

CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS

Elección de ruta y ajuste de velocidad en robots con ruedas dependiendo de la rugosidad de la superficie de navegación

Alumno: Farid García Lamont

Asesor: Dr. José Matías Alvarado Mentado

Doctorado en
Computación

Contenido

- Problema a resolver
- Propuesta
 - Avances
 - Metodología
- Estado del arte
- Trabajo futuro

¿Qué es RoboCup? (antecedentes)

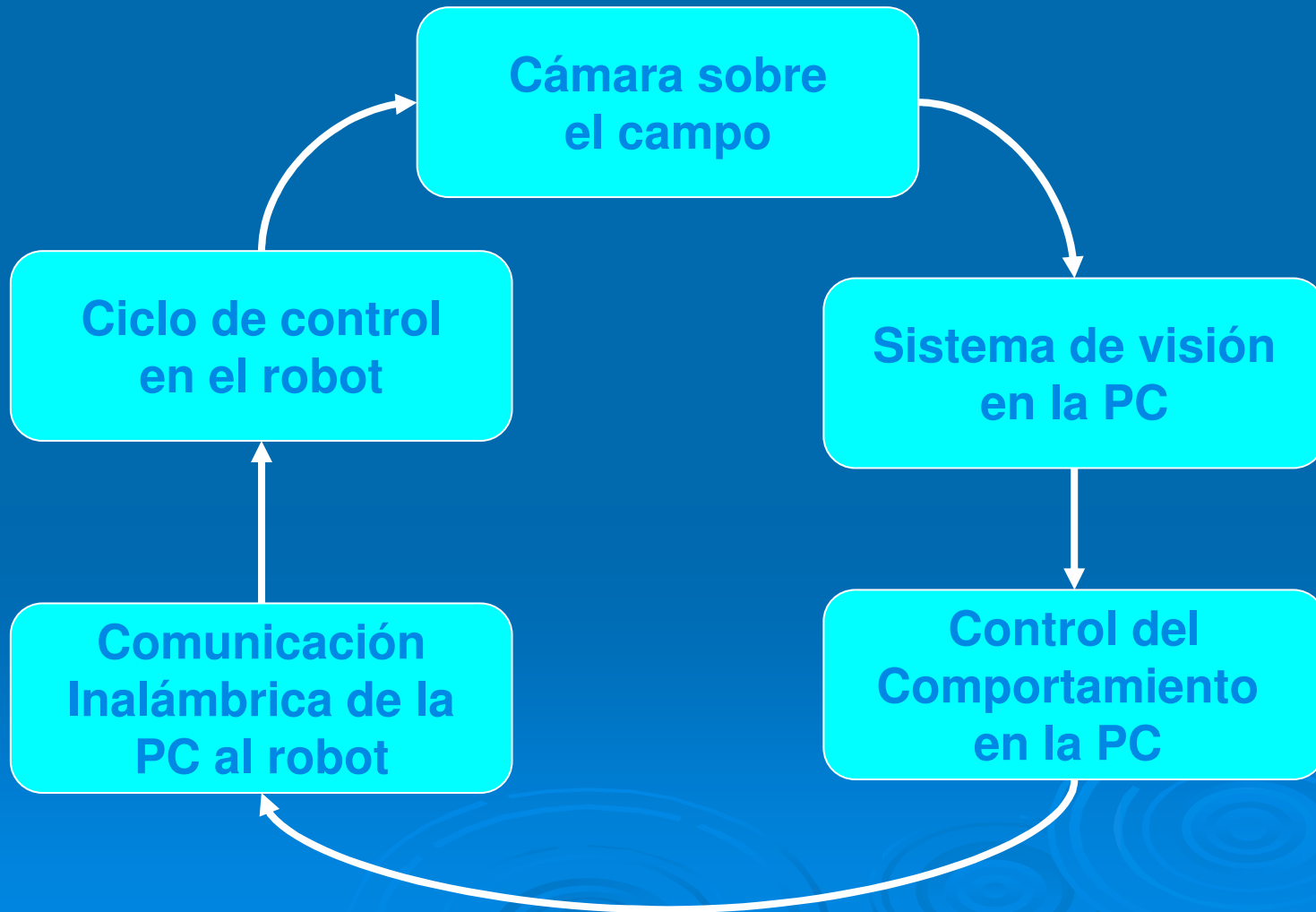
- Es un torneo con categorías de jugadores roboticos de fútbol y simulaciones.
- **Objetivo:** desarrollar maquinas y software inteligentes capaces de jugar fútbol soccer sin intervención humana.

Categorías

Liga robots pequeños (small size league)



¿Cómo se ejecutan esas habilidades?



Categoría: Liga Tamaño pequeño



Problema a resolver

Problemática

- Para superficies lisas, los “small size” poseen:
 - ✓ Velocidad
 - ✓ Agilidad
 - ✓ Precisión.
- Pero no sobre terreno (cancha) con desniveles, hoyos, baches “suaves”:
 - Con pendiente de a lo más 15°

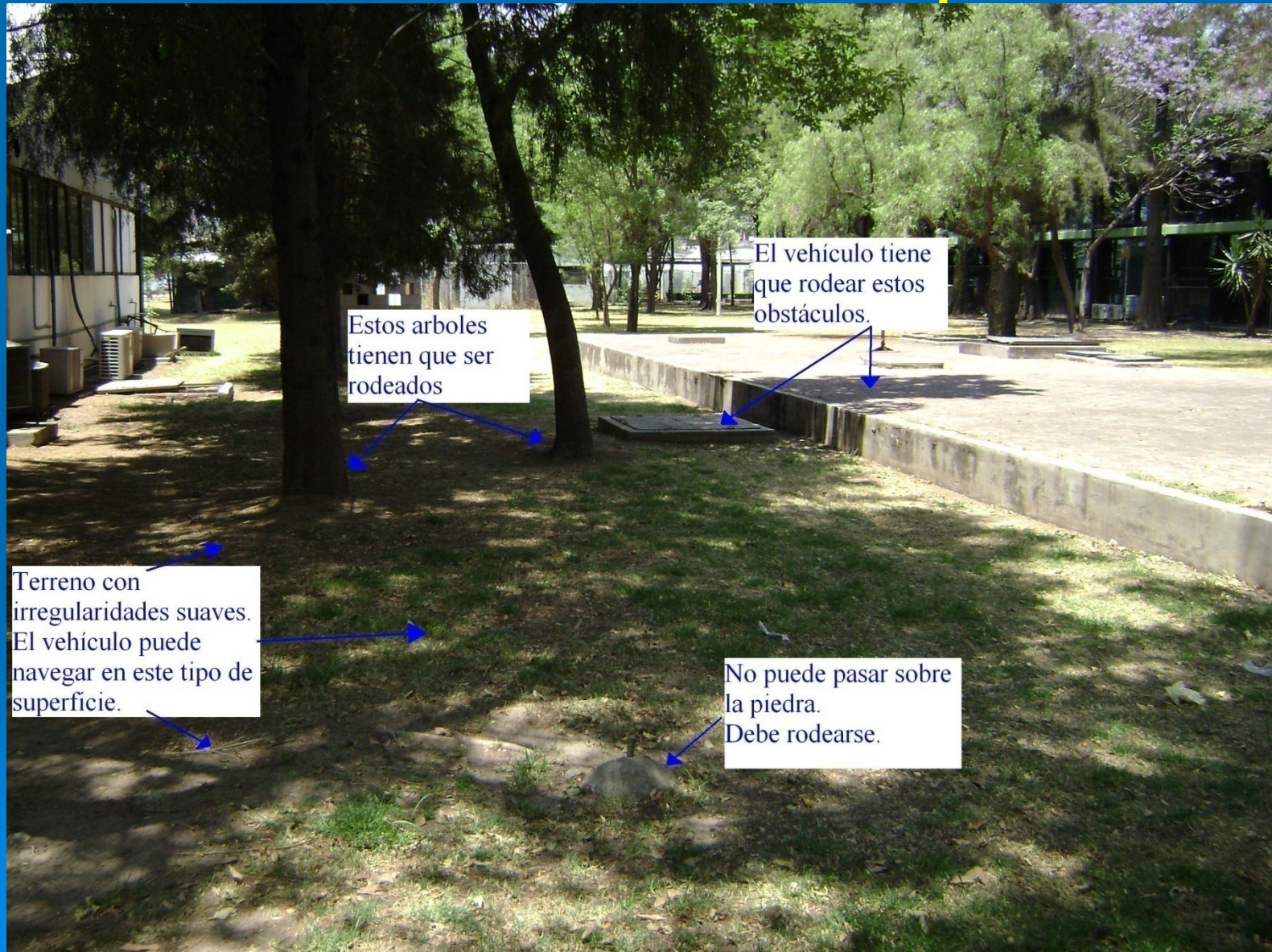
Navegación de robots en superficies con *irregularidades*

- Para la navegación autónoma en exteriores es necesario reconocer:
 - **Texturas.**
 - **Pendientes y agujeros.**
 - **Obstáculos.**

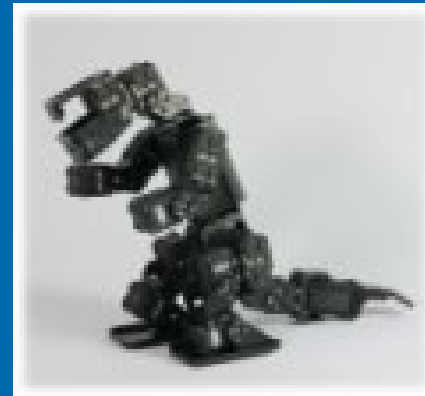
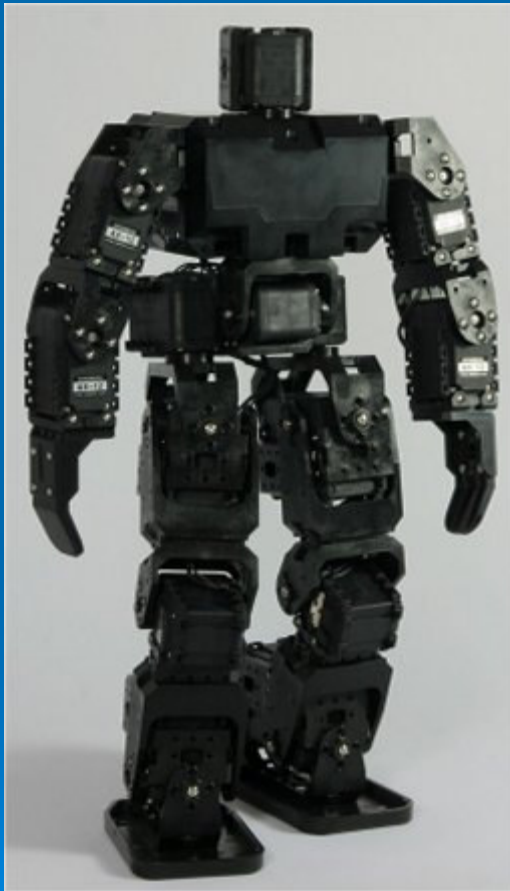
Características de la Superficie

- Texturas que se encuentran en exteriores:
 - Tierra, pasto, piedras, etc.
- Las irregularidades son:
 - Pendientes y agujeros.
- Angulo de inclinación de irregularidades igual o menores a 15° .
- Angulo de inclinación de irregularidades mayores a 15° se consideran obstáculos.

Características de la Superficie



Bioid kit



Problema a resolver (video)

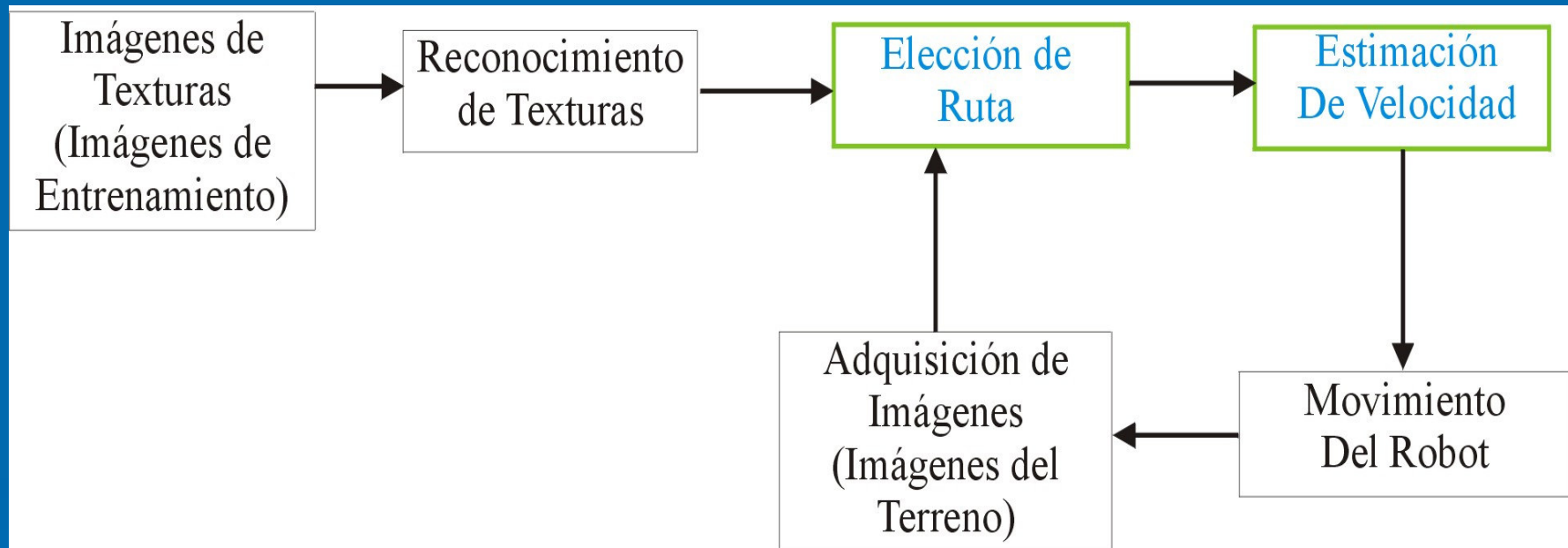


Propuesta

Elección de ruta y estimación de velocidad

- Detección de Irregularidades de la superficie
 - Modelado de Texturas.
- Elección de ruta considerando las características de la superficie.
- Estimación de velocidad de acuerdo a la información de la superficie.

Diagrama de flujo



Este trabajo se enfoca a las partes que están encerradas en las cajas verdes que se muestran en la figura.

Reconocimiento de rugosidad

- La mayoría de métodos de reconocimiento de texturas son “*rigidos*”, solo dan como resultado *falso* y/o *verdadero*.
- El ser humano **estima** la rugosidad del suelo en base a su experiencia pero sin realizar cálculos matemáticos complejos.
- El **control de la velocidad** debe ser *similar* al mecanismo que realizamos los seres humanos.

Metodología

Visión Artificial

- Modelado y detección de Texturas.

Red Neuronal Supervisada

- Clasificación de Texturas.

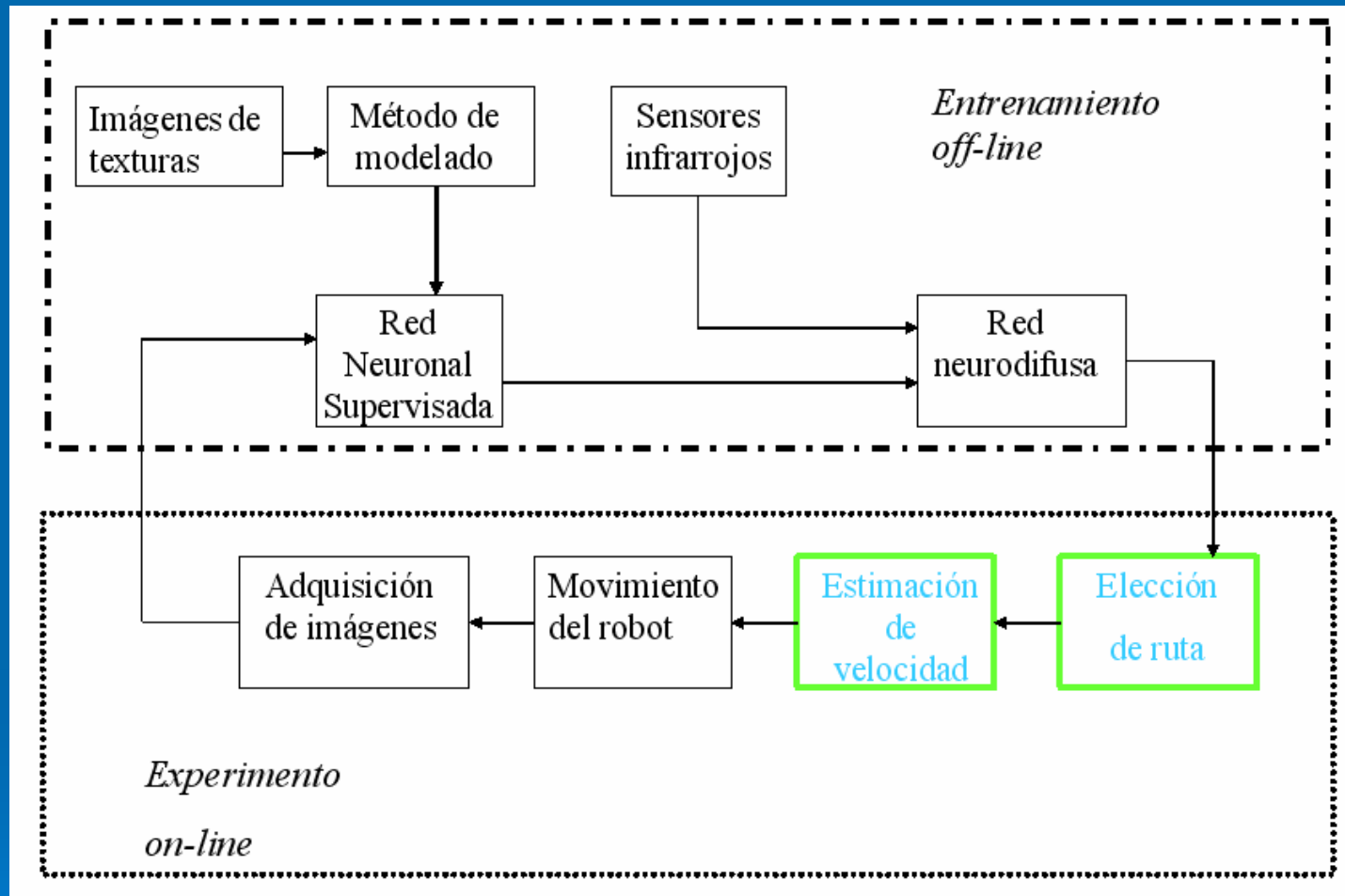
Sensores Infrarrojos

- Detección de irregularidades.

Red Neuronal Difusa

- Estimación de rugosidad de la textura,
- Calculo de la velocidad apropiada considerando la rugosidad del suelo y el tamaño de las irregularidades.

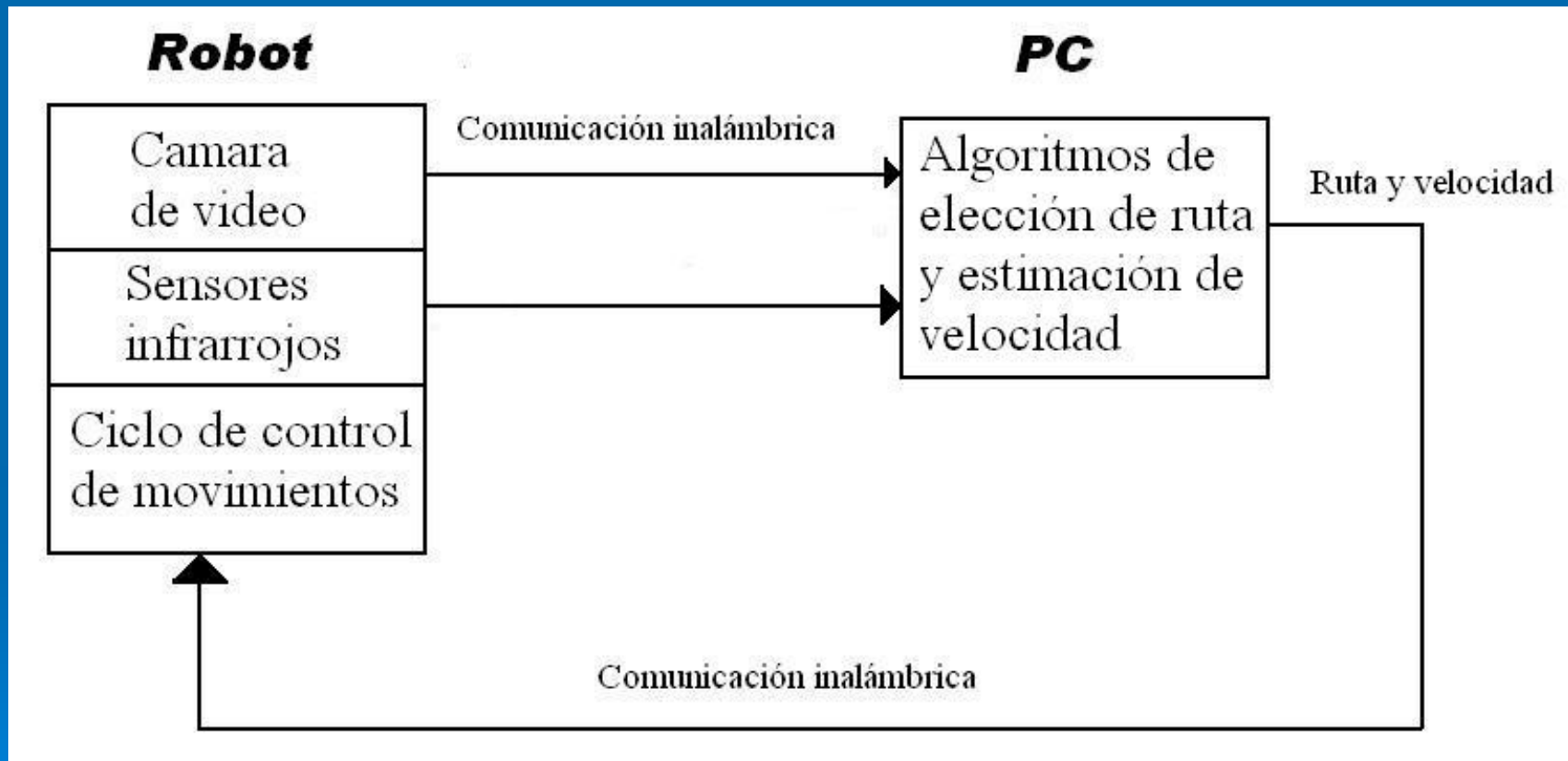
Diagrama de flujo



Este trabajo se enfoca a las partes que están encerradas en las cajas verdes que se muestran en la figura.

Avances

Interacción Robot-PC



Estimación de velocidad

- Ya se utiliza información de texturas (visión artificial):
 - de superficies con tierra, pasto y adoquín
 - Cubiertos, inclusive, con hojas y ramas.
- La información de los sensores infrarrojos no se utiliza en este momento.
- Se procura hacer las pruebas a la misma hora del día para evitar variaciones en la intensidad de la iluminación.

Elección de la ruta

- La ruta a elegir debe ser tal que el vehículo **avance**:
 - sin riesgo de resbalar,
 - sin riesgo de atascarse,
 - los mas rápido posible dependiendo de la rugosidad y las irregularidades.
- Proporcionalmente, el desplazamiento del vehículo es:
 - A menor velocidad (*lento*) si la rugosidad es menor (*lisa*) y
 - A mayor velocidad (*rápido*) si es mayor (*áspera*).

Reacción ante pendientes

- Si el robot encuentra una pendiente mayor a 15 grados, entonces el robot se detiene,
- Analiza las texturas que están en el lado derecho e izquierdo del robot,
- Decide moverse por el lado que le permita avanzar a mayor velocidad.

Reacción ante agujeros

- Si el robot encuentra un agujero, entonces el robot se detiene,
- Analiza la pendiente del agujero,
- Si la pendiente es menor a 15 grados, entonces avanza sobre el agujero,

Reacción ante agujeros

- En caso contrario, analiza las texturas que están en el lado derecho e izquierdo del robot,
- Decide moverse por el lado que le permita avanzar a mayor velocidad.

Herramientas formales

- **Red Neuronal Supervisada:** Clasificación de Texturas.
- **Lógica Difusa:** Modela el comportamiento de hacer ajustes rápidos durante el desplazamiento sobre superficies rugosas.
- **Red Neuronal Difusa:** Estimación de velocidad.

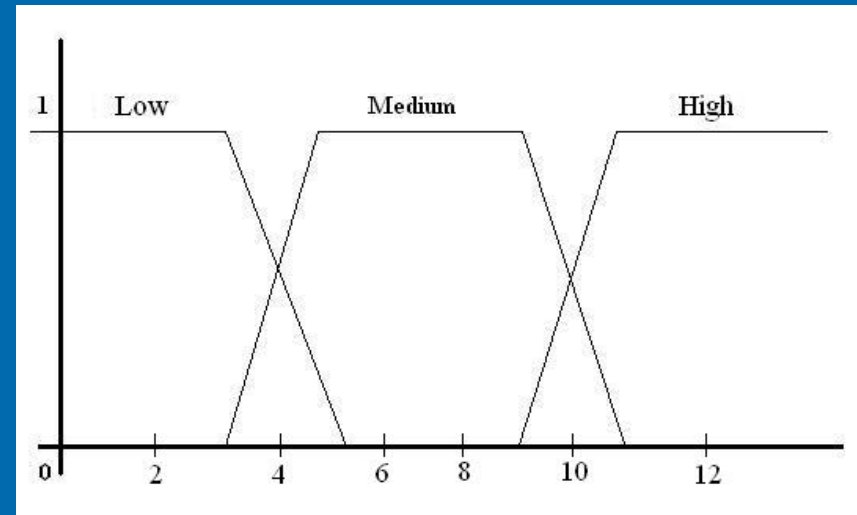
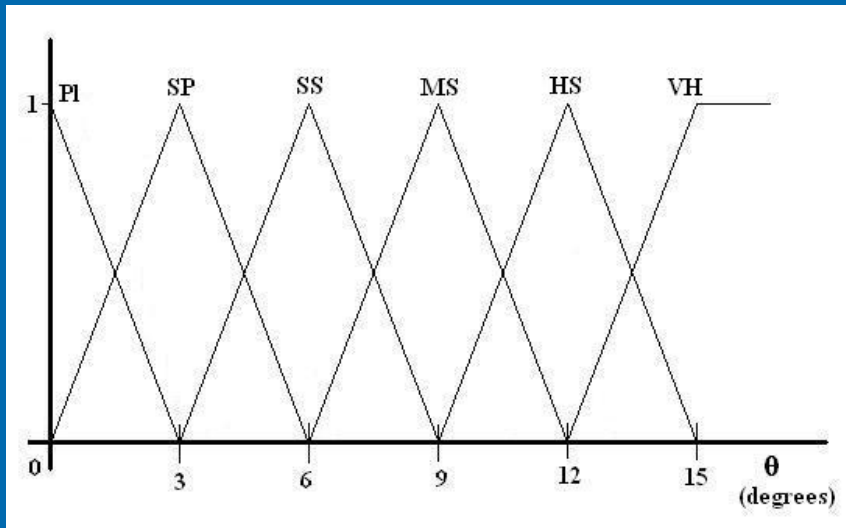
Redes neuronales (RN)

- Son un sistema que esta ordenado de una forma que simula las células del cerebro. Estos aprenden de la relación subyacente de la información.
- Tienen capacidad del auto-aprendizaje sin la necesidad de tener conocimiento de la relación de la información.

Lógica difusa

- Da la flexibilidad para, implementado computacionalmente, realizar *imitaciones de la percepción humana*.
- Método organizado que trata con conocimiento *impreciso* al emplear:
 - reglas lingüísticas,
 - se simula la toma de decisiones humana
 - para procesar información imperfecta.

Conjuntos difusos



Angulo de inclinación

Rugosidad de texturas

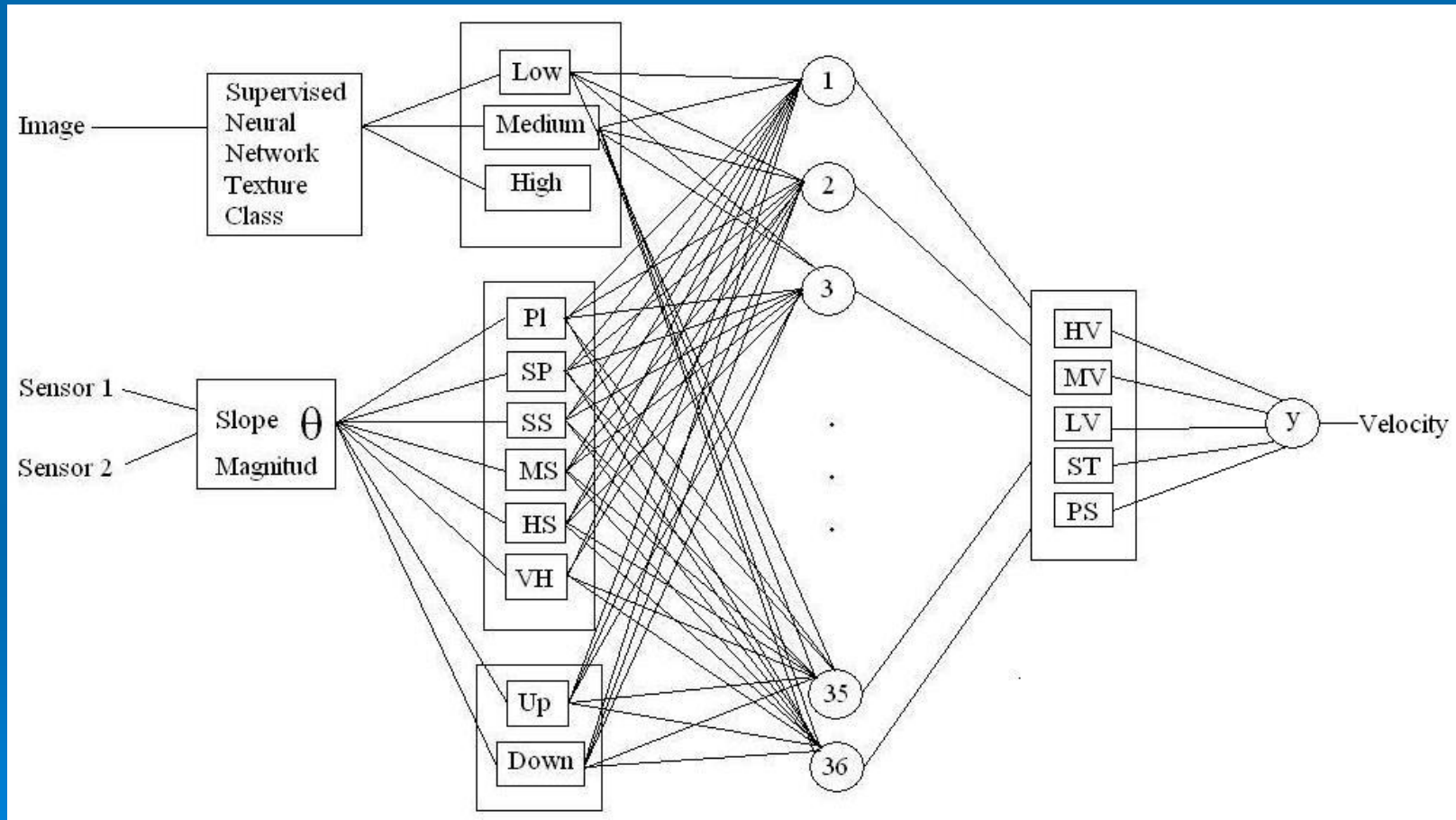
Conjuntos difusos

- Si se detecta que la irregularidad es una pendiente, entonces el movimiento es de “subir”.
- Si se detecta que la irregularidad es un agujero, entonces el movimiento es de “bajar”.

Red neuronal difusa (RND)

- Tipo de red neuronal que emula el proceso de inferencia que se realiza en un sistema difuso.
- Un aspecto clave para el entrenamiento es la **organización de los datos de entrenamiento**.
- Se necesita de un **experto para ordenar las texturas** y así construir los conjuntos difusos.

Arquitectura de la RND



Forma general de reglas de inferencia IF-THEN

- **SI** ángulo es *moderadamente inclinado*
Y textura es de *rugosidad alta*
Y movimiento es hacia *arriba*
ENTONCES la *velocidad* es *alta*.

Trabajos relacionados

(estado del arte):

Reconocimiento de texturas

- Métodos con rayos láser
 - Muestreo en línea del terreno.
 - El procesamiento de la información es intenso.
- Métodos de vibración
 - Reconocimiento en línea del terreno durante el recorrido del robot.
 - No puede anticipar a identificar el tipo de textura que esta enfrente del robot.

Reconocimiento de texturas

- Métodos basados en descriptores o micro-textons
 - Tolerante a cambios de iluminación y ángulos de rotación respecto a algún eje.
 - **No se menciona nada** sobre el reconocimiento de **texturas nuevas** que no estén en las bases de imágenes utilizadas como benchmark.

Clasificación de Texturas

Autores	Porcentaje de clases identificadas
Red Neuronal Supervisada	75%
Mapas Auto Organizados	85%
Pietikäinen et al. (2004)	93.73%
Liao & Chung (2007)	95.8%

Control de velocidad

- Modelos cinemáticos
 - Evita derrapes.
 - Velocidades bajas: 2.5 cm/s.
- Robots con centro de masa móvil
 - Mayor estabilidad.
 - Baja velocidad: 2 cm/s.
 - Difícil de controlar.

Planeación de trayectoria

- Planificación de rutas con información global y regional del terreno
 - No varia la velocidad del vehículo.
 - Se enfoca a que el vehículo llegue a su destino exitosamente.
- Campo vectorial de velocidades
 - No considera irregularidades del terreno.

Resultados: estimación y ajuste de velocidad

- Máximas velocidades alcanzadas por el robot empleando:
 - Visión Basada en Apariencias (VBA),
 - Patrones Binarios Locales (PBL),
 - Patrones Binarios Locales Invariantes a la Rotación (PBLIR).
- Redes neuronales para la clasificación de texturas

Resultados: Clasificación con redes neuronales

	Tierra	Pasto	Adoquín
VBA	6.01 m/min	2.81 m/min	7.09 m/min
PBL	5.58 m/min	5.49 m/min	7.09 m/min
PBLIR	5.58 m/min	2.77 m/min	7.09 m/min

Resultados: Clasificación con distribución χ^2 para PBL y PBLIR

	Tierra	Pasto	Adoquín
VBA	6.01 m/min	2.81 m/min	7.09 m/min
PBL	5.49 m/min	3.16 m/min	7.09 m/min
PBLIR	5.62 m/min	2.77 m/min	7.09 m/min

Resultados

- Cambios en la velocidad del robot en una superficie que contiene:
 - tierra compacta,
 - tierra suelta,
 - pasto,
 - hojas y ramas.

Resultados

- Desplazamiento del robot sobre superficies rugosas, tal que se evitan:
 - Derrapes
 - Atascos
 - Vibraciones
 - Con posibles riesgos de caídas

Trabajo Futuro

- Implementar la velocidad adaptiva dependiendo de:
 - Las texturas de la superficie,
 - Los hoyos y pendientes.
- Implementar algoritmo de selección de rutas tal que avance a máxima velocidad dependiendo de:
 - la rugosidad,
 - las irregularidades de la superficie.

Gracias:
preguntas y observaciones

email:
farid@computacion.cs.cinvestav.mx