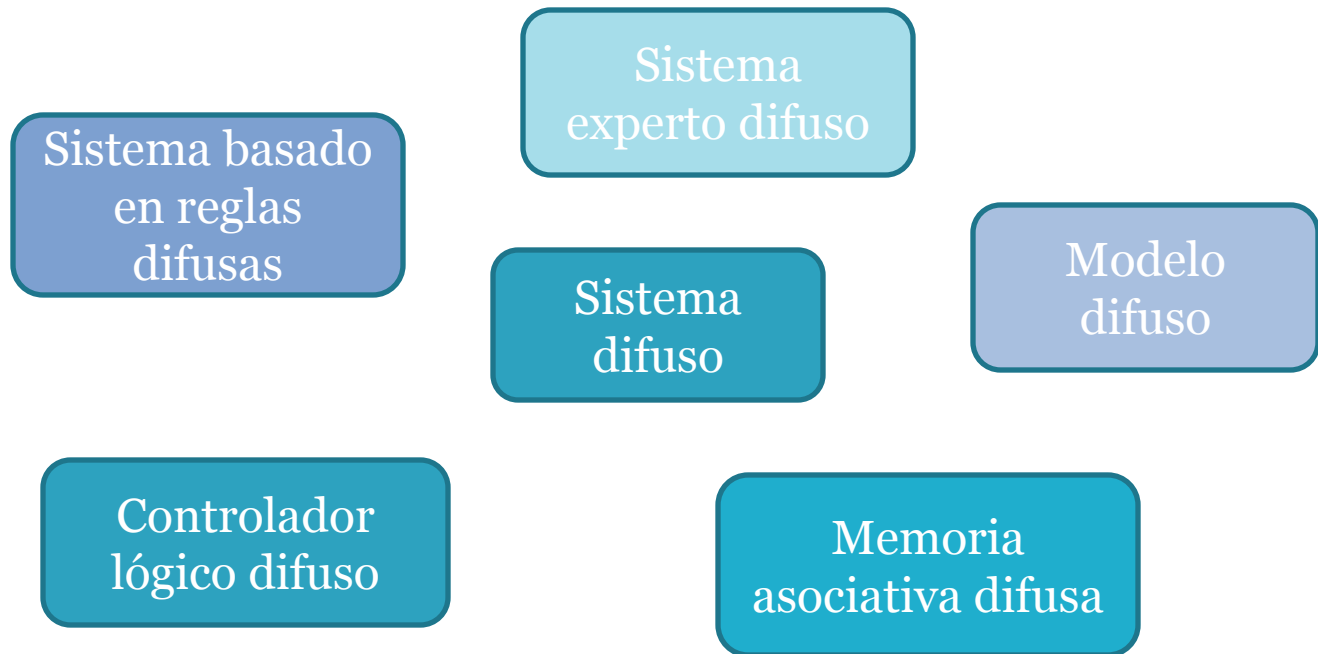



Un sistema de inferencia difusa es un sistema de cálculo basado en lo siguiente:

- Conceptos de la teoría de conjuntos difusos
- Reglas difusas “si – entonces”
- Razonamiento difuso

Tiene aplicación en control automático, clasificación de datos, análisis de decisión, sistemas expertos, predicción en series de tiempo, robótica y reconocimiento de patrones.

- Un **sistema de inferencia difusa** también se conoce como:





La estructura básica de un sistema de inferencia difusa está compuesta de tres componentes conceptuales:

Una base de reglas, que contiene una selección de reglas difusas

1

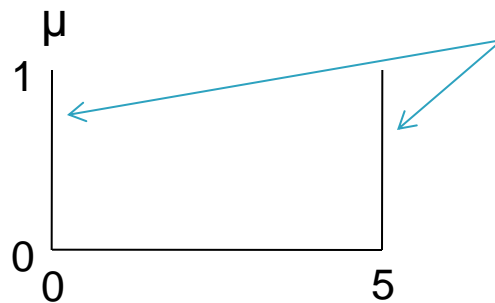
Una base de datos (diccionario), que define las funciones de membresía utilizadas en las reglas difusas

2

3

Un mecanismo de razonamiento, que realiza el procedimiento de inferencia

- Un sistema de inferencia difusa básico puede tener entradas difusas o certeras (vistas como impulsos difusos), pero la salida que se produce generalmente son conjuntos difusos.



Singletons o
impulsos
difusos



Términos empleados:

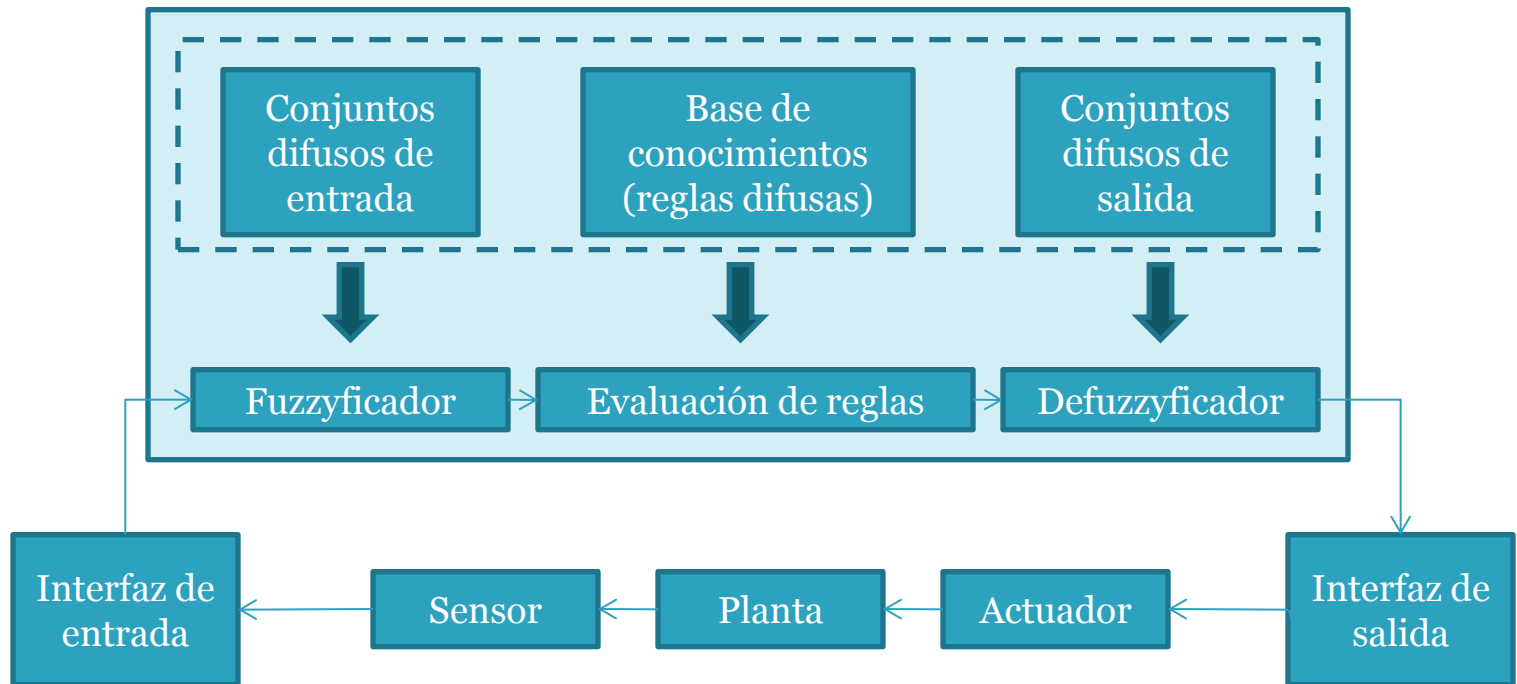
- Fuzzificación

Término utilizado para convertir un valor del plano certero al plano difuso. De forma explícita, es conocer el grado de pertenencia de un valor certero x en cada uno de los conjuntos difusos que caracterizan el universo difuso X .

- Defuzzyficación

A veces, es necesario tener una salida certera, especialmente cuando se utiliza al sistema difuso como controlador. Por lo tanto, es necesario utilizar un método de **defuzzyficación**, es decir, un método para extraer un valor certero que mejor represente a un conjunto difuso.

Arquitectura de un Sistema de Control Difuso

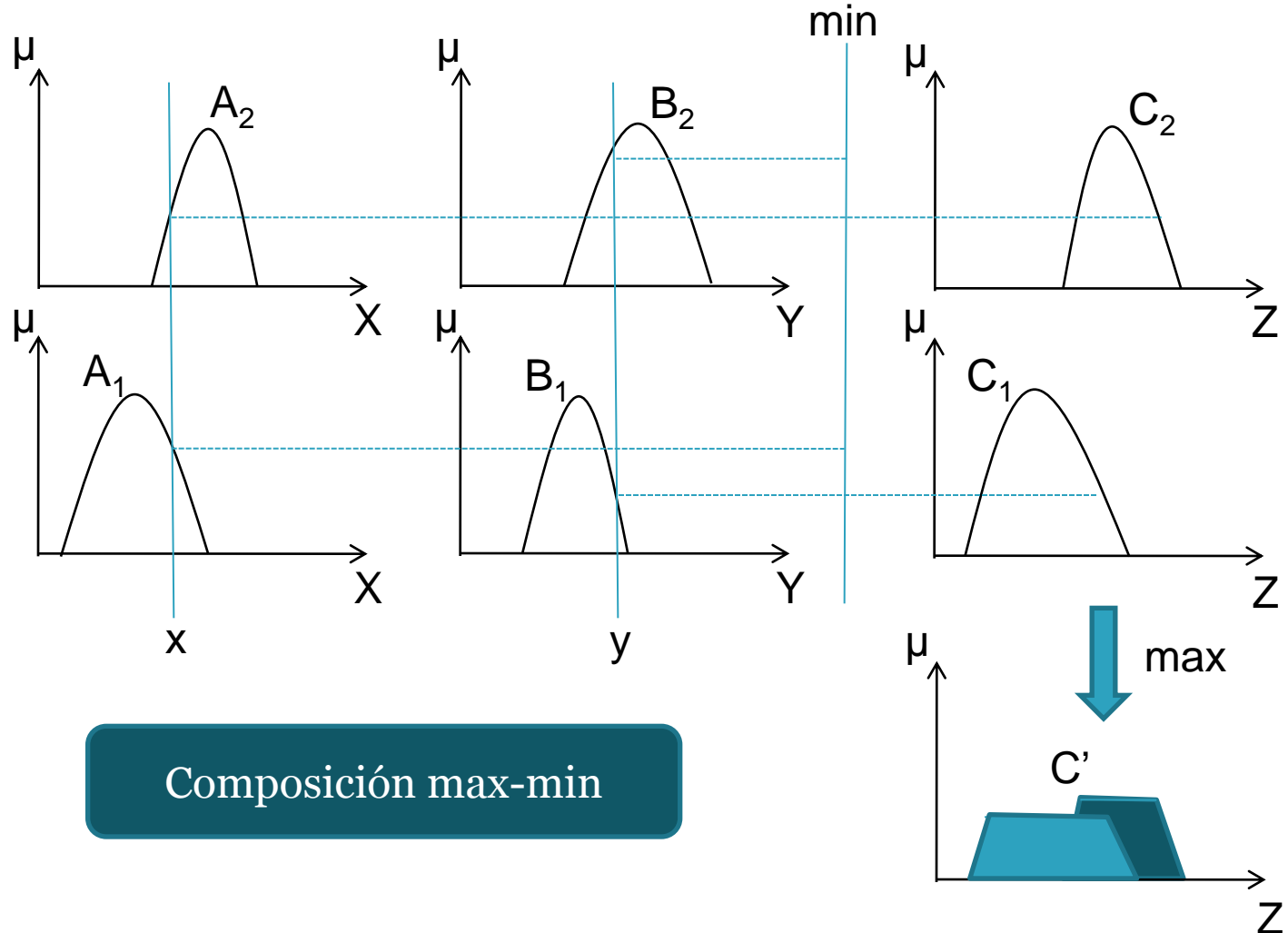




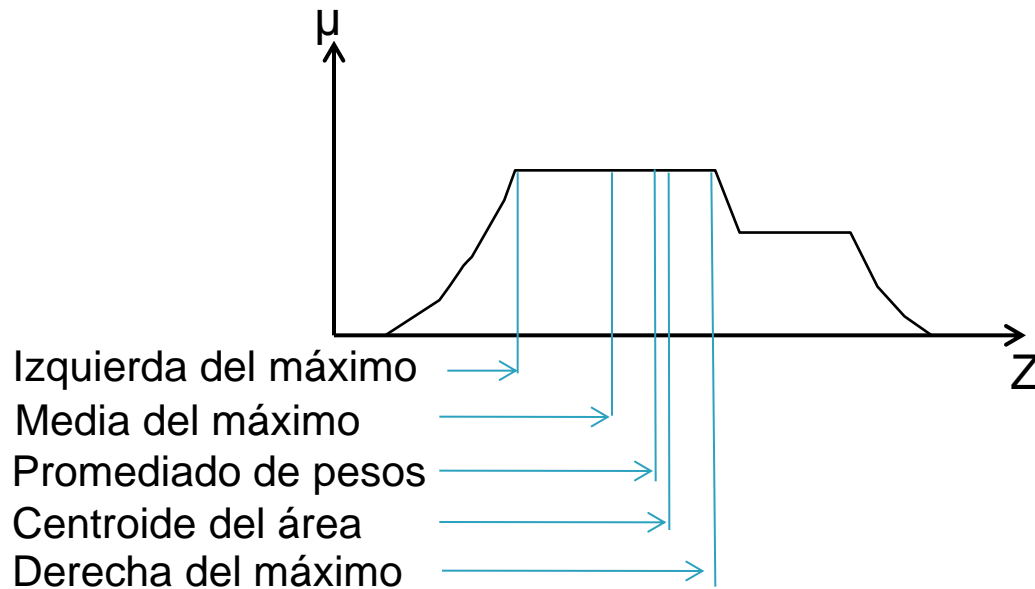
Importante

- Un sistema de inferencia difusa con entradas y salidas certeras implementa una transformación no lineal desde el espacio de entrada al espacio de salida.
- En particular, el antecedente de una regla define una región difusa en el espacio de entrada, mientras que el consecuente especifica la salida de una región difusa.
- Existen diferentes sistemas de inferencia difusa. Estas diferencias recaen en los consecuentes de sus reglas difusas, por lo que también difiere el procedimiento de defuzzyficación.

Sistema de Inferencia Difusa de Tipo Mamdani



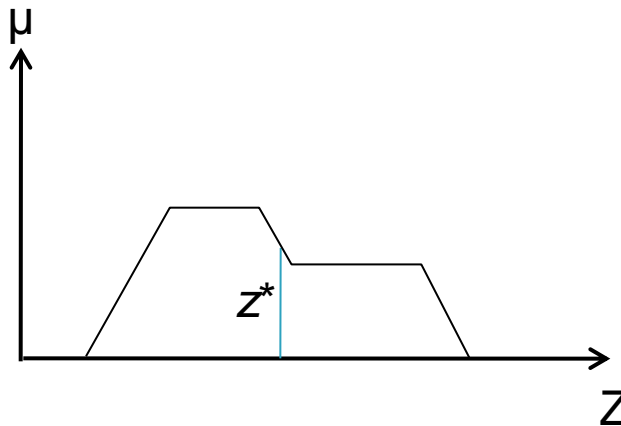
Métodos de Defuzzyficación



Ecuaciones de defuzzyficación

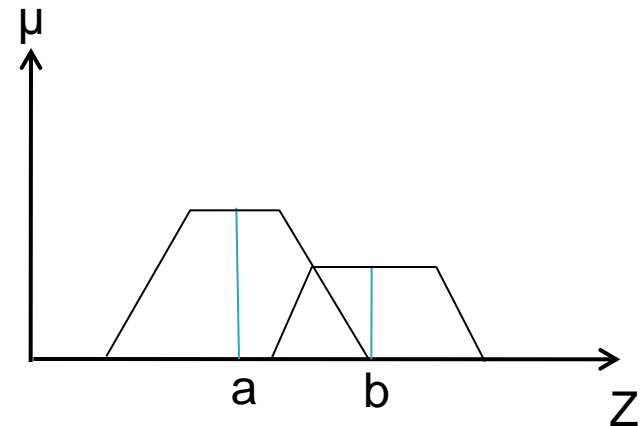
- Método del centroide

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z) \cdot z dz}{\int \mu_C(z) dz}$$

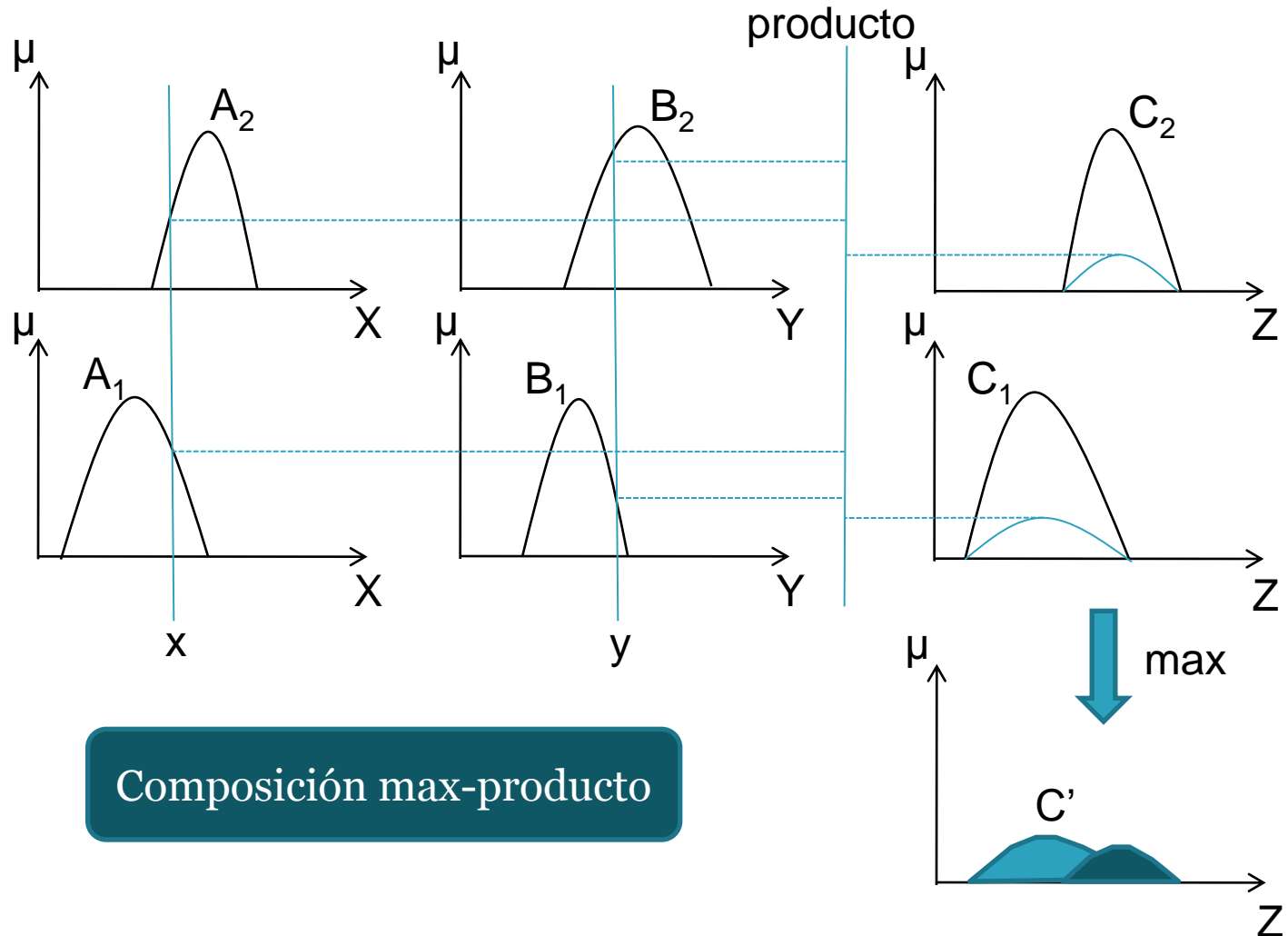


- Método de Promediado de Pesos

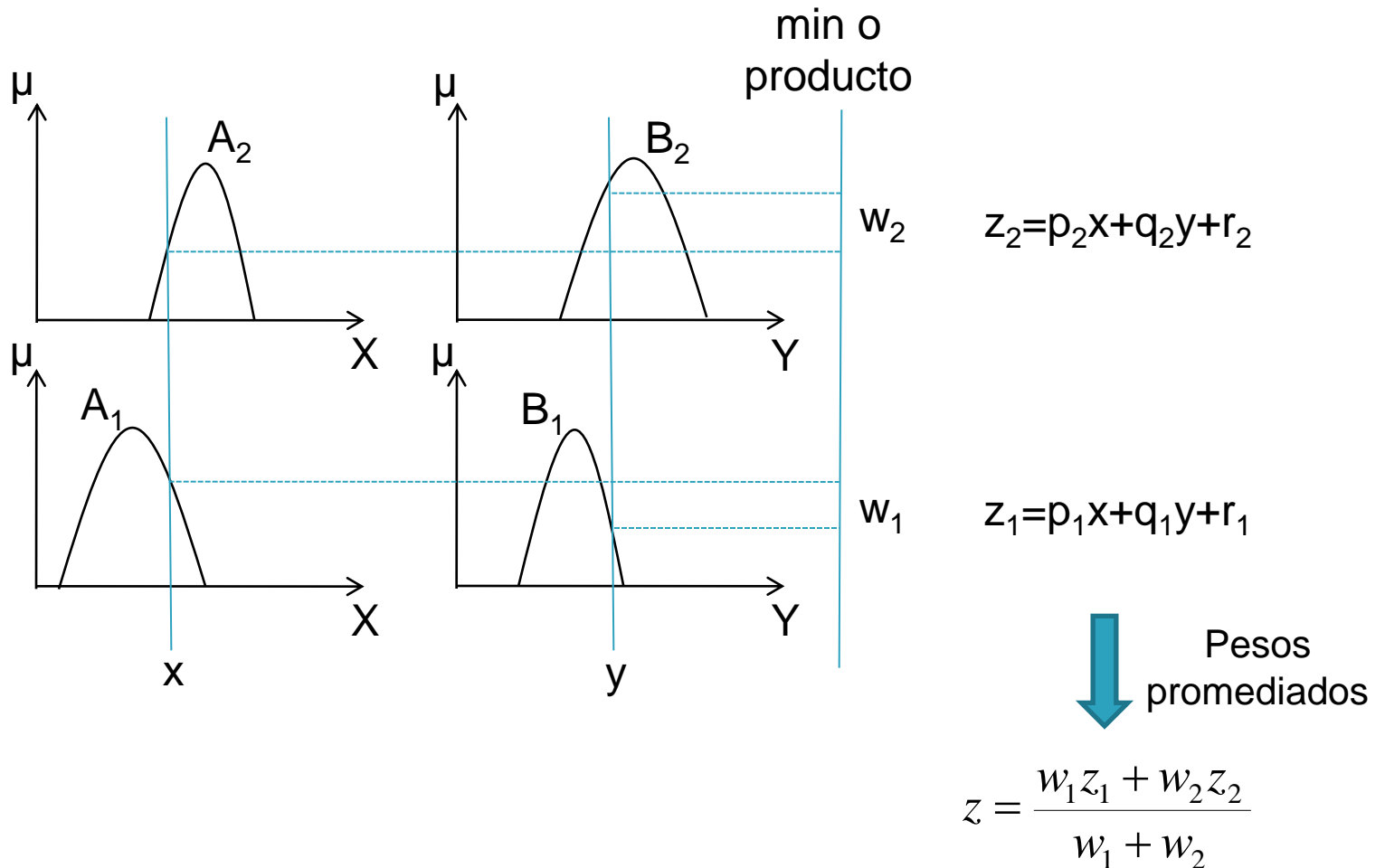
$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})}$$



Sistema de Inferencia Difusa de Tipo Mamdani



Sistema de Inferencia Difusa de Tipo Takagi-Sugeno-Kang



Sistema de Inferencia Difusa de Tipo Tsukamoto

