

## **Modelación de sistemas multiagentes con gráficas computacionales**



---

**Fecha de Entrega: 30/11/2023**

---

**Reto: Movilidad Urbana**

**Francisco Martinez Gallardo Lascurain**  
**Omar Rivera Arenas**

**A01782250**  
**A01374690**

## Problemática

En el contexto de la movilidad urbana en México, enfrentamos un desafío debido al aumento en el uso del automóvil y los efectos relacionados con esto, como lo es la congestión vehicular y la contaminación. El proyecto busca tener una solución mediante una simulación que optimice el flujo de tráfico y mejore la movilidad urbana. Nuestro objetivo es desarrollar un modelo que permita a los agentes coche llegar a sus destinos de manera eficiente, reduciendo los embotellamientos y mejorando el comportamiento vial de estos. Con este proyecto se busca proponer una solución que reduzca los impactos negativos del uso intensivo del automóvil.

## Propuesta de solución

Nosotros proponemos una solución basada en la creación de una simulación de tráfico utilizando sistemas multiagentes. Nuestra simulación tiene como objetivo modelar el comportamiento del tráfico en entornos urbanos y ver las estrategias para mejorar el flujo vehicular para reducir la congestión. Para nuestra solución proponemos:

- Implementar agentes con capacidades de percepción y movimiento, estos podrán detectar y reaccionar ante otros vehículos y señales de tráfico
- Diseñar un entorno visual que contenga una visualización de calles, semáforos y edificios con diferentes tipos de intersecciones
- Explorar algoritmos para la optimización de rutas y gestión de tráfico.
- Los agentes estarán programados para interactuar entre sí de manera que ajusten sus comportamientos en respuesta de las acciones de otros vehículos, eso hará que evitemos colisiones y podremos mantener un flujo de tráfico fluido.

## Diseño de los agentes

### **Agente Coche**

**Objetivo:** El agente coche tiene como objetivo llegar a su destino de la manera más eficiente posible.

### **Capacidad Efectora:**

En nuestra simulación, los agentes, que son representados por coches, poseen capacidades específicas que les permiten interactuar con el ambiente y los elementos dentro de él.

- **Movilidad en Calles:** Los coches están programados para moverse por las calles respetando la dirección. Esta capacidad sirve para simular un comportamiento realista de conducción en un entorno urbano. De manera que los agentes pueden moverse en sentido de las calles donde no existan obstáculos.
- **Aparecer en el mapa:** Los coches pueden aparecer en el mapa está en las esquinas de este.
- **Desaparecer del mapa:** Los coches pueden desaparecer del mapa cuando llegan a su destino.

### **Percepción:**

En nuestra simulación, los agentes cuentan con un “sensor de visión” diseñado para emular la percepción visual en un entorno de tráfico. Este sensor es básicamente el que hace que los agentes cuenten con toma de decisiones y su navegación.

- **Detección de Agentes Adelante:** Detectar la presencia de otros agentes en las tres celdas directamente frente al vehículo. Esta capacidad de detección a corto alcance es esencial para reaccionar a situaciones inmediatas en el tráfico, como la presencia de otros coches que se detienen o cambian de carril, responder a los semáforos y evitar obstáculos
- **Detección de movimiento de otros agentes en mismo paso:** Los agentes pueden detectar el movimiento de agentes de las celdas laterales a las celdas delanteras.
- **Sensor de posicionamiento:** El agente es capaz de saber dónde se encuentra, lo que le ayuda a tomar decisiones al escoger una ruta.
- **Reloj:** El coche sabe en el tiempo que está y el tiempo en el que ocurren movimientos de otros coches.

#### **Proactividad:**

- **Planificación de Ruta:** El agente se moverá por el camino más corto para llegar a su destino (sin contar obstrucciones por coches y embotellamientos). Utilizando el algoritmo a estrella para calcular el camino más corto.
- **Gestión del Tráfico:** El agente esquivará obstáculos que se encuentren enfrente para llegar más rápido a su destino (hacia la misma dirección)

#### **Reactividad:**

- **Evadir obstáculos y evitar choques:** Los vehículos responden a obstáculos o a otros vehículos para evitar colisiones. Se basa en responder a eventos que ocurren en el entorno en tiempo real, como movimiento de coches alrededor.
- **Respetar Semáforos:** Cambiar el comportamiento en respuesta al estado actual del semáforo (rojo o verde), ya que los vehículos actúan en respuesta a un cambio en su entorno.

#### **Habilidad Social:**

Una de las competencias sociales más importantes para nuestros agentes es la capacidad para evitar colisiones con otros vehículos.

- **Detección y respuesta a otros agentes:** Los agentes detectan la presencia de otros coches en sus alrededores. Esta detección cubre los lados laterales y frontales (incluyendo diagonales). Al detectar otro vehículo, los agentes evalúan la trayectoria para determinar si existe riesgo de colisión.
- **Maniobras de Evasión:** Cuando se identifica un riesgo de colisión, los agentes están programados para realizar cambios de carriles. Esto también incluye ajustar su trayectoria para evitar un choque.

#### **Métricas de Desempeño:**

- **Coches que han Llegado a su Destino:** Rastrea el número de coches que han alcanzado sus destinos. Es un indicador que mide la efectividad de la simulación en

términos de la capacidad de los agentes para navegar el entorno y llegar a su destino de manera oportuna.

- **Coches en Simultáneo en la Simulación:** Cuantifica el número de coches presentes en la simulación en un momento dado. Lo cual nos dice que tan eficaz es la simulación al calcular los cambios en muchos agentes.

-

## La arquitectura de subsunción de los agentes

### **Agente Coche**

#### Prioridad Baja

Sensor Data	Condición	Acción
Nada	Se puede ir a la siguiente casilla en la ruta.	Moverse a la siguiente casilla en ruta más corta.
Coche se cruza a tu carril	El siguiente movimiento es hacia otro carril.	Moverse a la siguiente casilla en ruta más corta.
Se detecta un obstáculo (coche) en el siguiente movimiento.	Se puede ir a una casilla en la misma dirección.	Cambia la trayectoria y se va a casilla en misma dirección.
Coche se cruza a tu carril	El siguiente movimiento es el cambio de carril hacia su dirección.	El Agente se queda en la misma posición para no chocar.
Se detecta un obstáculo (coche) en el siguiente movimiento.	Las casillas en la misma dirección están bloqueadas.	El Agente frena y se queda en la misma posición.
Se detecta semáforo en próximo movimiento.	El semáforo está en verde.	El Agente frena y se queda en la misma posición.
Se detecta semáforo en próximo movimiento.	El semáforo está en rojo.	El Agente frena y se queda en la misma posición.
El coche detecta el momento de aparecer.	No existe coche en el spawn.	El agente aparece.
El coche detecta el momento de aparecer.	Existe un coche en el spawn.	El agente no aparece.
El coche detecta el destino.	Nada	El coche desaparece.

#### Prioridad Alta

*Tabla 1. Arquitectura de subsunción ordenada por prioridades de menor a mayor.*

## Características del ambiente

El ambiente en nuestras simulaciones presenta distintas características clave que definen su funcionamiento y la interacción de los agentes dentro de él. Estas características son:

- **Accesibilidad:** El ambiente es completamente accesible para los agentes. Esto significa que los sensores de los agentes siempre tendrán acceso a toda la información necesaria sobre el entorno. Esta característica asegura que los agentes pueden tomar decisiones informadas basadas en un conocimiento completo del estado del ambiente.
- **Dinámico:** En la primera simulación, el ambiente es dinámico. Esto implica que el estado del ambiente puede cambiar con el tiempo, no solo debido a las acciones del agente sino también por otros factores. Por ejemplo, el flujo y movimiento de otros coches y el cambio de estado de los semáforos afectarán activamente el entorno de simulación.
- **Episódico:** Al operar y tomar decisiones de manera episódica, los agentes harán una serie de acciones para llegar a su destino, esto de la manera más rápida posible. Lo que significa que cada decisión tome el agente será en base a el episodio y como le podrá sacar provecho para el próximo episodio.
- **No Determinista:** Esto significa que el resultado de todas las acciones no es predecible ya que existen elementos de aleatoriedad como los destinos de los coches, lo que hace la simulación impredecible.
- **Discreto:** El ambiente es discreto en cuanto a las acciones y posiciones. Dado que se basa en una cuadrícula, las posibilidades de movimiento y acción están limitadas a esta.
- **Generación del Mapa:** En cuanto a la creación del ambiente, el mapa (incluyendo edificios, semáforos y calles) se generará en función de las especificaciones proporcionadas en un archivo de texto. Esto asegura que el ambiente sea configurable y adaptable a diferentes escenarios o requisitos de simulación. Una vez que el mapa está configurado, los coches serán generados en ubicaciones estratégicas, típicamente en las esquinas.

## Resultados

A partir de correr la simulación tres veces, corriendo el modelo en que aparezcan cada 3 pasos los agentes, hasta los 1000 pasos. Llegamos a los siguientes resultados:

- **Simulación 1:** Los agentes totales que llegaron a su destino fueron 1281.
- **Simulación 2:** Los agentes totales que llegaron a su destino fueron 1281.
- **Simulación 3:** Los agentes totales que llegaron a su destino fueron 1284.

Esto nos indica que la simulación está funcionando de manera correcta, ya que el número máximo de agentes que pueden aparecer en 1000 pasos es de 1333.

Por otro lado el máximo número de agentes que se logró que llegarán a su destino fue de 1584, esto corriendo la simulación, en pasos que son múltiplos de 8 y 3.

## Conclusiones

A través de la implementación de agentes inteligentes que simulan el comportamiento de los coches, pudimos observar cómo interactúan con su entorno y entre sí, tomando decisiones basadas en una variedad de estímulos y restricciones. La capacidad de los

agentes para adaptarse a condiciones cambiantes, como semáforos y otros vehículos, nos ayudó a poder optimizar los flujos de tráfico en la vida real, llegando a resultados fascinantes con condiciones tan simples. Esto gracias a combinar la teoría y la práctica, ya que pudimos aplicar conocimientos de programación, sistemas multiagentes y gráficas computacionales en un entorno de simulación. Los resultados obtenidos fueron más de lo esperado, como mencionado ya que logramos ponernos en primer lugar en la competencia del salón al tener los resultados mencionados anteriormente.