

# Reto - Reporte de Avance I

Imanol Armando González Solís, Fernando Pérez García,  
Carlos Humberto Martínez Rodríguez, Nicolás Treviño Cuéllar,  
Iván Gerardo Tamez Cavazos  
Equipo II, TC2008B.302  
Tecnologico de Monterrey,  
Monterrey 64700, Mexico,

E-mails: {A00835759, A01285236, A01281715, A01178085, A00835985}@tec.mx

**Resumen**—Este es un breve resumen del proyecto, describiendo el problema, la solución propuesta y los resultados alcanzados.

**Index Terms**—Multiagentes, Modelado Gráfico, Simulación, Unity, Sistemas Multiagente.

la vez además de que pueden trabajar en colaboración para evitar colisiones o atascos. Nuestra simulación debe tomar en cuenta las limitaciones de hardware y el uso de tres robots LGVs moviendo las plataformas con los productos de manera autónoma con rutas óptimas para la gestión de sistemas multiagentes.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad cada vez más compañías tienen la idea de utilizar robots para gestionar de manera automática la entrega y almacenamiento de mercancía. A tal punto de que hoy en día se ve más como una necesidad y no tanto como un lujo, aunque se estima que solamente alrededor del 20 % de los almacenes utilizan sistemas para gestionar y almacenar paquetes.

### I-A. Contexto y Problema

A lo largo de esta unidad de formación estaremos trabajando con el socio formador Electric80. Nuestro reto consistirá en implementar un sistema logístico en un almacén. En el cual se están utilizando robots para así optimizar la gestión de paquetes en el espacio. Se busca que en este almacén se logren almacenar los productos usando racks selectivos en las posiciones cercanas a los pasillos. Los robots con los que trabaja el almacén, son unos vehículos guiados por láser llamados LGVs. Estos robots cuentan con la capacidad de transportar un pallet de un solo producto a

Los abajo firmantes, { Imanol Armando González Solís, Fernando Pérez García, Carlos Humberto Martínez Rodríguez, Nicolás Treviño Cuéllar, Iván Gerardo Tamez Cavazos}, declaramos que hemos cumplido a cabalidad con todos los requerimientos académicos y éticos exigidos por el Tecnológico de Monterrey. Afirmamos que nuestro trabajo en este proyecto ha sido realizado con respeto, honestidad y profesionalismo, en colaboración plena con el equipo, sin que haya existido ningún tipo de conflicto de interés o personal que afecte nuestra participación o la del equipo en conjunto. Este reporte ha sido firmado el día 10 de noviembre de 2024.

Imanol

Fernando

Carlos

Nicolás

Iván

### I-B. Objetivos generales

A continuación se listan los objetivos del proyecto:

- Definir los agentes, roles, y relaciones en el entorno de simulación, considerando los requisitos de interacción y limitaciones específicas del hardware.
- Implementar una primera versión de la simulación, enfocándonos en la lógica básica de los movimientos de los robots y la gestión de los pallets en el sistema de racks.
- Combinar los módulos del sistema y realizar pruebas para verificar que los agentes interactúan correctamente y cumplen con los requisitos del reto.
- Crear una representación gráfica en 3D de la simulación, donde se pueda observar la interacción de los agentes en tiempo real.

### I-C. Restricciones

Mencione las restricciones que presenta el sistema, como direcciones de calles, tiempos de semáforos, tipos de estacionamiento, entre otros.

### I-D. Resumen de la solución propuesta

Describe brevemente la solución propuesta. Esta descripción debe tener más detalles que el resumen.

## II. FUNDAMENTOS

Se deben describir muy brevemente los conceptos fundamentales utilizados para la realización del proyecto. Es importante no olvidar citar los trabajos consultados.

## II-A. Ecuación de Bellman

La ecuación de Bellman, dada por

$$Q(s, a) = r(s, a) + \gamma \sum_{s'} P(s'|s, a) \max_{a'} Q(s', a'), \quad (1)$$

expresa el valor esperado de tomar una acción  $a$  en un estado  $s$ , seguida de la mejor política posible en los estados futuros. Aquí,  $r(s, a)$  es la recompensa inmediata al realizar la acción  $a$  en el estado  $s$ ,  $\gamma$  es el factor de descuento que pondera las recompensas futuras,  $P(s'|s, a)$  es la probabilidad de transición del estado  $s$  al estado  $s'$  dado que se toma la acción  $a$ , y  $\max_{a'} Q(s', a')$  es el valor máximo futuro esperado del mejor  $Q$ -valor posible en el estado  $s'$ .

Esta ecuación es fundamental en los métodos de optimización de políticas, como Q-learning, donde se busca maximizar la suma de recompensas futuras.

## III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MULTIAGENTE

### III-A. Modelo de los Agentes

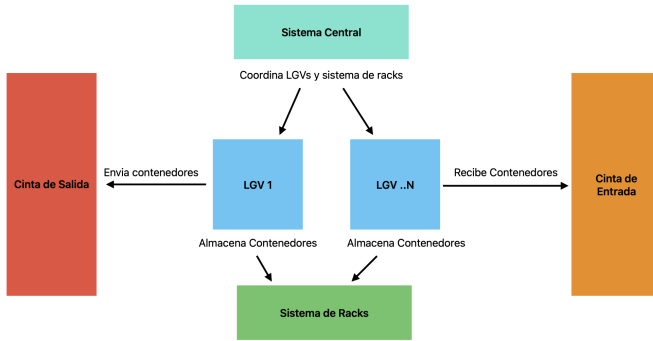


Figura 1: Diagrama del modelo de agentes

*Robots LGV:*

- Pueden mover pallets en todas las direcciones.
- Detección de obstáculos con sensores.
- Capacidad para decidir rutas óptimas.

*Sistema de racks:*

- Almacena los pallets en posiciones específicas.
- Capacidad limitada de paquetes por nivel de rack.

*Sistema de carga de batería:*

- Velocidad de recarga definida.
- Permiten cargar los robots cuando bajan de cierto porcentaje de energía.

*Cinta transportadora de entrada:*

- Introduce pallets al sistema.

*Racks de flujo por gravedad:*

- Facilitan el flujo de salida.

### III-B. Modelo del Entorno

En la figura 2 se muestra el entorno mapeado utilizando python.

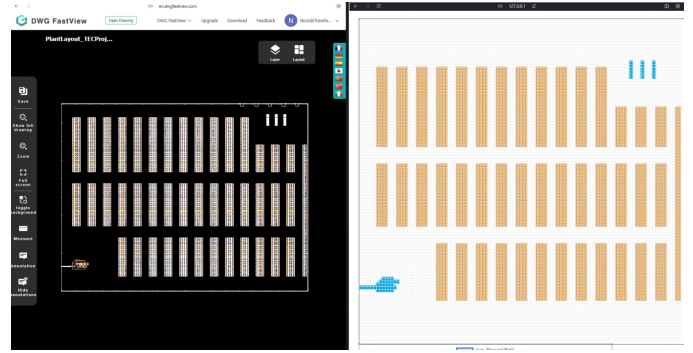


Figura 2: Diagrama del modelo del entorno

### III-C. Modelo de la Negociación

Describe cómo los agentes interactúan, el tipo de mensajes que intercambian, y si se utilizan subastas, votaciones, etc. Incluya un diagrama de comunicaciones.

### III-D. Modelo de la Interacción

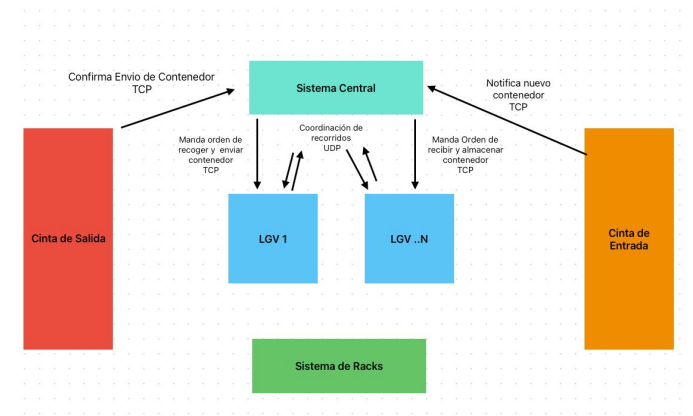


Figura 3: Diagrama de interacción entre los agentes

## IV. DESCRIPCIÓN DEL MODELADO GRÁFICO

### IV-A. Escena a Modelar

Presente un borrador de la escena a modelar, seguido de la versión final en Unity. Compare las expectativas con el resultado real. No olvide incluir gráficos y ecuaciones que faciliten la interpretación del modelo propuesto.

## V. ALGORITMO A\*

Se muestra el Pseudocódigo ?? a título de ejemplo de cómo se incluye la descripción de un algoritmo utilizado para dar solución al reto.

### V-A. Componentes Gráficos

- **Nombre del Componente 1:** Breve descripción y fuente. Se debe hacer referencia a su imagen correspondiente en la Figura ??

---

**Pseudocódigo 1** Algoritmo de Búsqueda A\*

---

**Require:** Grafo  $G = (V, E)$ , nodo inicial  $s$ , nodo objetivo  $g$ , función heurística  $h(n)$

**Ensure:** Camino más corto desde  $s$  hasta  $g$

```

1: Inicializar la lista abierta  $\mathcal{O} \leftarrow \{s\}$ 
2: Inicializar la lista cerrada  $\mathcal{C} \leftarrow \emptyset$ 
3: Establecer  $g(s) \leftarrow 0$ ,  $f(s) \leftarrow h(s)$ , y el padre de  $s$  como nulo
4: while  $\mathcal{O} \neq \emptyset$  do
5:   Seleccionar  $n \in \mathcal{O}$  como el nodo con el menor  $f(n)$ 
6:   if  $n = g$  then
7:     return Reconstruir el camino desde  $s$  hasta  $g$ 
8:   Eliminar  $n$  de  $\mathcal{O}$  y añadir  $n$  a  $\mathcal{C}$ 
9:   for cada vecino  $m$  de  $n$  do
10:    if  $m \in \mathcal{C}$  then
11:      Continuar con el siguiente vecino
12:    Calcular  $g(m)$  tentativo  $\leftarrow g(n) + \text{coste}(n, m)$ 
13:    if  $m \notin \mathcal{O}$  o  $g(m)$  es menor que el  $g(m)$  anterior then
14:      Asignar el padre de  $m$  a  $n$ 
15:      Establecer  $g(m) \leftarrow g(n) + \text{coste}(n, m)$ 
16:      Establecer  $f(m) \leftarrow g(m) + h(m)$ 
17:      if  $m \notin \mathcal{O}$  then
18:        Añadir  $m$  a  $\mathcal{O}$ 
19: return Fracaso, no se encontró ningún camino

20: procedure RECONSTRUIR CAMINO( $g$ )
21:   Inicializar el camino como una lista vacía
22:   Establecer el nodo actual como  $g$ 
23:   while el nodo actual tiene un padre do
24:     Insertar el nodo actual al inicio del camino
25:     Establecer el nodo actual como el padre del nodo actual
26:   Insertar  $s$  al inicio del camino
27:   return camino

```

---

Figura 4: Componente gráfico 1

### V-B. Prefabs

- **Nombre del Prefab:** Breve descripción de la funcionalidad y los scripts utilizados. Utilice el mismo estilo que en la Sección ??

### V-C. Scripts

Describe cada script y sus interacciones con otros elementos del proyecto. Incluya la fuente si se reutilizó código. Utilice el mismo formato que en el Pseudocódigo ??.

## VI. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

- Vínculo al Product Backlog
- Vínculo al Sprint Backlog

## VII. RESULTADOS

Presente los resultados obtenidos en la simulación, comparando con los objetivos propuestos. Incluir gráficos o tablas si es necesario.

## VIII. CONCLUSIÓN

Resuma los principales hallazgos del proyecto y la efectividad de la solución propuesta. Comente posibles mejoras y limitaciones encontradas.

## IX. TRABAJO FUTURO

Mencione posibles direcciones para continuar el desarrollo del proyecto en el futuro, basándose en las limitaciones observadas.