

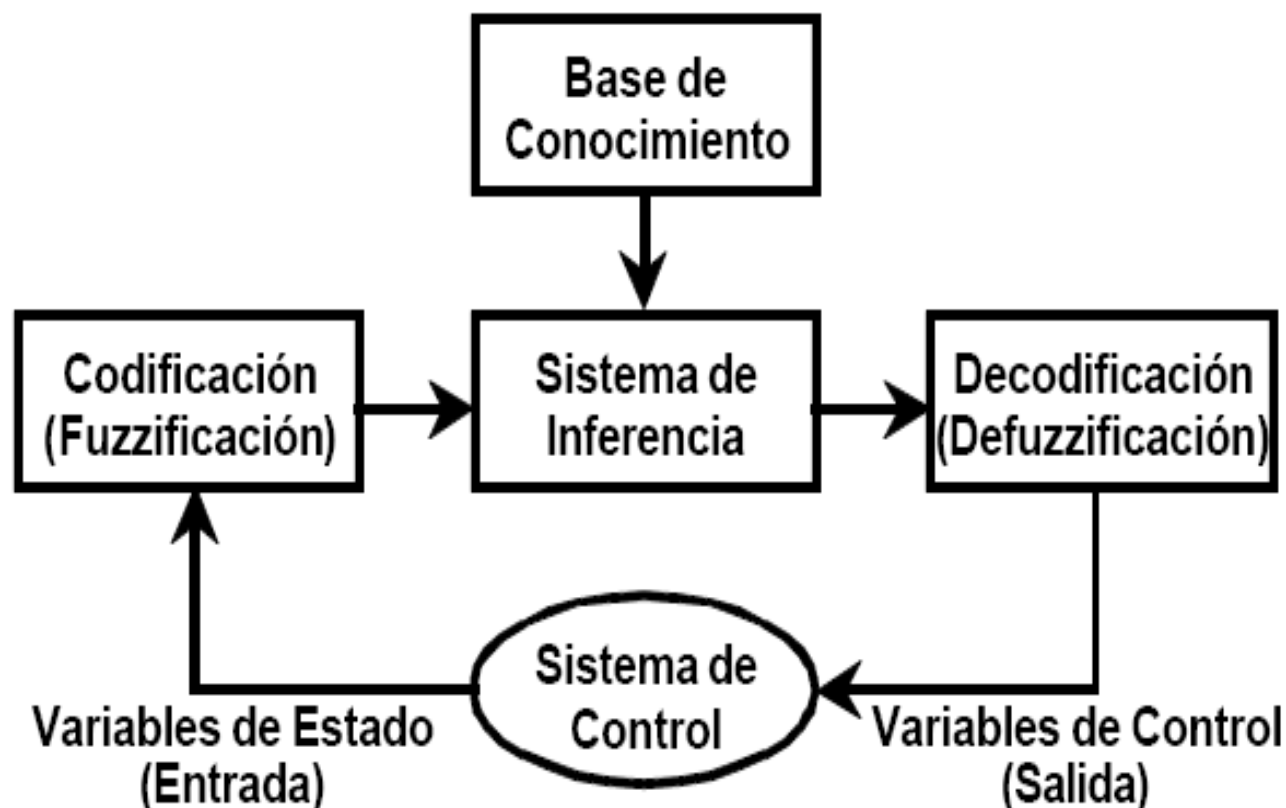
CONTROL DIFUSO

Es la aplicación más notable de la inferencia difusa y de hecho de todo la Teoria de Subconjuntos difusos.

Se trata de construir controladores de sistemas empleando “reglas de control” expresadas en terminos lingüísticos tal como las formularia un experto.

Se trata de la “versión lingüística de los sistemas de control” con la particularidad de que en cualquier controlador la entrada deben ser siempre una señal no difusa.

- **Estructura genérica de un Controlador Difuso** (presentada por Lee, 1990): Tiene 4 componentes principales (Driankov, Hellendoorn, Reinfrank, 1993; Pedrycz, 1993; Yager, Filev, 1994):
 - Base de Conocimiento.
 - Sistema de Inferencia.
 - Sistema de Codificación.
 - Sistema de Decodificación.

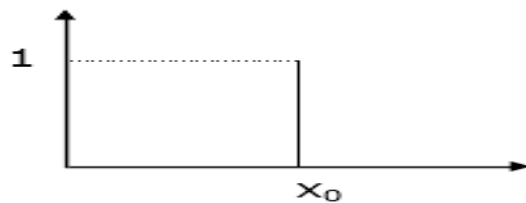


- **Base de Conocimiento:**
 - Contiene el conocimiento asociado al dominio de la aplicación y los objetivos del control.
 - Está formada por una base de datos y un conjunto de **REGLAS DIFUSAS de CONTROL** de la forma:
SI (X_1 es A_1) y (X_2 es A_2) y ... (X_n es A_n) **ENTONCES** (Y es B)
donde:
 - Los X_i son las **Variables de Estado** del sistema a controlar.
 - Y es una **Variable de Control** del sistema a controlar.
 - Los A_i y B son etiquetas lingüísticas con una función de pertenencia asociada que dan valor a sus variables.
 - **Dos objetivos principales:**
 - Proporciona las definiciones necesarias para determinar las reglas lingüísticas de control y manipulación de los datos difusos del controlador.
 - Almacena los objetivos y la política de control (como un experto en el dominio).

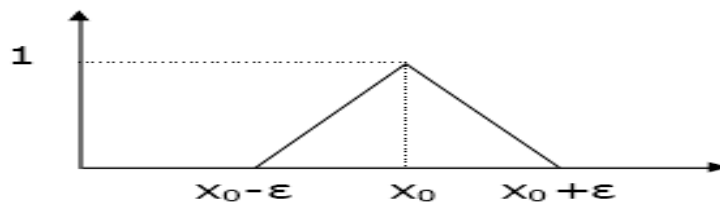
- **Sistema de Codificación, Difuminación o *Fuzzificación*:**
 - Obtiene los valores de las variables de entrada al controlador difuso.
 - Convierte los datos reales (*crisp*) de entrada en conjuntos difusos, lo cual permite ser tratados como tales.

Algunas posibilidades:

- El valor nítido se convierte en un conjunto difuso tipo singleton.
 - Es la opción más sencilla y la más utilizada.
 - Adecuado cuando la medición de las variables de estado es fiable.



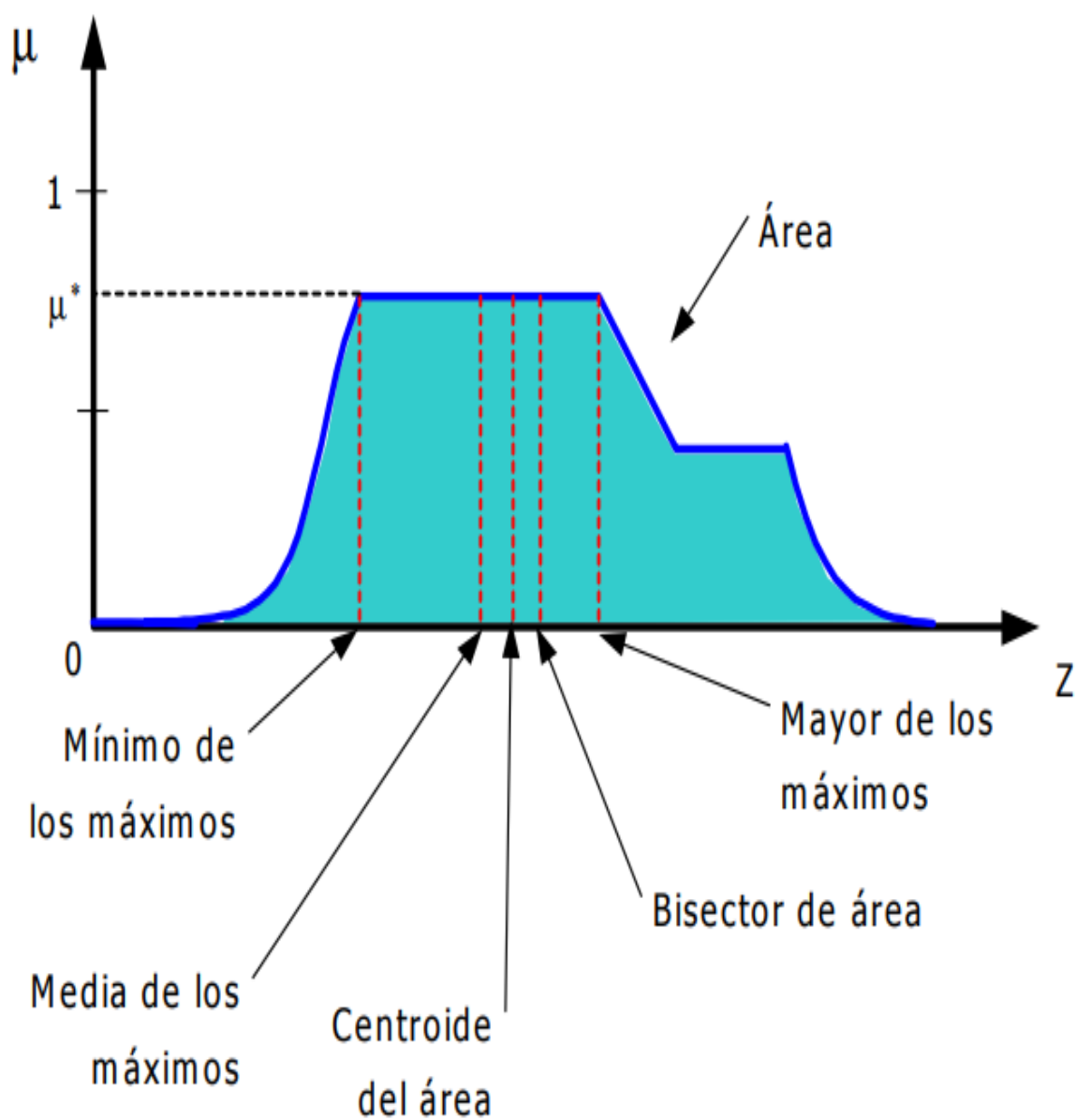
- Se genera un conjunto difuso con centro el valor nítido y un soporte acorde con la incertidumbre de la medición.

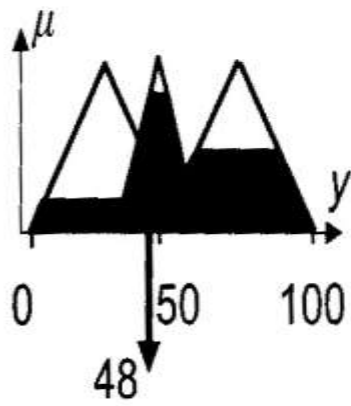
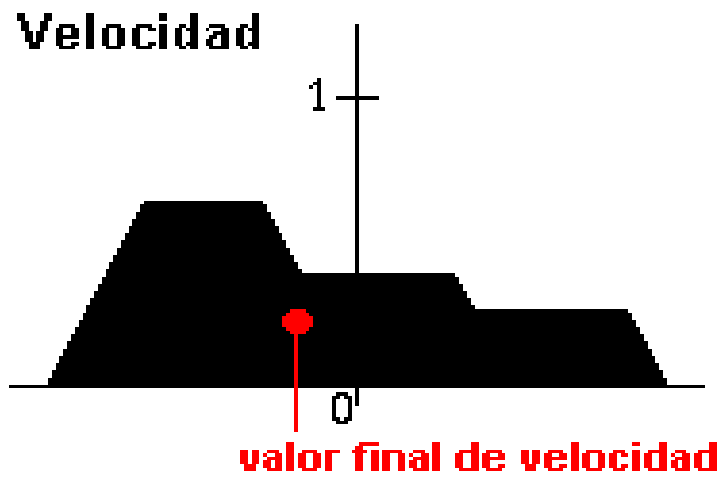


– Ventajas de la Difuminación (*fuzzification*):

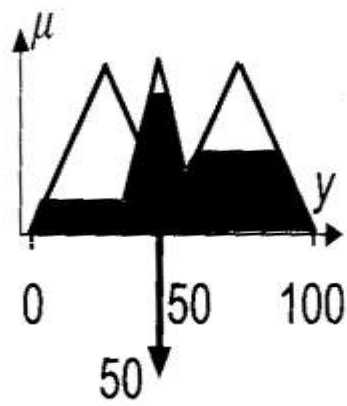
- **Permite minimizar posibles cambios ligeros en las variables de entrada.** Por ejemplo, si medimos 25°C de temperatura, ésta puede variar mientras se efectúa la inferencia, por lo que puede ser más exacto considerar que la temperatura es “aproximadamente 25°C”.
- **Permite minimizar los posibles errores al tomar los datos**
- **Permite suavizar el comportamiento del sistema: Ampliando el rango de influencia de la variable.**

- **Sistema de Inferencia:**
 - Es el núcleo del controlador difuso: Infiere las acciones de control simulando el proceso de decisión humano usando una implicación difusa y las reglas de inferencia de la lógica difusa.
 - Utiliza las técnicas de los Sistemas Basados en Reglas para la inferencia de los resultados.
- **Sistema de Decodificación, Concisión o Defuzzificación:**
 - Convierte los valores difusos de las variables de salida en valores concretos dentro del universo de discurso correspondiente.
 - Genera una acción no difusa a partir de la acción difusa resultante del sistema de inferencia.
- **Objetivo:** averiguar cuál es el valor nítido B^* que mejor representa a B' .
 - a) Centro de área o centro de gravedad.
 - b) Centro de sumas.
 - c) Centro de mayor área.
 - d) Método de la altura.
 - e) Primero del máximo, último del máximo y media de los máximos.

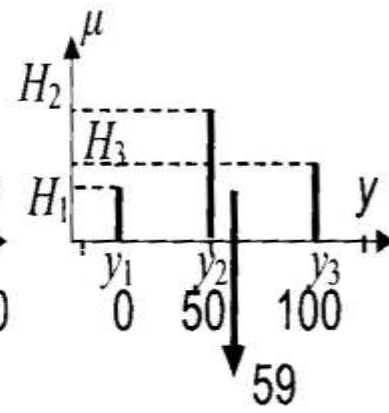




First-of-maxima



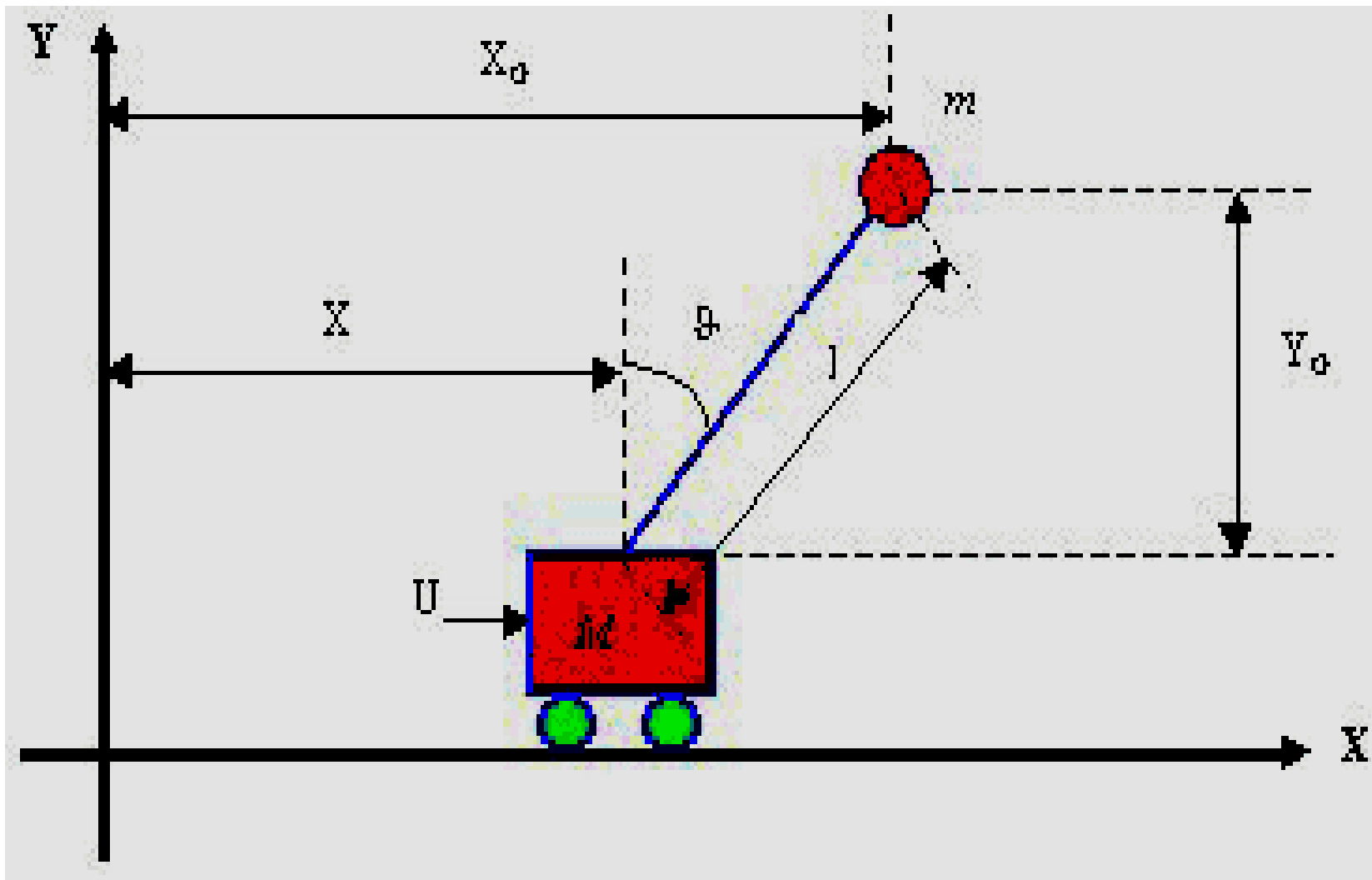
Middle-of-maxima



Center-of-area for singletons

Ejemplo: El péndulo invertido

El problema está en equilibrar una pértiga sobre una plataforma móvil que puede moverse en dos únicas direcciones, a la izquierda o a la derecha.)

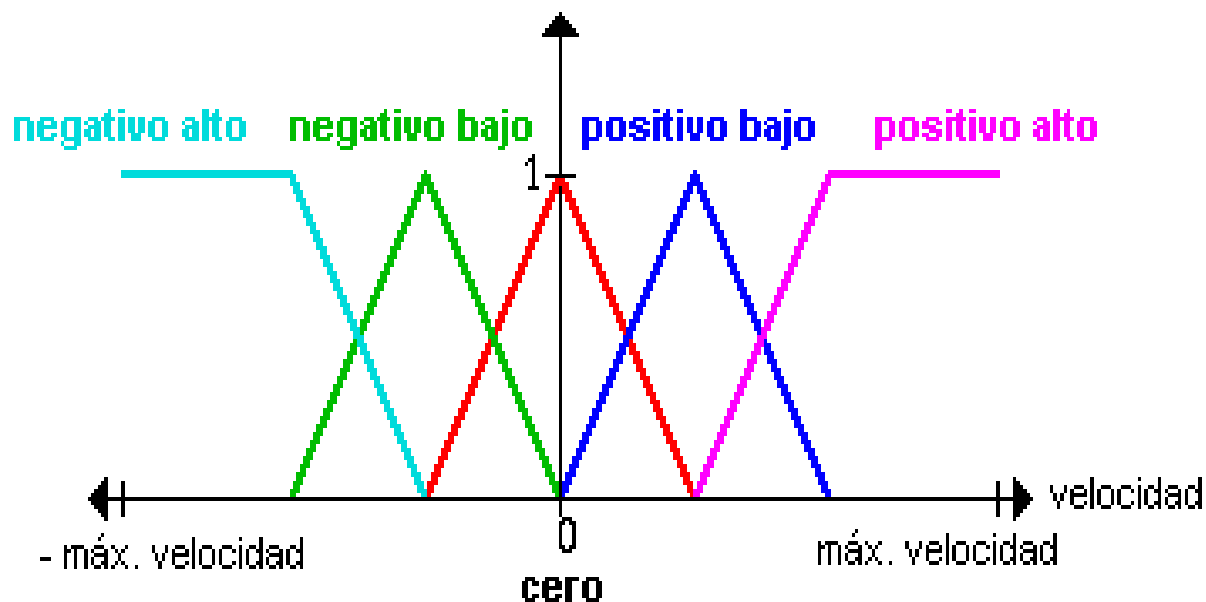


Las variables de entrada serán el ángulo entre la plataforma y la pértiga, y la velocidad angular de este ángulo.

Ejemplo: El péndulo invertido

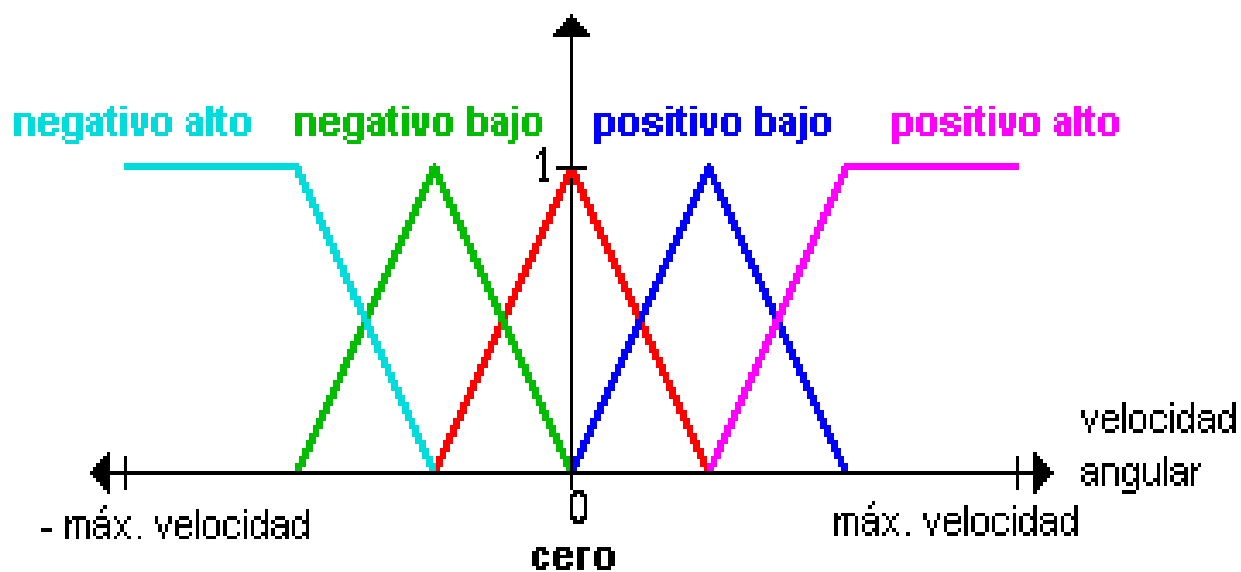
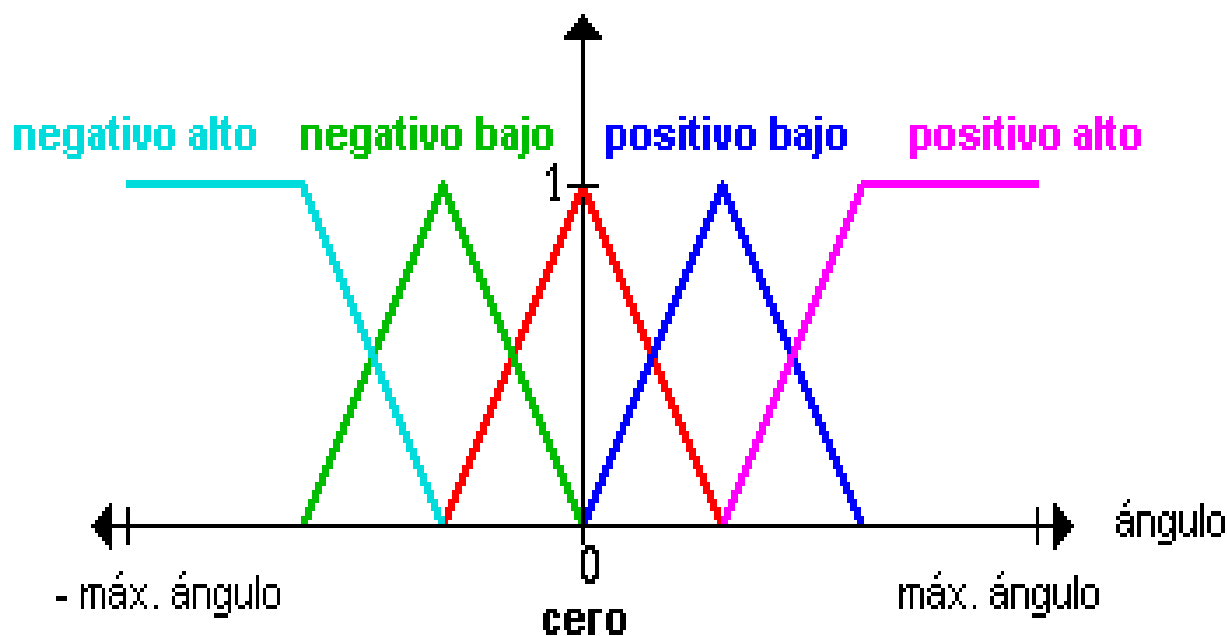
El problema está en equilibrar una pértiga sobre una plataforma móvil que puede moverse en dos únicas direcciones, a la izquierda o a la derecha.

- negativo alto (celeste)
- negativo bajo (verde)
- cero (rojo)
- positivo bajo (azul)
- positivo alto (morado)



Lo mismo se hace para el ángulo entre la plataforma y la

pértiga, además de para la velocidad angular de este ángulo:



Un ángulo mayor de 45 grados en cualquier dirección no puede - por definición - ocurrir.

Ahora daremos varias reglas que dicen qué hacer en situaciones concretas:

Si el ángulo es cero y la velocidad angular es cero entonces la velocidad será cero.

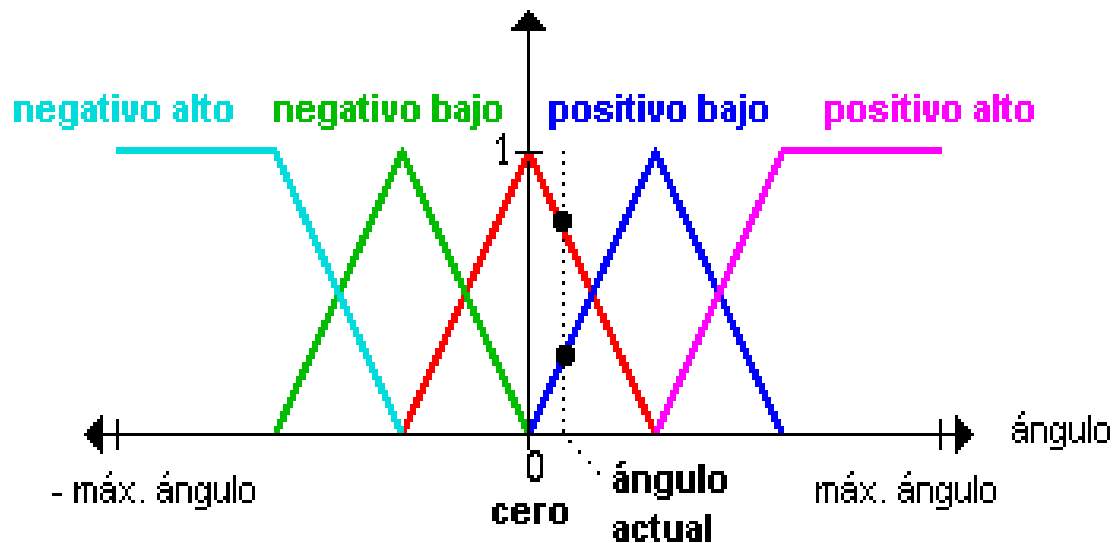
Si el ángulo es cero y la velocidad angular es positiva baja entonces la velocidad será positiva baja.

Podemos resumir todas las reglas aplicables en una tabla:

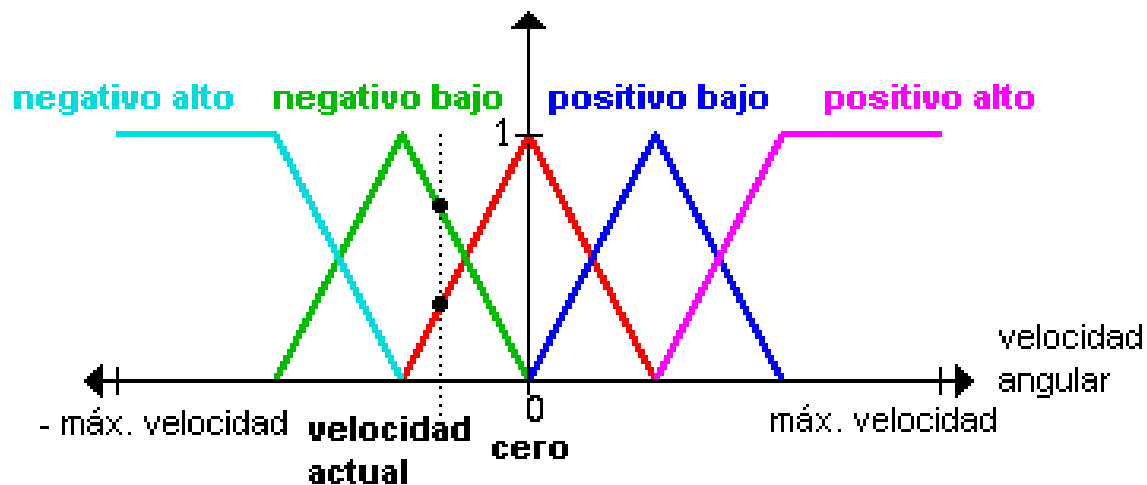
	Angulo				
Velocidad	NA	NB	C	PB	PA
NA			NA		
NB			NB	C	
C	NA	NB	C	PB	PA
PB		C	PB		
PA			PA		

Consideremos la situación siguiente:

Un valor actual para el ángulo:



Un valor actual para la velocidad angular:



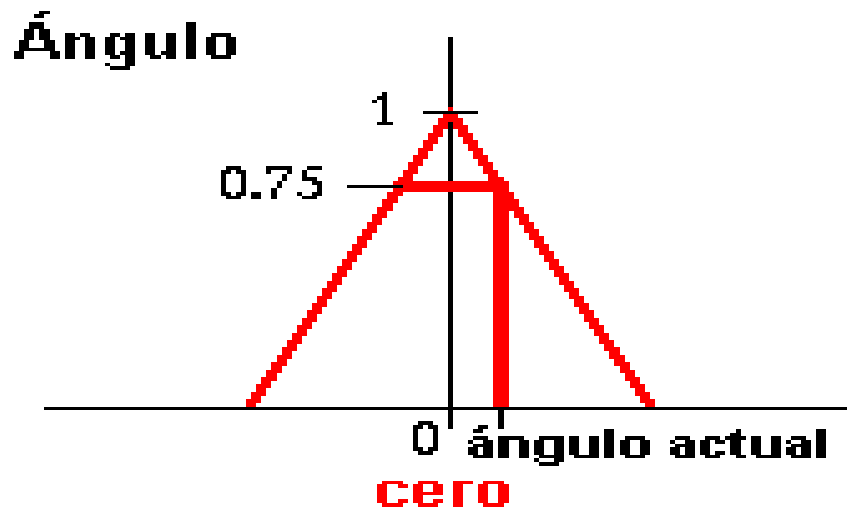
R1: Si el ángulo es cero y la velocidad angular es cero entonces la velocidad será cero.

R4: Si el ángulo es cero y la velocidad angular es negativa baja entonces la velocidad será negativa baja

R3: Si el ángulo es positivo bajo y la velocidad angular es negativa baja entonces la velocidad será cero.

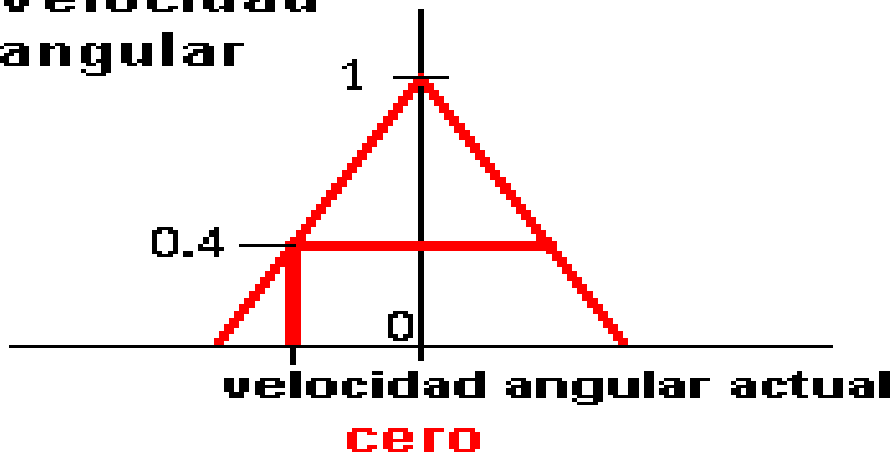
R4: Si el ángulo es positivo bajo y la velocidad angular es negativa baja entonces la velocidad será cero,

El valor de angulo pertenece al conjunto difuso "cero" con grado 0.75:



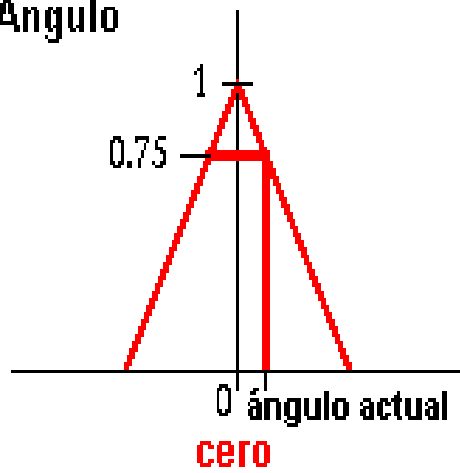
El valor de velocidad pertenece al conjunto "cero" con grado 0.4:

**Velocidad
angular**

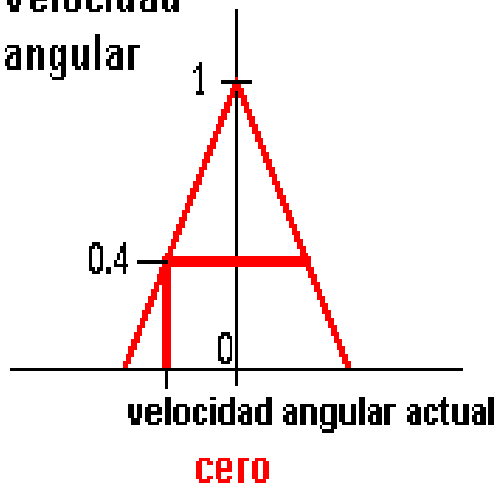


Asi, a partir de R1 se obtiene

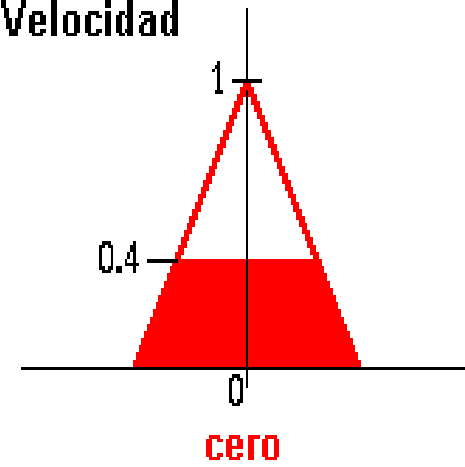
Ángulo



Velocidad angular



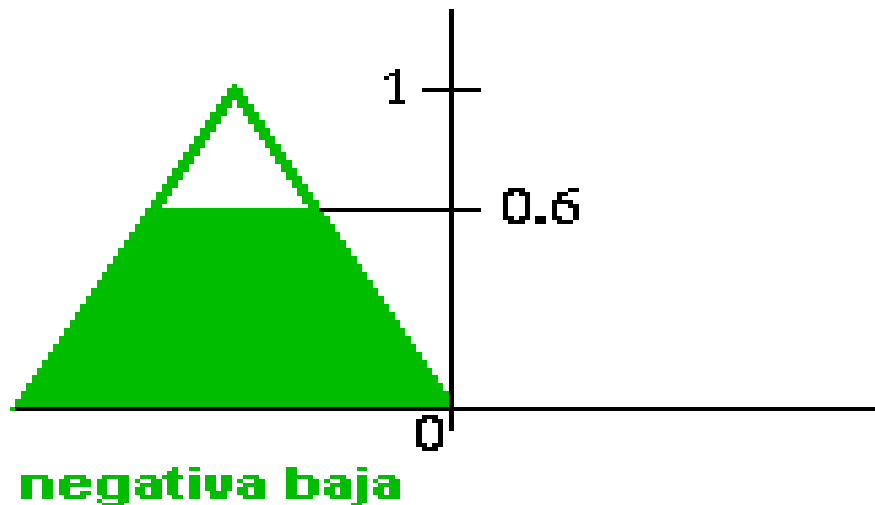
Velocidad



mín

El resultado de la regla R2: Si el ángulo es cero y la velocidad angular es negativa baja entonces la velocidad será negativa baja:

Velocidad



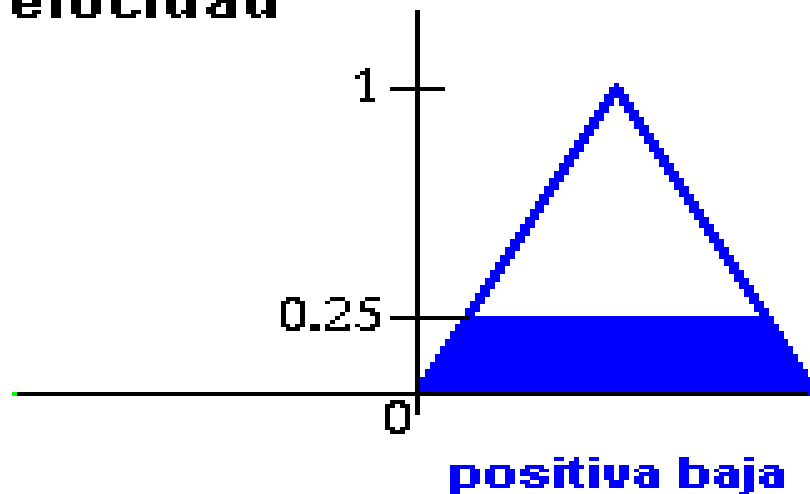
El resultado de la regla R3: Si el ángulo es positivo bajo y la velocidad angular es cero entonces la velocidad

será

positiva

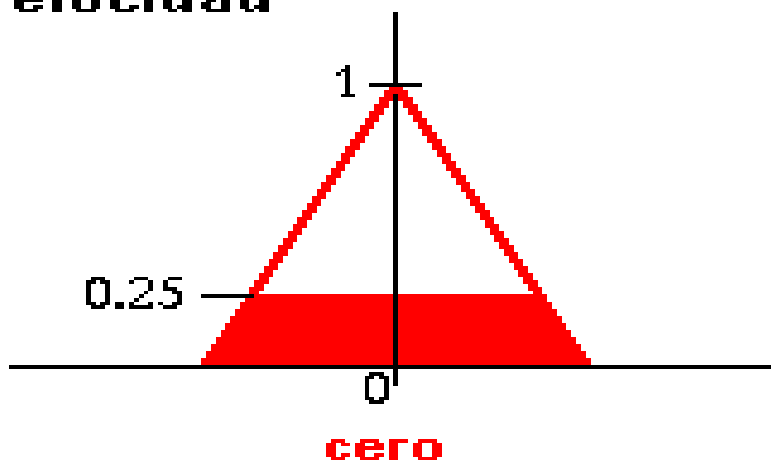
baja

Velocidad



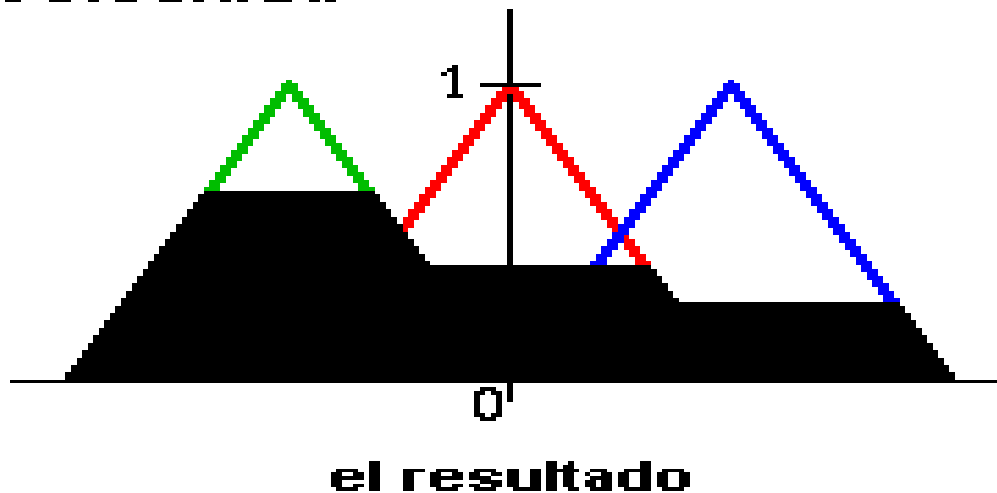
El resultado de la reglaR4: Si el ángulo es positivo bajo y la velocidad angular es negativa baja entonces la velocidad será cero:

Velocidad

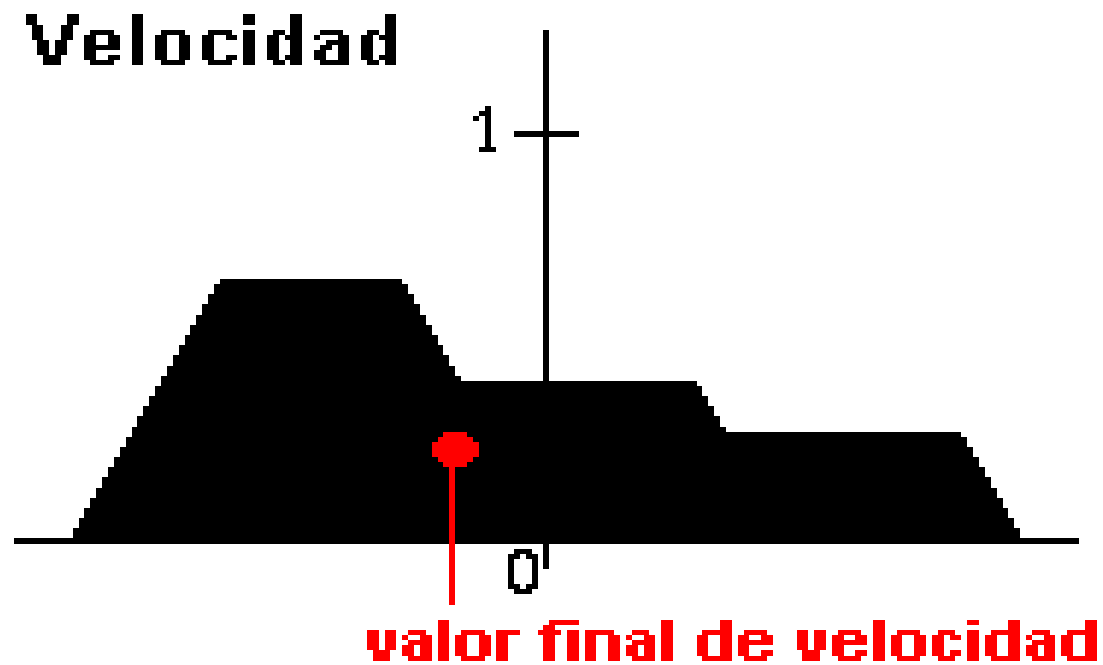


Estas cuatro reglas unidas desembocan en un resultado único:

Velocidad



El resultado del controlador difuso es un conjunto difuso (de velocidad), así que tenemos que escoger un valor representativo como salida final. Como hemos dicho, existen diversos métodos de defuzzification, uno de ellos es tomar el centro de gravedad del conjunto difuso:



Para evitar la operación de defuzzicación se han desarrollado modelos de controlador en los que los consecuentes de las reglas se formulan como valores funcionales de los valores de entrada:

Modelo de Takagi Sugeno y Kant
Modelo de Tsukamoto,
Etc.