



Tecnológico de Monterrey

MAS1. Implementación de Agentes Inteligentes con AgentPy

**Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales
(Gpo 570)**

A00572499-Santiago Gutierrez

A00832425 - Daniel Rubies Isla

A01252831 - Luis Carlos Rico Almada

A00837426 - Pedro Gabriel Sánchez Valdez

Equipo 5

Enero de 2025

Repositorio: [santigugon/reto-multiagentes](#)

Descripción del reto a desarrollar.

Durante este periodo, el proyecto se centrará en el desarrollo de una simulación realista que modele el tránsito de peatones y vehículos en un entorno urbano dinámico y multifacético. La simulación estará diseñada para replicar las complejas interacciones que ocurren en una calle típica, incluyendo elementos críticos como pasos peatonales, semáforos, zonas de cruce no reguladas y comportamientos que desafían las normas de tránsito, como peatones que cruzan en áreas no permitidas.

En este reto, los peatones serán agentes autónomos con objetivos claros, como desplazarse de un punto de inicio a un destino específico. Cada peatón tomará decisiones basadas en factores como la proximidad de pasos peatonales, la densidad del tráfico, la presencia de semáforos y las situaciones de riesgo. Algunos peatones seguirán las reglas estrictamente, utilizando los pasos peatonales y respetando las señales de tránsito, mientras que otros adoptarán comportamientos más impredecibles, cruzando en áreas no señalizadas o ignorando los semáforos.

Por otro lado, los vehículos no tendrán metas específicas, pero estarán programados para seguir patrones de tráfico comunes, incluyendo detenciones en semáforos, aceleraciones y respuestas ante obstáculos imprevistos, como peatones que irrumpen en su camino. Estos vehículos servirán como elementos clave para generar situaciones de interacción y desafío, obligando a los peatones y conductores virtuales a tomar decisiones tanto reactivas como proactivas para evitar accidentes y garantizar el tránsito seguro.

La simulación también incluirá elementos adicionales del entorno urbano, como:

- **Semáforos peatonales y vehiculares:** Para evaluar cómo las señales de tránsito influyen en el flujo de peatones y vehículos.
- **Zonas de cruce reguladas y no reguladas:** Para observar cómo los peatones interactúan con vehículos en diferentes contextos.
- **Densidad variable de tráfico:** Para explorar escenarios desde calles tranquilas hasta intersecciones congestionadas.
- **Entornos dinámicos:** Con eventos imprevistos como vehículos detenidos o peatones que cambian de rumbo repentinamente.

El proyecto se desarrollará en **Unity**, una plataforma que permitirá crear un entorno 3D detallado y personalizable. Unity ofrecerá la posibilidad de programar comportamientos específicos para los agentes, diseñar un entorno urbano realista y establecer reglas dinámicas que modelen situaciones de tránsito complejas. A través de esta herramienta, se espera obtener datos precisos sobre las interacciones entre peatones y vehículos, incluyendo:

- **Tiempos de espera y cruces seguros.**
- **Frecuencia de incidentes en áreas no reguladas.**

- **Efectividad de los pasos peatonales y semáforos en la reducción de riesgos.**

Este reto busca no solo desarrollar una simulación funcional, sino también fomentar la reflexión sobre temas como la seguridad vial, el diseño inclusivo y las estrategias para mitigar conflictos en la movilidad urbana. Al aplicar conceptos de simulación multiagente, inteligencia artificial y diseño de entornos urbanos, tendremos la oportunidad de experimentar con soluciones innovadoras para mejorar la convivencia entre peatones y vehículos.

Al finalizar el semestre, se espera que la simulación proporcione insights valiosos que puedan aplicarse en la planificación de ciudades más seguras, accesibles y sostenibles. Este proyecto no solo representa un desafío técnico, sino también una oportunidad para explorar cómo los avances en simulación pueden influir en el diseño de políticas públicas y en la mejora de la calidad de vida urbana.

Identificación de los agentes involucrados. Al respecto, se espera que identifiques de manera completa los agentes y las posibles relaciones entre los mismos.

- Diagrama de clase presentando los distintos agentes involucrados.
- Diagrama de protocolos de interacción.

Investigación:

¿Cómo puede la simulación de multiagentes ayudar a los problemas de movilidad urbana?

generar PPT y generar video

La Simulación de Multiagentes como Herramienta para Resolver Problemas de Movilidad Urbana

La movilidad urbana enfrenta desafíos complejos debido al aumento de la urbanización, la congestión vial y la necesidad de sostenibilidad. La **simulación de multiagentes (MAS)** ofrece un enfoque innovador para analizar, planificar y optimizar sistemas de transporte urbano al modelar el comportamiento de los distintos actores en un entorno virtual dinámico y adaptativo.

1. ¿Qué es la Simulación de Multiagentes?

La simulación de multiagentes implica el uso de agentes autónomos (conductores, peatones, ciclistas, vehículos, etc.) que interactúan entre sí y con su entorno en una representación digital de la ciudad. Cada agente está programado con reglas específicas que reflejan su

comportamiento en el mundo real, como la elección de rutas, preferencias y reacciones a estímulos externos.

Principales características:

Autonomía: Cada agente toma decisiones de forma independiente.

Interacción: Los agentes interactúan entre sí y con elementos del entorno (semáforos, señales, carreteras).

Entorno dinámico: La simulación replica condiciones cambiantes del tráfico y la infraestructura.

2. Beneficios de la Simulación de Multiagentes

a) Modelado del Comportamiento Humano y Urbano

Representa cómo los individuos toman decisiones en tiempo real frente a congestiones, restricciones de tráfico o cambios en la infraestructura.

Permite capturar patrones de movilidad y uso del transporte público o privado.

b) Optimización del Tráfico

Identifica cuellos de botella y analiza cómo distintas estrategias (semaforización inteligente, desvíos, rutas alternativas) impactan el flujo vehicular.

Prueba soluciones sin necesidad de experimentos costosos o disruptivos en el mundo real.

c) Evaluación de Políticas Públicas

Simula escenarios futuros para prever los efectos de políticas como restricciones vehiculares, impuestos por congestión o incentivos para el transporte sostenible.

Ayuda a evaluar proyectos de infraestructura antes de su implementación, reduciendo riesgos y costos.

d) Promoción de la Movilidad Sostenible

Estudia el impacto de medidas como carriles exclusivos para bicicletas o autobuses, peatonalización y promoción de vehículos eléctricos.

Modela la adopción de transporte compartido y su influencia en la reducción de emisiones de carbono.

e) Resiliencia y Gestión de Emergencias

Permite planificar respuestas a desastres naturales, accidentes o eventos masivos mediante simulaciones de evacuación y gestión de crisis.

3. Aplicaciones Prácticas

a) Planificación Urbana

Diseña ciudades más conectadas, con transporte público eficiente y mejores espacios para peatones y ciclistas.

Ayuda a ubicar estaciones de transporte, carriles y áreas de carga.

b) Sistemas de Transporte Público

Optimiza rutas, horarios y frecuencias de autobuses y trenes para maximizar el uso y reducir los tiempos de espera.

c) Gestión del Tráfico

Implementa tecnologías como sistemas de tráfico inteligentes y vehículos autónomos que interactúan eficazmente con su entorno.

d) Simulación de Nuevas Tecnologías

Evalúa la introducción de vehículos autónomos y cómo podrían integrarse en los sistemas existentes.

4. Ejemplos de Éxito

Singapur: Implementó MAS para analizar y gestionar impuestos por congestión y sistemas de transporte inteligente.

Londres: Usó simulaciones para optimizar la red de transporte público y reducir tiempos de viaje durante los Juegos Olímpicos de 2012.

Ámsterdam: Utilizó simulaciones para diseñar infraestructura ciclista y peatonal más eficiente.

5. Retos y Futuro de MAS en Movilidad Urbana

Complejidad Computacional: Las simulaciones requieren grandes capacidades de procesamiento para replicar ciudades enteras.

Precisión de Datos: Dependen de datos precisos y actualizados para ser efectivas.

Adopción Política y Social: Las decisiones basadas en simulaciones deben ser aceptadas por los ciudadanos y responsables políticos.

Infraestructura Urbana y Movilidad

La infraestructura urbana es un pilar fundamental para garantizar una movilidad eficiente y segura, pero en muchas ciudades mexicanas, su diseño y mantenimiento se han centrado históricamente en favorecer al automóvil. Esto ha dejado a peatones, ciclistas y usuarios del transporte público en una posición de desventaja. Las calles están diseñadas para maximizar la circulación vehicular, mientras que las banquetas son frecuentemente insuficientes o están invadidas por mobiliario urbano, comercio informal o vehículos estacionados. Esta situación obliga a los peatones a desplazarse cerca del flujo vehicular, aumentando los riesgos de accidentes y desincentivando el uso del transporte a pie.

La simulación de multiagentes ofrece una oportunidad para reimaginar esta realidad. Por medio de la modelación de flujos de personas y vehículos, es posible identificar puntos críticos en la infraestructura urbana que requieren atención. Por ejemplo, como se mencionó anteriormente se pueden simular escenarios donde las banquetas son ampliadas o se introducen carriles exclusivos para bicicletas, evaluando el impacto de estas modificaciones en tiempo real antes de ejecutarlas. Además, las simulaciones pueden ayudar a diseñar espacios urbanos más inclusivos, garantizando que todos los usuarios, independientemente de su medio de transporte, tengan acceso seguro y eficiente a las vías urbanas.

El Impacto Ambiental del Uso del Automóvil

El crecimiento acelerado en el uso del automóvil en México ha traído consigo consecuencias graves para el medio ambiente. Entre 1990 y 2010, los kilómetros recorridos por automóviles en el país se triplicaron, lo que ha contribuido significativamente a la contaminación del aire en las principales ciudades. Las partículas contaminantes generadas por los vehículos, como las PM2.5 y PM10, están vinculadas a un aumento en enfermedades respiratorias y cardiovasculares, afectando la calidad de vida de millones de personas. Además, el ruido vehicular y el fenómeno de islas de calor son problemas adicionales que se agravan con el tráfico constante.

Frente a esta problemática, las simulaciones de multiagentes pueden ser una herramienta clave para evaluar el impacto de medidas que busquen reducir el uso del automóvil. Escenarios como la implementación de impuestos por congestión, la restricción vehicular en

ciertas zonas o la promoción de alternativas sostenibles, como bicicletas o transporte público eléctrico, pueden ser modelados para prever sus beneficios en la calidad del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero. De igual manera, las simulaciones permiten analizar la efectividad de nuevas tecnologías, como la introducción de flotas de autobuses eléctricos, evaluando su potencial para transformar la movilidad urbana en un sistema más amigable con el medio ambiente.

Movilidad Inclusiva y el Derecho al Desplazamiento

La movilidad urbana no solo se trata de llegar del punto A al punto B; también es un derecho que debe garantizarse para todos los ciudadanos, independientemente de sus capacidades físicas, sensoriales o cognitivas. Sin embargo, en México, las personas con discapacidades enfrentan enormes barreras para desplazarse por las ciudades. Rampas inadecuadas, banquetas obstruidas y cruces inseguros son obstáculos que limitan su autonomía y dificultan su acceso a servicios básicos como hospitales o centros de rehabilitación.

La simulación de multiagentes puede abordar estas desigualdades al modelar cómo interactúan distintos usuarios en el entorno urbano, desde personas con discapacidades hasta ciclistas y peatones. Por ejemplo, es posible analizar la efectividad de instalar semáforos acústicos en cruces concurridos o diseñar rutas accesibles hacia hospitales. De esta manera, se pueden priorizar inversiones en infraestructura que realmente respondan a las necesidades de los sectores más vulnerables, garantizando su derecho a una movilidad segura y autónoma.

Hacia una Movilidad Sostenible

La sostenibilidad se ha convertido en un objetivo clave para las ciudades modernas, y la movilidad urbana es un área donde este enfoque resulta especialmente relevante. La dependencia excesiva del automóvil no solo afecta al medio ambiente, sino que también contribuye a la congestión y reduce la calidad de vida en las ciudades. Por ello, promover alternativas como caminar, andar en bicicleta y usar transporte público es fundamental para avanzar hacia sistemas de movilidad más equilibrados.

Las simulaciones de multiagentes son una herramienta valiosa para impulsar esta transición. Por ejemplo, pueden modelar el impacto de peatonalizar ciertas calles o de implementar carriles exclusivos para autobuses, evaluando cómo estas medidas afectan los tiempos de traslado y los patrones de tráfico.

El Enfoque Económico de la Movilidad Urbana

Además de los problemas sociales y ambientales, la ineficiencia en la movilidad urbana tiene un alto costo económico. El tiempo perdido en el tráfico representa millones de horas-hombre

desaprovechadas, afectando directamente la productividad de las personas y las empresas. Asimismo, la congestión vehicular aumenta los costos operativos de transporte de mercancías y genera un desgaste acelerado en la infraestructura vial.

Las simulaciones multiagentes permiten abordar este problema desde una perspectiva económica al modelar el impacto de políticas como los peajes urbanos o la implementación de vías rápidas. Estos análisis ayudan a evaluar los beneficios económicos de proyectos masivos de infraestructura, como nuevas líneas de metro, y permiten identificar las estrategias más rentables para optimizar los sistemas de transporte. De esta forma, las ciudades pueden tomar decisiones informadas que no solo mejoren la movilidad, sino que también impulsen el desarrollo económico.

Conclusión: Un Futuro Basado en Datos y Modelos

La simulación de multiagentes no es solo una herramienta técnica, sino una oportunidad para transformar la forma en que entendemos y solucionamos los problemas de movilidad urbana. Al combinar aspectos sociales, ambientales y económicos en modelos dinámicos, estas simulaciones permiten diseñar políticas e infraestructuras que respondan a las necesidades reales de las ciudades mexicanas. Con un enfoque inclusivo y sostenible, la movilidad puede convertirse en un motor para mejorar la calidad de vida y el desarrollo urbano, haciendo de nuestras ciudades espacios más habitables y equitativos.

Referencias:

Krajzewicz, D., et al. (2012). "Recent Development and Applications of SUMO – Simulation of Urban MObility."

Balmer, M., et al. (2008). "MATSim-T: A Framework for Integrating Activity-Based Models and Multiagent Simulations."

Batty, M. (2013). "The New Science of Cities."

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Desarrollar una simulación realista y funcional en Unity que modele las interacciones entre peatones y conductores en un entorno urbano, considerando una amplia variedad de comportamientos y situaciones inesperadas para analizar y mejorar la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la dinámica de movilidad urbana.

A continuación se detallan los objetivos específicos con distintas prioridades, donde, cada prioridad dependerá del tiempo y desarrollo del proyecto, dando mayor atención a aquellas que nos garanticen cumplir con lo esperado pero añadiendo algunas que nos den una mejor perspectiva y entendimiento del problema.

P0- Fundamental

P1- Muy valiosa

P2- Interesante

Objetivos Específicos

Diseñar comportamientos variados para peatones que reflejen situaciones del mundo real:

- Peatones distraídos que caminan mientras usan dispositivos móviles. **P1**
- Peatones que cambian de dirección abruptamente debido a obstáculos o decisiones de última hora. **P2**
- Peatones que cruzan en áreas no reguladas, ignorando pasos peatonales o semáforos. **P0**

Métricas de medición:

- Tasa de incidentes (choques o conflictos) generados por peatones distraídos.
- Porcentaje de peatones que cambian de dirección durante su trayectoria y el impacto en su seguridad.
- Número de cruces fuera de áreas reguladas comparado con los cruces seguros y la cantidad de tiempo que se ahorran a la vez que el porcentaje de riesgo que aumenta.

Implementar comportamientos realistas en los conductores:

- Conductores que respetan las normas de tránsito y dan prioridad a los peatones en los pasos peatonales. **P0**
- Conductores distraídos que reaccionan tarde ante peatones o señales. **P2**
- Conductores que no respetan semáforos o pasos de peatones. **P1**

Métricas de medición:

- Tiempo de respuesta promedio de los conductores ante la aparición de peatones en su trayectoria.
- Porcentaje de conductores que respetan las normas en pasos peatonales y semáforos y su impacto en la seguridad y eficiencia en el transporte.

- Frecuencia de incidentes provocados por conductores distraídos o que infrinjan normas y los que no.

Simular escenarios urbanos con variaciones en la infraestructura y el entorno:

- Semáforos que se descomponen o presentan fallas (como luces intermitentes). **P2**
- Calles con alta densidad de tráfico y zonas peatonales congestionadas. **P1**
- Áreas sin infraestructura adecuada para cruces seguros. **P0**

Métricas de medición:

- Tiempo promedio de espera de peatones en cruces regulados frente a semáforos descompuestos.
- Tasa de incidentes en áreas sin infraestructura adecuada comparado con zonas con pasos peatonales.
- Fluctuaciones en el flujo vehicular ante escenarios de fallas en semáforos.

Incorporar comportamientos proactivos y reactivos en peatones y conductores:

- Peatones que toman decisiones proactivas al buscar cruces seguros. **P0**
- Conductores que reaccionan de manera anticipada al detectar peatones en áreas críticas. **P0**
- **Métricas de medición:**
 - Tasa de éxito en decisiones proactivas de los peatones al evitar áreas de riesgo.
 - Tiempo promedio de reacción de conductores frente a peatones en situaciones imprevistas y comparación con como se da en la realidad.

Evaluar la efectividad de las medidas de seguridad vial simuladas:

- Uso de semáforos funcionales y su impacto en la reducción de incidentes. **P0**
- Análisis del comportamiento de peatones y conductores ante la ausencia de medidas reguladoras. **P2**

Métricas de medición:

- Comparación de tasas de incidentes en escenarios con y sin medidas de seguridad vial.

- Reducción en el tiempo promedio de cruce para peatones en áreas con semáforos funcionales.

Crear un sistema de registro y análisis de datos dentro de Unity:

- Implementar herramientas para capturar y analizar métricas como velocidades, distancias, tiempos de reacción y tasas de incidentes. **P0**
- Generar reportes que permitan visualizar tendencias y patrones en el comportamiento de peatones y conductores. **P0**

Métricas de medición:

- Precisión y consistencia de los datos recolectados frente a diferentes escenarios.
- Capacidad de generar reportes comparativos entre escenarios simulados.

○ FORTALEZAS, EXPECTATIVAS y ÁREAS DE OPORTUNIDAD DE CADA INTEGRANTE

Santiago:

Fortalezas: Conocimiento en programación en C#. Seguimiento de los proyectos de cerca y pasión por la tecnología. Comunicación y trabajo en equipo. Conocimiento en desarrollo Full-Stack y sobre gráficas computacionales.

Áreas de oportunidad: Dificultad para poder organizar las tareas de forma ordenada. Tomar más dedicación a dejar el código con mejores prácticas y más comprensible para el resto del equipo. Dificultad para explicar conceptos complejos.

Expectativas: Espero generar un proyecto que me permita aprender más sobre Unity, al mismo tiempo que espero tener una experiencia que me permita aprender más sobre multiagentes y de qué manera puedo aplicarlos a proyectos personales. Me gustaría mucho generar un proyecto con un nivel de complejidad medio-alto que simula de manera precisa una ciudad.

Pedro:

Fortalezas: Conocimiento en programación orientada a objetos. Comunicación y organización. Seguimiento de buenas prácticas en la programación. Experiencia en desarrollo de backend

Áreas de oportunidad : Dificultad en el desarrollo de gráficos computacionales. Me tardo mucho en entender un tema complejo, por lo que en ocasiones los tiempos se me complican.

Expectativas: Espero poder aprender sobre el uso de agentPy, suena una librería bastante interesante, al igual que mejorar mi habilidad con C#.

○ **COMPROMISOS Y EXPECTATIVAS COMO EQUIPO**

- **Plan de trabajo y aprendizaje adquirido. En TODAS sus presentaciones deben incluir el plan de trabajo actualizado y el aprendizaje adquirido como equipo. El plan de trabajo debe incluir al menos:**
 - Las actividades pendientes y el tiempo en el que se realizarán.
 - Para las actividades planeadas para la primera revisión, los responsables de llevarlas a cabo, la fecha en las que las realizarán y el intervalo de esfuerzo estimado.