

# Aporte de Control Difuso al Proyecto Integrador

Leandro Quiroga Gavilan, Alexander Aguirre Ordoñez, José Abril

## Problema

Implementar un sistema de razonamiento difuso que permita al dispositivo detectar obstáculos y así mismo evitarlos, esta implementación se desarrollará en un prototipo de robot asistente para personas con discapacidad visual. Adicionalmente, este asistente debe tener la capacidad de medir espacios suficientes para que una persona pueda pasar en medio de dos o más obstáculos y así permitir el libre movimiento de la persona asistida.

## AGENTE de Razonamiento Difuso

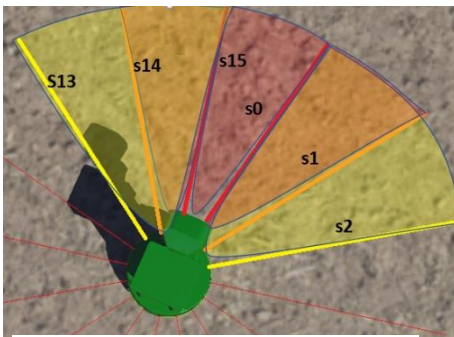


Figura 1 Sensores utilizados agrupados para detección – ROBOT TIAGO

**SENSORES:** Los sensores utilizados propios del software webots, fueron modificados para realizar mediciones siendo 0 el valor mínimo indicando que no hay obstáculos, y 1024 indicando que el obstáculo está totalmente pegado a este. Los sensores utilizados en robot TIAGO son los s0,s1,s2 para la parte derecha y s15,s14,s13 para la parte izquierda

### VARIABLES ENTRADA Y CONJUNTOS DIFUSOS:

**Obstáculos frontales (error):** representa el nivel de obstáculos en la parte frontal del robot Tiago, estos datos son suministrados por los sensores s0, s1, s14, s15. El dato entregado al controlador será:  $x1 = \max(s0, s1, s13, s14)$  donde sus conjuntos difusos están representados en la figura 2.

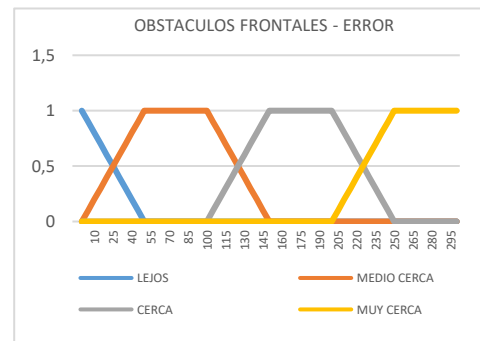


Figura 2 Conjuntos Difusos error

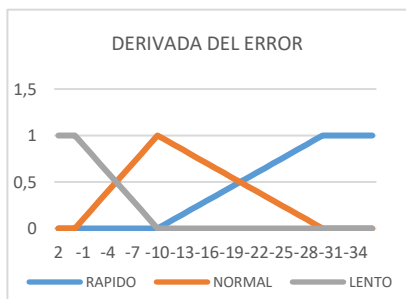


Figura 3. Conjuntos difusos derivada del error

**Derivada del error:** esta variable representa la variación del error a través del tiempo, es decir indica si el asistente está acercándose de manera rápida a un obstáculo, o si un objeto sólido ha aparecido de forma instantánea frente a este. Los conjuntos difusos están representados en la figura 3.

$$x2 = error_{k-1} - error_k$$

**Obstáculos laterales:** Esta variable aporta la posibilidad óptima para que el asistente realice el giro, los sensores s0, s1, s2 aportan las mediciones del lado derecho, s15, s14, s13 aportan las del lado izquierdo, la diferencia entre estas dos aporta el lado con menos obstáculos para poder girar. Los conjuntos difusos se representan en la figura 4 y está definido por  $x3 = \max(s0, s1, s2) - \max(s13, s14, s15)$

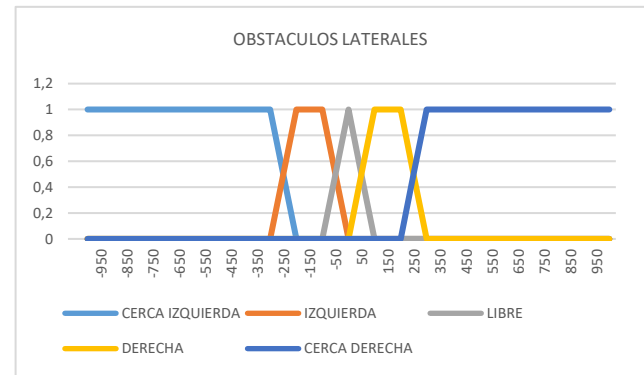


Figura 4. conjuntos difusos obstáculos laterales

### REGLAS DIFUSAS (MATRIZ DE CENTROS) Y CONJUNTOS DIFUSOS DE SALIDA:

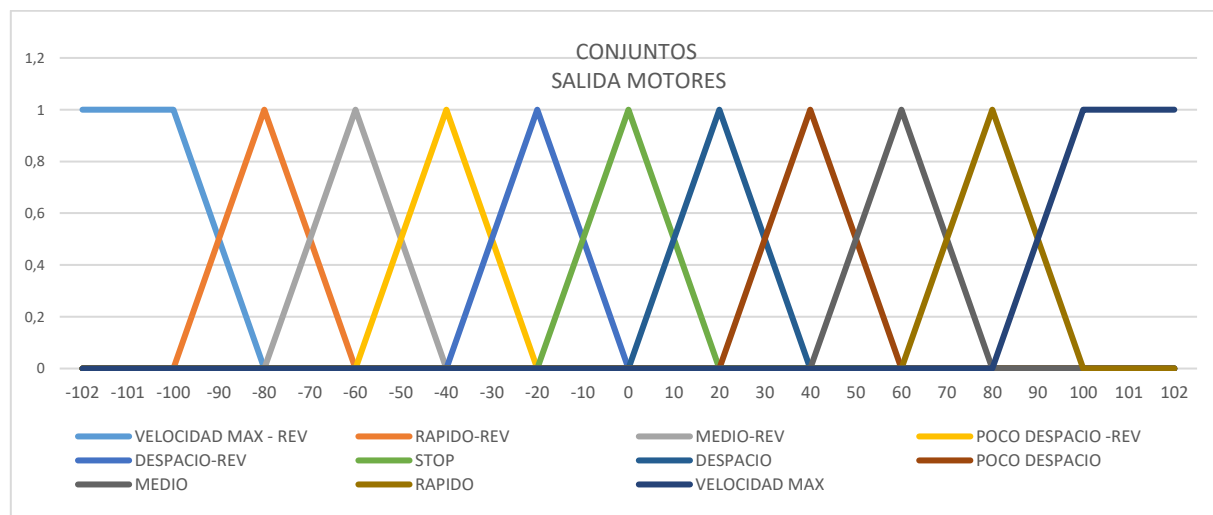


Figura 5. lingüísticos y conjuntos de salida

Los motores como los clásicos actuadores ejecutarán la acción de salida de acuerdo al procesamiento del Agente difuso. Los motores poseen una velocidad máxima de 10.15 unidades en el software Webots, sin embargo, para dar un rango de salida más preciso para el controlador difuso, se han tratado la velocidad en un rango de porcentajes de  $-100 < 0 < 100$ , el signo indicando el sentido de giro de los motores y simbolizados en la figura 5 es sus respectivos conjuntos y valores centro.

- **IMPLEMENTACIÓN DE DOS MATRICES DE CENTROS:** El razonamiento difuso aplicando la operación AND difusa de las tres variables, nos indica que tenemos un esquema tridimensional donde se encuentran los niveles de activación de las reglas difusas previamente definidas. Sin embargo, los motores de la derecha y de la izquierda tienen reglas relativamente diferentes debido a su necesidad de actuación para girar. Por lo tanto, se asigna una matriz de centro para cada motor, por ende, el controlador difuso tendrá dos

salidas con un mismo razonamiento difuso. En la figura 6 se observa las matrices de centros para cada motor

Matriz centros motor izquierdo	PD	PD	PD	S	-20	Matriz centros motor derecho	DR	S	PD	PD	PD
	M	M	D	DR	PDR		PDR	DR	D	M	M
	R	R	S	PDR	MR		MR	PDR	S	R	R
	VM	VM	DR	MR	RR		RR	MR	DR	VM	VM
	M	M	M	D	S		S	D	M	M	M
	M	M	PD	D	DR		DR	S	PD	M	M
	R	R	D	DR	PDR		PDR	DR	D	R	R
	R	R	S	PDR	MR		MR	PDR	S	R	R
	R	R	VM	PD	D		D	PD	VM	R	R
	R	R	M	D	S		S	D	R	R	R
	VM	VM	PD	S	DR		DR	S	PD	VM	VM
	VM	VM	D	DR	PDR		PDR	DR	D	VM	VM

Figura 6 Matriz de centros, motores robot TIAGO

## Resultados Obtenidos

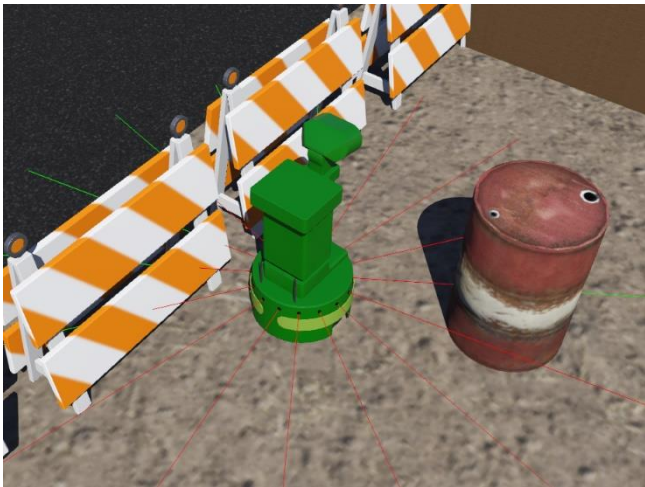
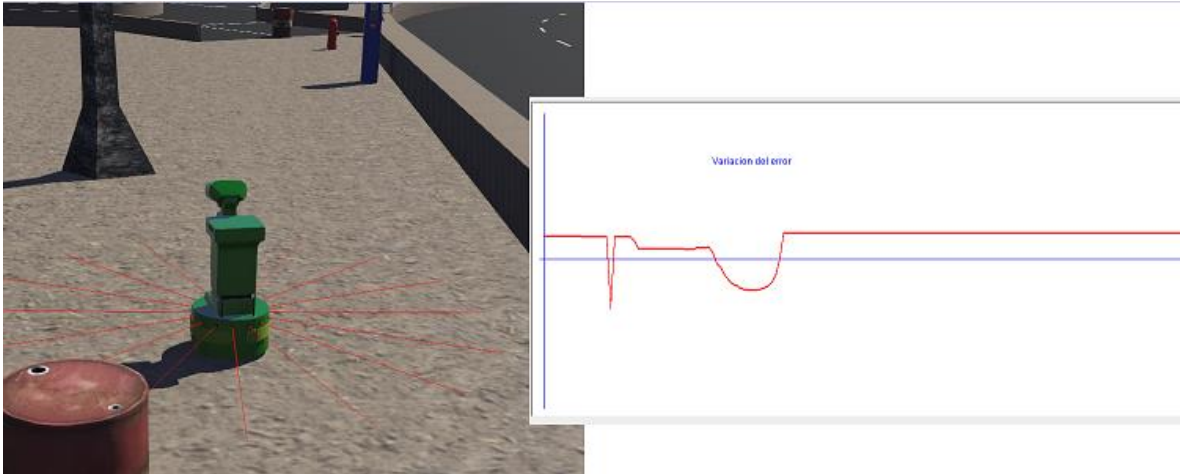


Figura 7. Asistente cruzando en medio de dos obstáculos y representación gráfica de la derivada del error

El algoritmo implementado en lenguaje Java mediante una clase llamada “AgenteDifuso”, realiza las labores requeridas de esquivar obstáculos de forma eficiente y emite la velocidad requerida para los motores de acuerdo con las distancias de las tres variables del controlador. Como se observa en la figura 7, el controlador Difuso decide que es un espacio por el cual se puede transitar junto con la persona asistida, adicionalmente se observa un progreso de las pendientes de la derivada que indican la velocidad con la que los obstáculos se presentan, entre más inclinada sea la pendiente indica que más rápido se ha detectado un obstáculo. En la figura 8 se observa la pendiente cuando el error es constante, la grafica no representa una inclinación



*Figura 8. representación de derivada sin obstáculos*

### **MEJORAS PARA REALIZAR**

- Se hace necesario incluir mas sensores de distancia con una diferencia menor entre uno y otro sensor, los objetos que sean angostos pueden ser detectados al chocar con el asistente y pueden ocasionar una reacción errónea.
- Aplicar una cuarta variable que permita indicar que se esta presentando un error de movimiento, esto significa realizar un razonamiento en 4 dimensiones con el fin de aplicar soluciones en tiempo real a bloqueos que impidan el avance