

# PROE: Simulación computacional para la planificación de rutas óptimas, en escenarios estáticos, por medio de enjambres

## Encargadas del proyecto

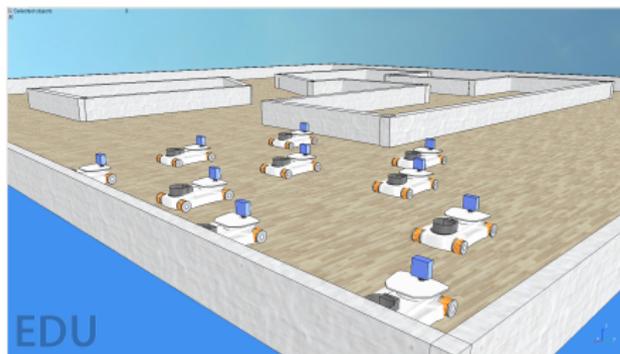
M.Sc. Cindy Calderón Arce

M.Sc. Rebeca Solís Ortega

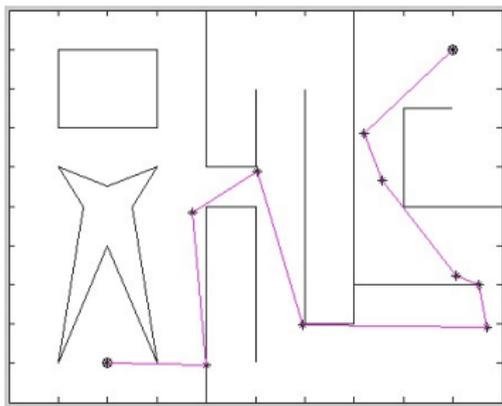


- 1 Introducción
- 2 Exploración
  - Preliminares
  - Algoritmos y resultados
- 3 Determinación de rutas óptimas
  - Preliminares
  - Algoritmos y resultados
- 4 Conclusiones
- 5 Trabajo Actual

## Exploración por medio de enjambres



## Determinación de rutas óptimas



# Exploración

# Enjambres de robots

Los enjambres de robots son un nuevo enfoque dirigido a la coordinación de los sistemas multi-robot compuestos por un gran número de robots físicos, en su mayoría simples. A partir de estos, y de ciertas reglas individuales, se espera que un comportamiento colectivo deseado emerja de la interacción entre dichos robots y la interacción de éstos con el medio ambiente en el que se encuentran.



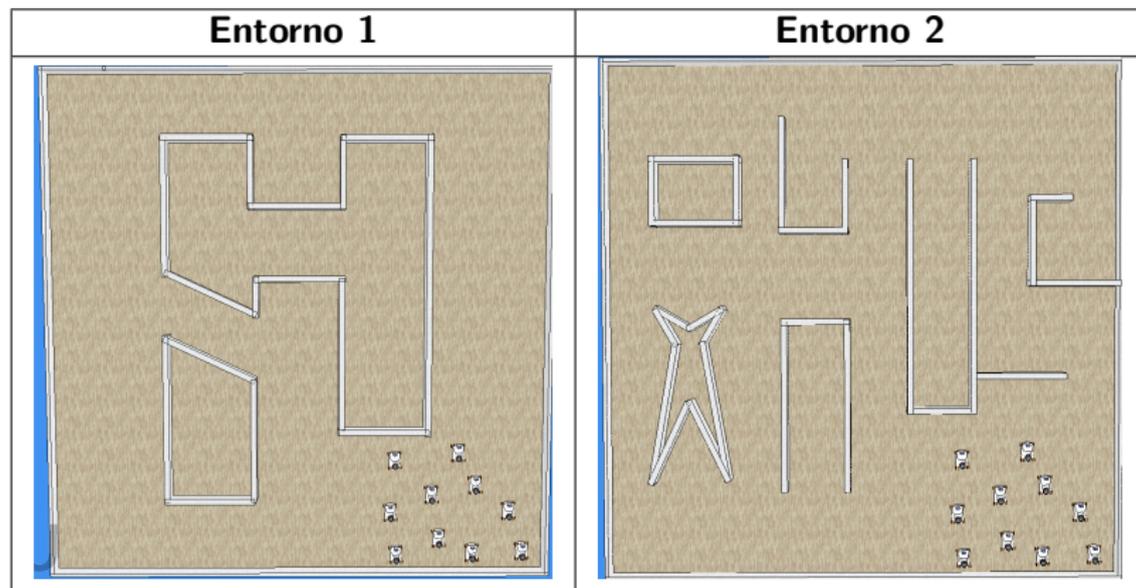
# Algoritmos de exploración

<b>Random Walk</b>	<b>Huella virtual</b>
Simple	Inspiración biológica (feromonas)
Dos estados: <ul data-bbox="56 529 513 609" style="list-style-type: none"><li>- Movimiento hacia adelante</li><li>- Evitando obstáculos</li></ul>	Marca en el ambiente: <ul data-bbox="614 529 1263 609" style="list-style-type: none"><li>- Disminuye con el transcurso del tiempo</li><li>- Aumenta con el paso de los agentes</li></ul> <p data-bbox="557 667 1325 743">La dirección que siguen los agentes se define por la intensidad de la marca virtual</p>

# Entornos a explorar

Ambientes reales

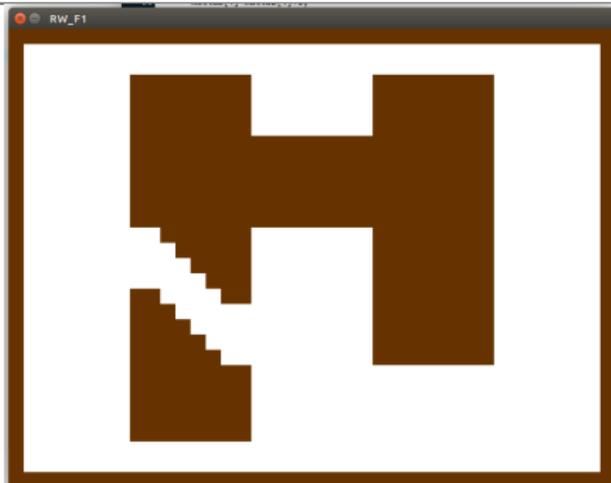
TEC | Tecnológico  
de Costa Rica



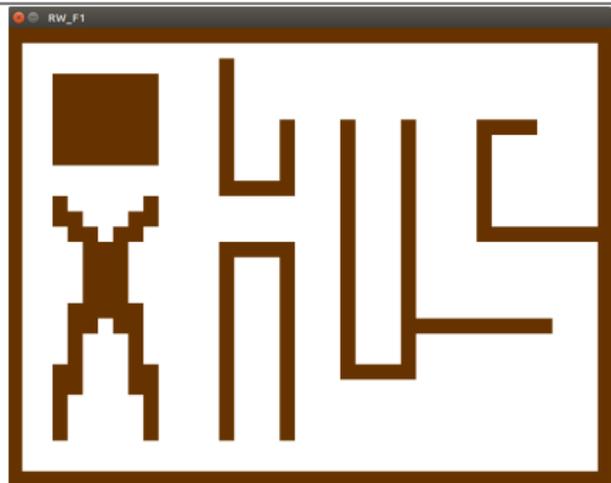
# Entornos a explorar

Modelación en autómatas celulares

## Entorno 1



## Entorno 2



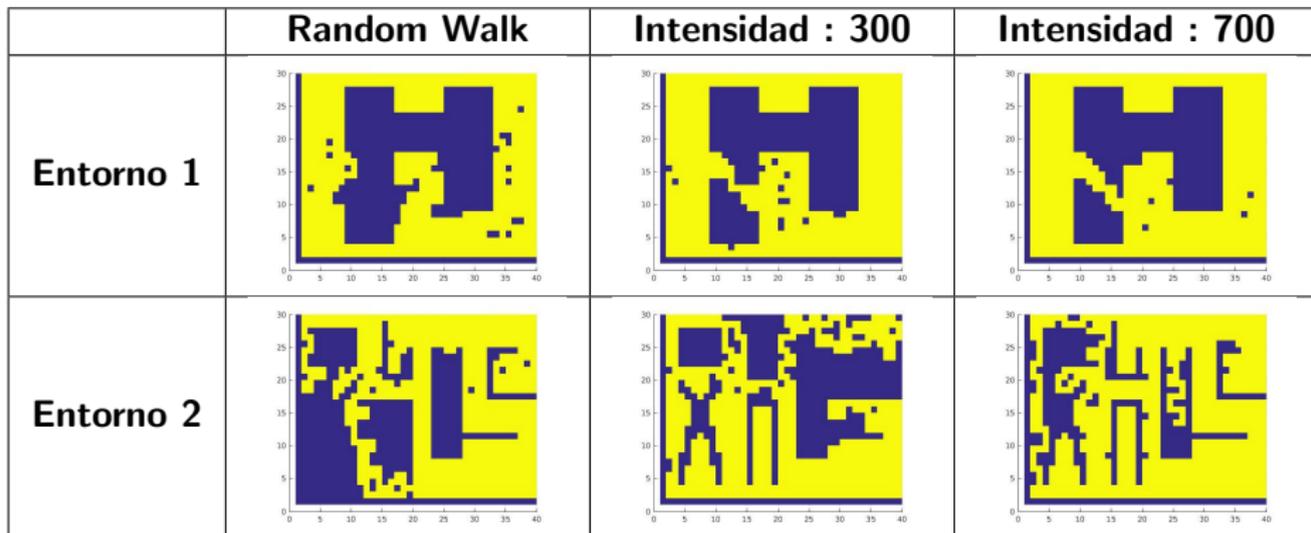
# Exploración

Simulación

TEC | Tecnológico  
de Costa Rica

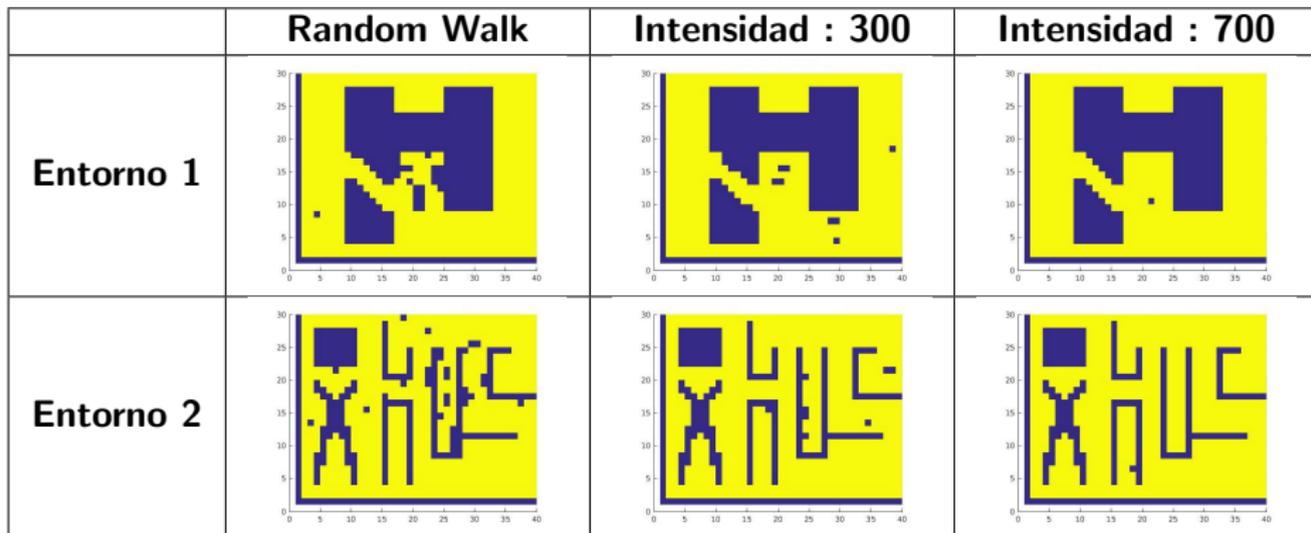
# Resultados

## 200 Iteraciones



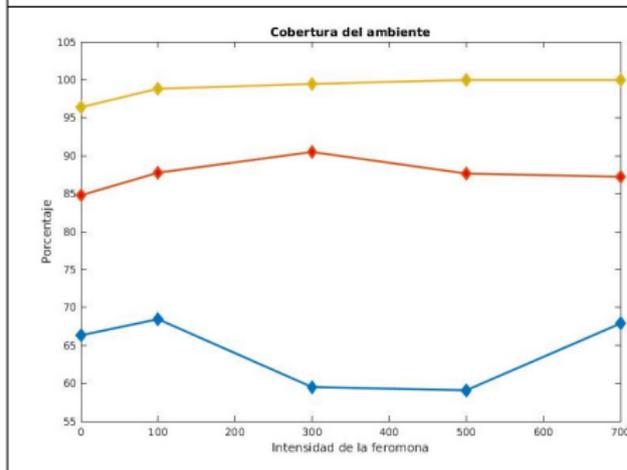
# Resultados de la exploración

## 400 Iteraciones

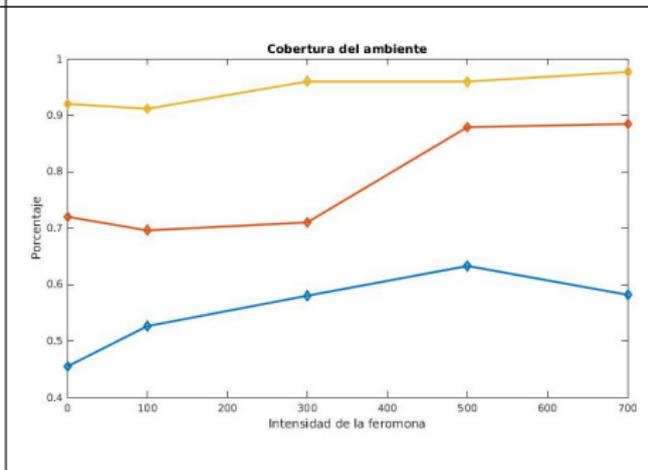


# Resultados cobertura del ambiente

## Entorno 1



## Entorno 2



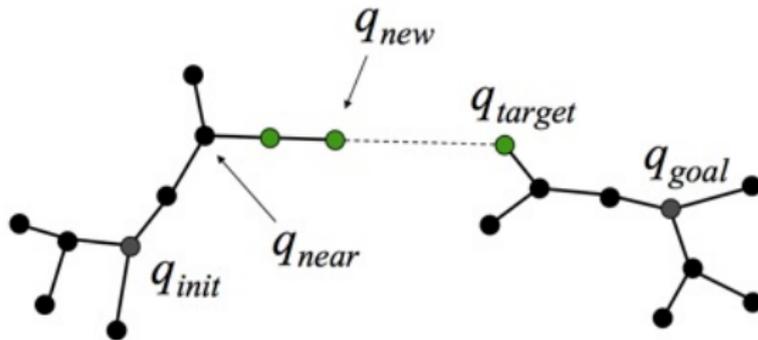
Cantidad de iteraciones

- 100
- 200
- 400

# Determinación de rutas óptimas

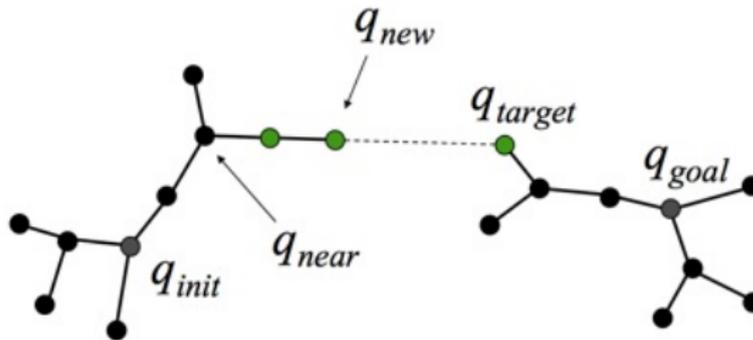
# RRT: Rapidly Exploring Random Trees

Crea un árbol de exploración cuya resolución aumenta en cada iteración. Los vértices del árbol representan las configuraciones obtenidas de manera aleatoria después de comprobar la ausencia de posibles colisiones.



# RRT: Rapidly Exploring Random Trees

Crea un árbol de exploración cuya resolución aumenta en cada iteración. Los vértices del árbol representan las configuraciones obtenidas de manera aleatoria después de comprobar la ausencia de posibles colisiones.



## Búsqueda bidireccional

Trabaja en la generación de dos árboles simultáneamente, uno centrado en el punto inicial y el otro en el punto final.

RRT: corregido y modificado

## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$

## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$
- Detección de obstáculos

## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$
- Detección de obstáculos  $\leftarrow$  Función de cambio de signo

## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$
- Detección de obstáculos  $\leftarrow$  Función de cambio de signo
- Cota superior para la longitud de aristas

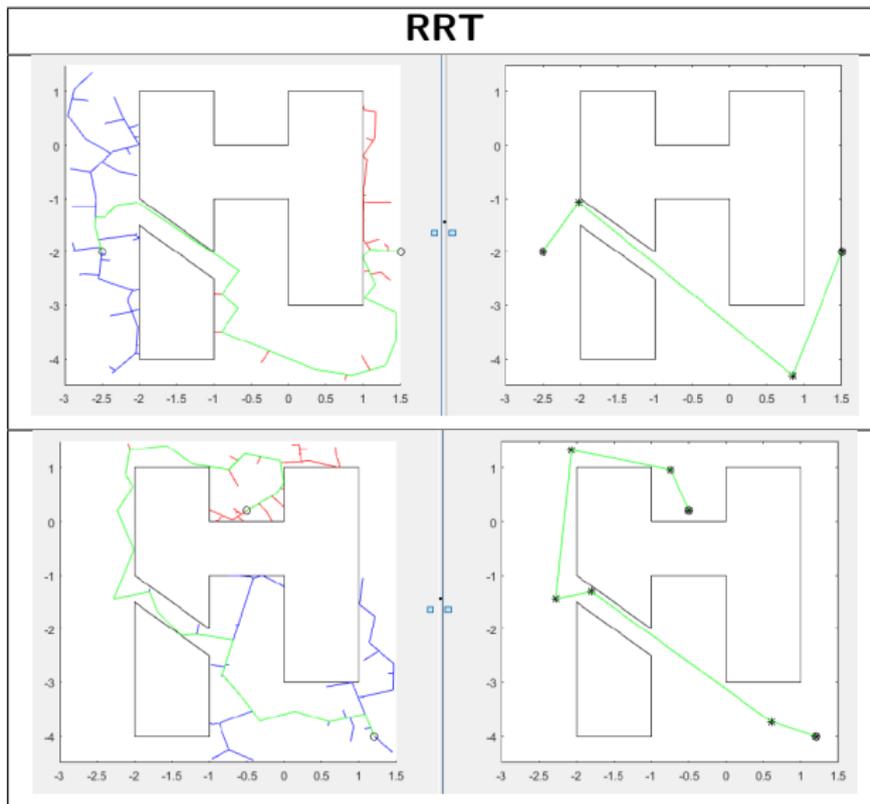
## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$
- Detección de obstáculos  $\leftarrow$  Función de cambio de signo
- Cota superior para la longitud de aristas
- Búsqueda bidireccional balanceada

## RRT: corregido y modificado

- Generación de vértices a una distancia fija  $\varepsilon$
- Detección de obstáculos  $\leftarrow$  Función de cambio de signo
- Cota superior para la longitud de aristas
- Búsqueda bidireccional balanceada

# Resultados



## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio

## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular

## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura

## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura ← Grafo con un vértice en cada celda

## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura ← Grafo con un vértice en cada celda
- Detección de obstáculos

## RRT: corregido y modificado + Discretización

- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura ← Grafo con un vértice en cada celda
- Detección de obstáculos ← Curva de Jordan

## RRT: corregido y modificado + Discretización

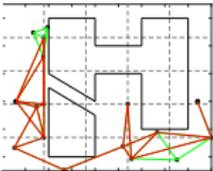
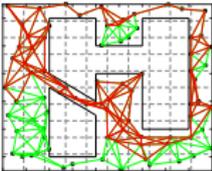
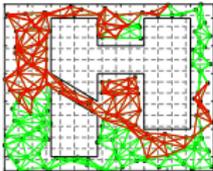
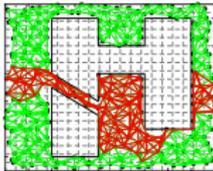
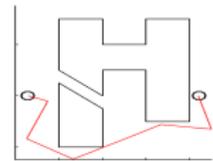
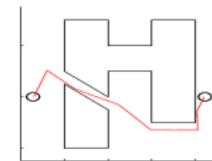
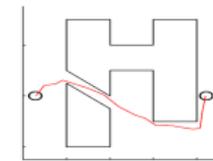
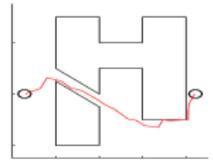
- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura ← Grafo con un vértice en cada celda
- Detección de obstáculos ← Curva de Jordan
- Dijkstra

## RRT: corregido y modificado + Discretización

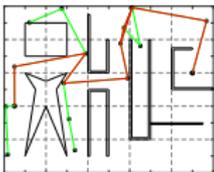
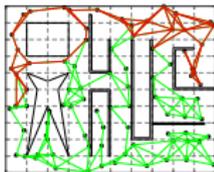
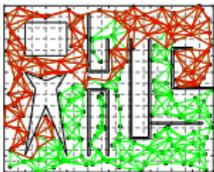
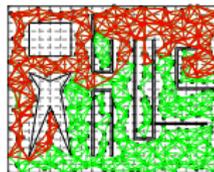
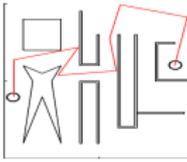
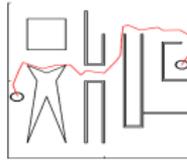
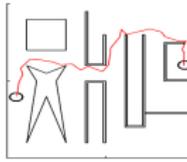
- Discretización del espacio
  - Mallado rectangular
  - Búsqueda de anchura ← Grafo con un vértice en cada celda
- Detección de obstáculos ← Curva de Jordan
- Dijkstra ← Distancia

# Resultados

## Escenario 1. RRT + Discretización

$5 \times 5$	$10 \times 10$	$15 \times 15$	$20 \times 20$
			
			

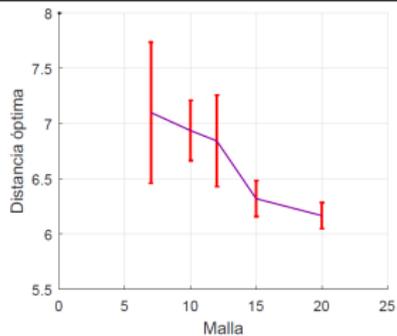
## Escenario 2. RRT + Discretización

$5 \times 5$	$10 \times 10$	$15 \times 15$	$20 \times 20$
			
			

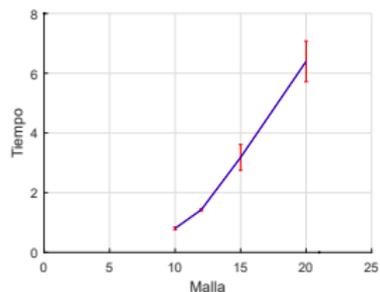
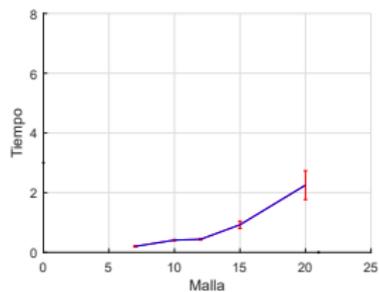
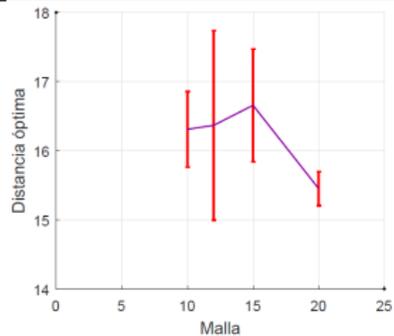
## Resultados

## Gráficos comparativos

Escenario 1



Escenario 2



# Resultados

Generación del grafo y determinación de la ruta óptima con una malla de  $12 \times 12$

# Conclusiones preliminares

## Conclusiones preliminares

- La cantidad de iteraciones, agentes e intensidad de la huella virtual afectan directamente la velocidad de convergencia de los algoritmos de exploración, sin embargo las “cantidades” óptimas dependen de la estructura de ambiente.

## Conclusiones preliminares

- La cantidad de iteraciones, agentes e intensidad de la huella virtual afectan directamente la velocidad de convergencia de los algoritmos de exploración, sin embargo las “cantidades” óptimas dependen de la estructura de ambiente.
- La comunicación, de cualquier tipo, dentro del enjambre permite una mejor convergencia en cuanto al tiempo de duración.

## Conclusiones preliminares

- La cantidad de iteraciones, agentes e intensidad de la huella virtual afectan directamente la velocidad de convergencia de los algoritmos de exploración, sin embargo las “cantidades” óptimas dependen de la estructura de ambiente.
- La comunicación, de cualquier tipo, dentro del enjambre permite una mejor convergencia en cuanto al tiempo de duración.
- Para la garantizar la valoración de todas las posibles rutas es necesaria la discretización del espacio.

## Conclusiones preliminares

- La cantidad de iteraciones, agentes e intensidad de la huella virtual afectan directamente la velocidad de convergencia de los algoritmos de exploración, sin embargo las “cantidades” óptimas dependen de la estructura de ambiente.
- La comunicación, de cualquier tipo, dentro del enjambre permite una mejor convergencia en cuanto al tiempo de duración.
- Para la garantizar la valoración de todas las posibles rutas es necesaria la discretización del espacio.
- La discretización del espacio depende directamente del tipo de obstáculos (habitaciones, pasillos y paredes) del entorno.

## Conclusiones preliminares

- La cantidad de iteraciones, agentes e intensidad de la huella virtual afectan directamente la velocidad de convergencia de los algoritmos de exploración, sin embargo las “cantidades” óptimas dependen de la estructura de ambiente.
- La comunicación, de cualquier tipo, dentro del enjambre permite una mejor convergencia en cuanto al tiempo de duración.
- Para la garantizar la valoración de todas las posibles rutas es necesaria la discretización del espacio.
- La discretización del espacio depende directamente del tipo de obstáculos (habitaciones, pasillos y paredes) del entorno.
- Una malla muy fina, podría no ser necesaria y complicar la selección de la ruta óptima a partir del grafo definido.

# Trabajo en proceso

## Simulación física

## Multiobjetivo

Incluir en la optimización otra función que mida complejidad o gasto de energía de acuerdo al escenario simulado.

# Agradecimientos

- M.Sc. Carlos Salazar-García.
- Asistentes:
  - Timothy Bustillos-Lewis.
  - Fernando Arias-Núñez.
  - Andrey Rojas-Gómez
  - José Pablo Alfaro-Varela.
- VIE.
- Programa eScience.