

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Escuela de Ingeniería y Ciencias



TC2008B:Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales

Nombres de los profesores: Francisco Javier Peña Martínez
Alfredo Alan Flores Saldivar

Evidencia 2. Avances y presentación del reto

Equipo 4

Angel Aarón Muñoz Alvarez - A00839825

David Alejandro Hinojosa Pérez - A01571719

Javier Santos Pérez - A01198909

Samantha Abigail Saucedá Treviño - A00840850

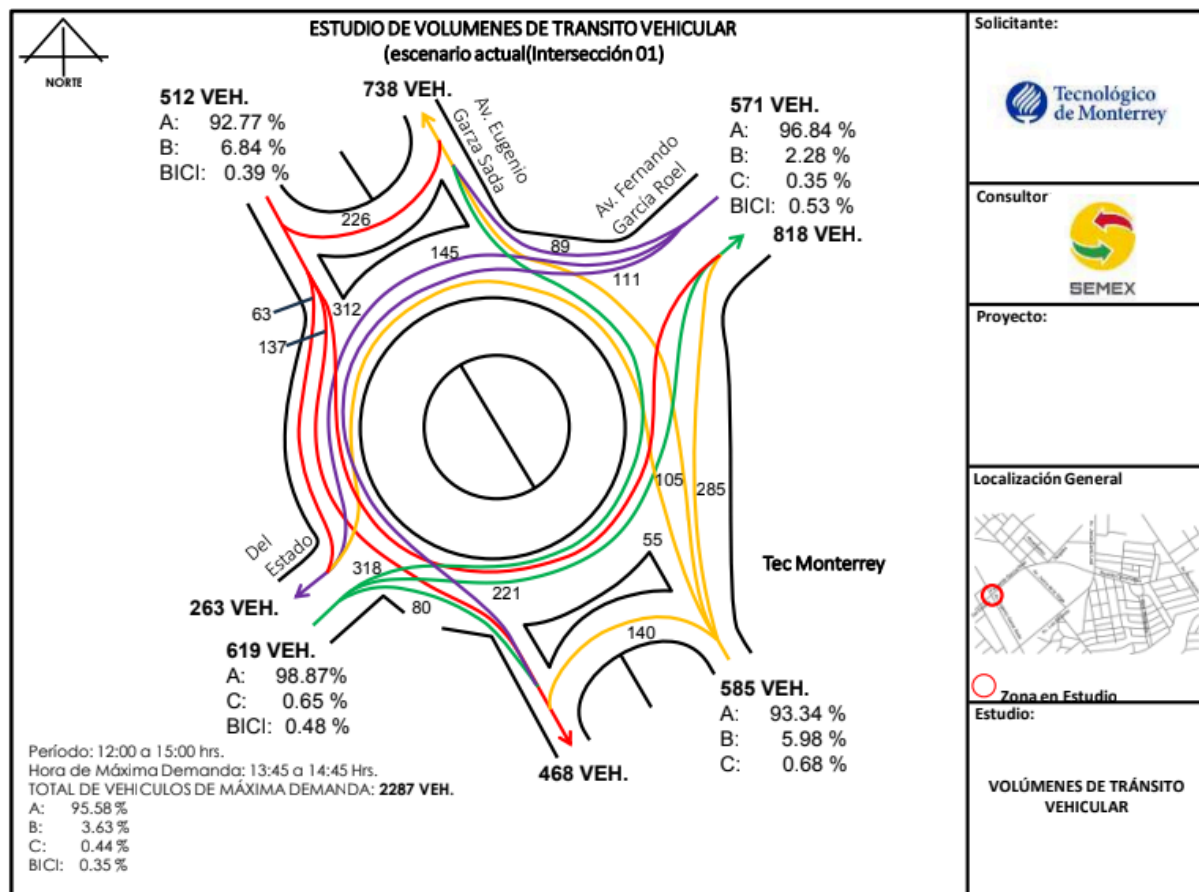
14 Septiembre 2025
Monterrey, Nuevo León

Simulación de Tráfico Vehicular en Rotonda

Av. Eugenio Garza Sada - Av. del Estado - Av. Fernando García Roel

1. Contexto

La rotonda ubicada en el cruce de Avenida del Estado, Fernando García Roel y Eugenio Garza Sada en Monterrey representa un punto conflictivo del sistema vial de la ciudad por diversas razones que impactan significativamente el flujo vehicular y la seguridad de los usuarios.



Datos actuales de la rotonda:

1.1 Problemática Identificada

El área de estudio presenta tres principales desafíos que justifican la implementación de una solución tecnológica:

Alto flujo vehicular La Avenida Eugenio Garza Sada se caracteriza por ser una de las arterias viales más transitadas del sector sur de la ciudad de Monterrey, concentrando un volumen considerable de vehículos durante las horas pico y manteniendo un flujo constante a lo largo del día.

Congestión y demoras La intersección experimenta problemas recurrentes de congestionamiento vehicular debido a la confluencia de tráfico local proveniente de las zonas residenciales y comerciales adyacentes, así como el tráfico de paso que utiliza estas vías como rutas principales de conectividad urbana.

Problemas de seguridad vial La configuración actual de la intersección presenta riesgos significativos para la seguridad de conductores y peatones. La naturaleza de rotonda con movimientos múltiples, combinada con las velocidades relativamente altas que se desarrollan en la Avenida Garza Sada, ha resultado en reportes de accidentes vehiculares y conflictos entre automóviles y peatones.

2. Objetivo

Implementar un sistema de simulación basada en agentes múltiples que modele de manera precisa el comportamiento del tráfico vehicular en la rotonda ubicada en el cruce de Avenida del Estado, Fernando García Roel y Eugenio Garza Sada.

2.1 Propósitos Específicos

La simulación desarrollada busca cumplir con los siguientes objetivos particulares:

Análisis de dinámicas de congestión: Identificar y caracterizar los patrones de flujo vehicular que generan situaciones de congestionamiento en diferentes horarios y condiciones de tráfico.

Identificación de patrones de conflicto: Reconocer los puntos críticos y situaciones específicas que generan interferencias en el flujo normal del tráfico y representan riesgos para la seguridad vial.

Evaluación de estrategias de control vial: Analizar la efectividad de diferentes alternativas de mejora, incluyendo semáforos coordinados, sistemas de prioridad dinámica y propuestas de rediseño de accesos.

2.2 Metas de Mejora

Las intervenciones propuestas tienen como objetivo lograr mejoras cuantificables en los siguientes aspectos:

Reducción de tiempos de espera: Disminuir los períodos de detención de vehículos en la intersección

Mejora del flujo vehicular: Optimizar la capacidad de procesamiento de vehículos por unidad de tiempo

Aumento de la seguridad: Reducir las situaciones de riesgo y potenciales conflictos entre usuarios de la vía

3. Plataformas y Herramientas Utilizadas

Para el desarrollo del presente proyecto se emplearon diversas plataformas tecnológicas que permitieron la creación, implementación y visualización del modelo de simulación.

Tecnologías Implementadas:

- **Python** Plataforma principal para el desarrollo del modelo de simulación basado en agentes múltiples
- **Google Colab** Entorno de desarrollo y ejecución con infraestructura computacional
- **Unity** Creación del modelo tridimensional y visualización interactiva
- **Google Maps** Fuente de referencia geográfica para configuración exacta

4. Modelo en Python

El desarrollo del modelo de simulación se basó en la implementación de un sistema multiagente que replica las condiciones reales de tráfico en la intersección estudiada.

4.1 Parámetros de Flujo de Tráfico

Los parámetros fundamentales del modelo se establecieron con base en observaciones del comportamiento real del tráfico en la intersección:

Tasas de Llegada vehicular por dirección:

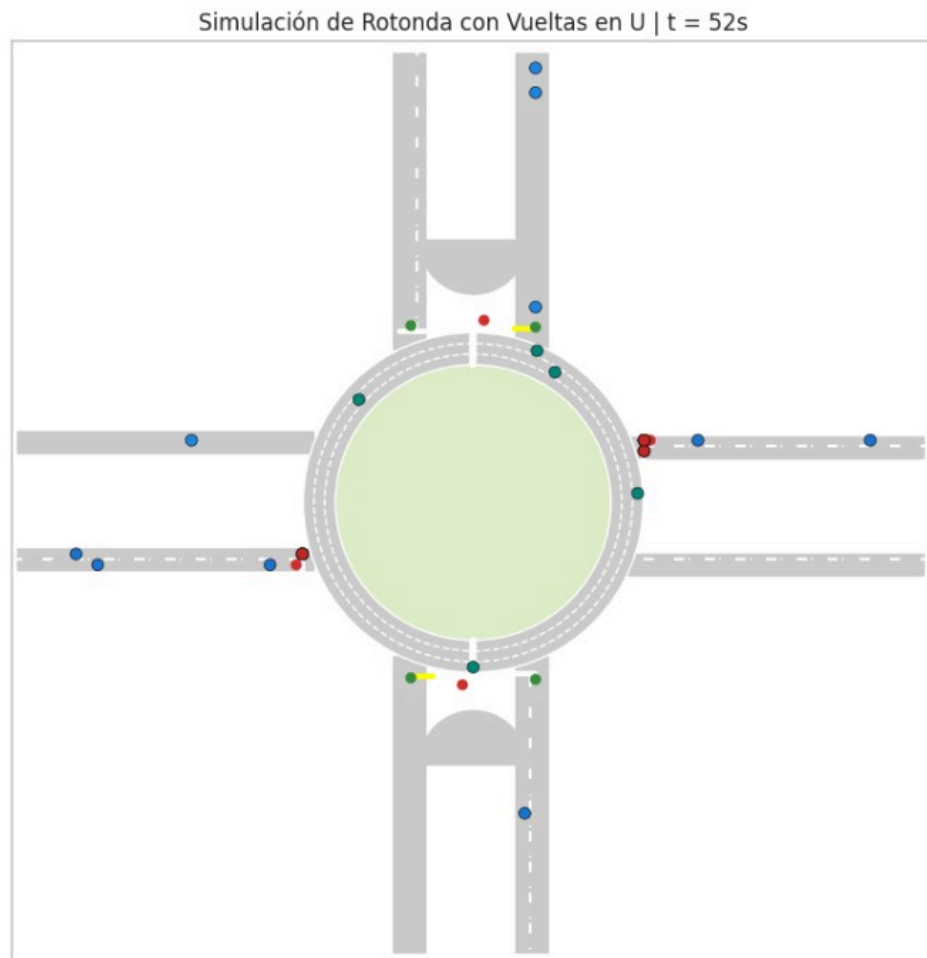
- **Norte (λ_N):** 1.032 vehículos/segundos
- **Sur (λ_S):** 1.282 vehículos/segundos
- **Este (λ_E):** 0.986 vehículos/segundos
- **Oeste (λ_W):** 1.444 vehículos/segundos

Parámetros de comportamiento vehicular:

u_turn_prob: 0.3 (Probabilidad de que un vehículo realice una vuelta en U)

Configuración de semáforos:

- **Luz Verde Mínima:** 15 segundos
- **Luz Verde Máxima:** 60 segundos
- **Luz Amarilla:** 3 segundos
- **Todas en Rojo:** 1 segundo



4.2 Integración Python-Unity

El proceso de transferencia de datos del modelo en Python hacia la visualización en Unity se realizó mediante la generación de archivos CSV que contienen toda la información necesaria para reproducir la simulación de manera offline.

Se desarrolló un modelo tridimensional en Unity basado en la configuración real de la rotonda, utilizando los archivos CSV generados por el modelo de Google Colab

para transferir los datos de simulación y crear una representación visual precisa del comportamiento vehicular.

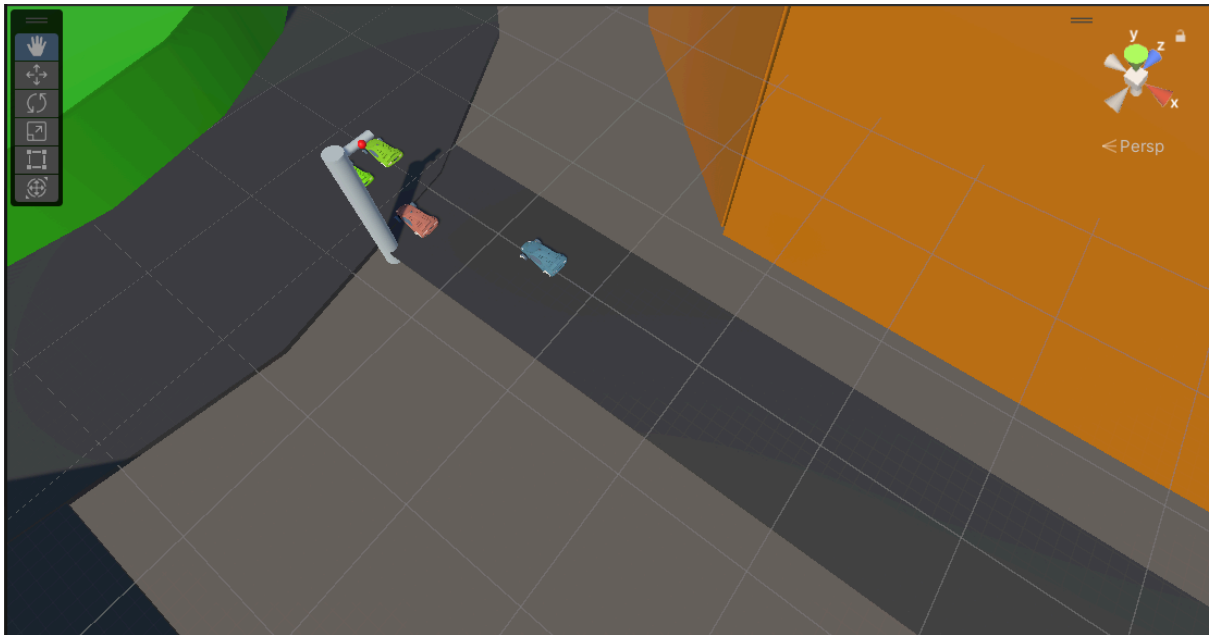
4.3 Integración con Unity

Unity se utilizó como plataforma de visualización tridimensional para representar de manera realista el comportamiento del tráfico en la rotonda. El modelo de Python generaba archivos CSV con información sobre posiciones, tiempos y estados de los vehículos, los cuales eran importados en Unity para recrear la simulación en un entorno interactivo.

Dentro de Unity, cada vehículo fue representado mediante prefabs que recibían los datos del simulador y se desplazaban siguiendo trayectorias predefinidas (waypoints) correspondientes a los accesos y salidas de la rotonda. Asimismo, se programó la lógica para que los vehículos respetaran las señales semafóricas, rotaran de acuerdo a su dirección de movimiento y se eliminaran una vez alcanzado su destino, garantizando así una representación más limpia y realista de la circulación.

La ventaja principal de usar Unity es en la capacidad de visualizar en tiempo real los resultados del modelo multiagente, facilitando la identificación de patrones de congestión, flujos críticos y puntos de riesgo. Además, permite experimentar con diferentes configuraciones de semáforos y accesos de forma visual e intuitiva, convirtiéndose en una herramienta valiosa tanto para el análisis técnico como para la comunicación de resultados a un público no especializado.





5. Metodología

La metodología implementada en este proyecto se fundamenta en principios de optimización del tráfico vehicular que buscan superar las limitaciones de los sistemas tradicionales de control semafórico.

5.1 Enfoque de Optimización

Limitaciones de sistemas tradicionales Los semáforos convencionales operan con ciclos fijos predeterminados, lo que no permite adaptación a las condiciones variables del tráfico en tiempo real.

Estrategia de mejora El modelo desarrollado busca lograr mayor fluidez vehicular y reducción de congestión mediante la implementación de estrategias aproximadas que, sin requerir cálculos exactos complejos, permiten una gestión más eficiente del flujo vehicular.

Principio de adaptación Si se detecta mayor flujo vehicular en una vía específica, el sistema prolonga la duración de la luz verde para esa dirección, optimizando el aprovechamiento del tiempo disponible.

5.2 Proceso de Desarrollo

La implementación del proyecto siguió una metodología estructurada en las siguientes etapas:

- 1. Creación del simulador base** Se desarrolló un simulador de cruce con semáforos aplicado a la rotonda real, implementando un plan heurístico de control.
- 2. Ajuste de componentes** Se realizó la calibración de controladores, comportamiento de agentes vehiculares y definición de métricas de evaluación del sistema
- 3. Implementación de visualización** Se agregó funcionalidad de animación para visualizar el movimiento de vehículos y los ciclos de operación de semáforos en tiempo real.
- 4. Exportación de datos** Se modificó el modelo para generar y guardar resultados en archivos CSV, incluyendo posiciones vehiculares, tiempos de tránsito y longitudes de colas.
- 5. Transferencia a Unity** Se exportaron las posiciones de vehículos y estados de semáforos para su reproducción offline en el entorno tridimensional.
- 6. Configuración de waypoints** Se utilizaron los archivos CSV en Unity para definir puntos de referencia y paradas de cada vehículo en la representación 3D de la rotonda.
- 7. Integración final** Se desarrolló el código necesario para leer datos de los archivos CSV y asignarlos a los prefabs de vehículos y objetos semáforo en Unity.

5.3 Lógica de Control Heurística

Comportamiento vehicular

Los vehículos simulados siguen una heurística simple basada en las reglas tradicionales de tráfico, respetando las indicaciones semafóricas y manteniendo patrones de comportamiento realistas.

Sistema de semáforos básico

Los semáforos operan alternando entre estados rojo y verde con duraciones predeterminadas, siguiendo los parámetros establecidos en la configuración del modelo.

Optimización adaptativa

El sistema de control implementado incorpora inteligencia adicional que considera dos situaciones específicas:

- Cuando una sección ha permanecido en verde sin presencia de vehículos por tiempo excesivo

- Cuando una sección ha estado en rojo con acumulación significativa de vehículos esperando

En ambos casos, el sistema realiza ajustes dinámicos, cambiando los estados semafóricos y cediendo el paso cuando es necesario para mantener un flujo saludable de tráfico y evitar congestionamientos innecesarios.

6. Resultados

Comparativa de Tráfico en la rotonda:

Indicador	Antes	Después
Tiempo promedio de espera por vehículo	3.5 min	2.02 min
Flujo vehicular en hora pico(veh/h)	2,600	5000
Longitud promedio de fila (vehículos)	13	5.75
Porcentaje de congestión	35%	24.6%
Velocidad promedio(Km/h)	20	21.5

Como podemos ver, la heurística que aplicamos a la rotonda resultó en mejores flujos de tráfico, menor tiempos de espera, menos longitud promedio de filas y menor porcentaje de congestión en la rotonda.

Conclusión

La aplicación de la técnica heurística en el control semafórico permite optimizar la gestión del tráfico urbano mediante decisiones rápidas y adaptativas, basadas en la observación y reglas prácticas. A diferencia de los sistemas tradicionales con ciclos fijos, este enfoque facilita una mejor distribución de los tiempos de las luces, reduciendo la congestión, los tiempos de espera y las emisiones contaminantes.

La heurística pues, constituye una alternativa eficaz y flexible para mejorar la movilidad en las ciudades, integrándose de manera natural con sensores, cámaras y sistemas inteligentes de transporte, favoreciendo tanto la eficiencia vial como la calidad de vida de los ciudadanos.

Además, su carácter práctico y adaptable la convierte en una base sólida para el desarrollo de futuros modelos inteligentes de gestión del tráfico, donde la heurística puede combinarse con técnicas de inteligencia artificial y big data, potenciando la toma de decisiones en tiempo real y preparando el camino hacia ciudades más inteligentes.

Conclusiones individuales:

David Alejandro Hinojosa Pérez

Aprendí mucho sobre multiagentes y unity durante este curso. Este proyecto fue muy complicado, especialmente considerando que nos tocó una rotonda muy complicada. Aprendimos sobre métodos como heurística y q-learning, y cómo usar estos en un entorno práctico. En esta ocasión aprendí más sobre heurística, ya que lo usamos para la rotonda de Garza Sada y se nos hizo más fácil usar este.

Javier Santos

Me gustó mucho el curso porque aprendimos mucho. Sobre todo aprendimos de multiagentes python con la librería de AgentPy. Aprendimos a usar el entorno y hacer modelos. También aprendimos de Unity, a modelar y a programar. Ambos estuvieron bien, pero creo que batallé un poco más con Unity porque no sabía C# por lo que me costó más ponerme al día. Con Python pasó algo similar y se me hizo más sencillo adaptarse a las tareas y conceptos que nos enseñaban. En general fue una experiencia frustrante pero gratificante unir todas las piezas para hacer el proyecto.

Samantha Saucedo

En mi opinión, el método Heurística para resolver la movilidad de Garza Sada, parece mejor opción que Q-Learning ya que esta tiene que aprender de los errores que surjan. Heurística por su parte, me parece una forma más segura del manejo del tráfico, ya que esta tiene parámetros ya definidos. De este reto reforcé la implementación de Python a Unity, aprendí sobre multiagentes, que es un tema que no conocía del todo, sobre como buscar la mejor ruta hacia una problemática. Y además la tarea de los carros en Unity fue divertido.

Angel Muñoz

La simulación del tráfico en la rotonda de Garza Sada permitió analizar los principales problemas de congestión y seguridad de la zona. Con el modelo multiagente en Python y la visualización en Unity se logró replicar el flujo vehicular y evaluar estrategias de control. El uso de heurística demostró ser más eficiente que los sistemas tradicionales, reduciendo tiempos de espera y mejorando la movilidad. Este proyecto confirma el valor de la simulación como herramienta para optimizar el tránsito urbano y aporta bases para futuros desarrollos con inteligencia artificial y sistemas inteligentes de transporte.