



# Tecnológico de Monterrey

## **Modelación de Sistemas Multiagentes con Gráficas Computacionales**

### **Reto - Movilidad Urbana**

Francisco José Urquiza Schnaas A01028786

Gabriel Edid Harari A01782146

Octavio Navarro Hinojosa

Gilberto Echeverría Furió

28 de Noviembre del 2024

## **Índice**

<b>Problemática.....</b>	<b>3</b>
<b>Solución Propuesta.....</b>	<b>3</b>
<b>Diseño de los Agentes.....</b>	<b>3</b>
<b>PEAS.....</b>	<b>4</b>
<b>Car Agents como agentes inteligentes.....</b>	<b>5</b>
<b>Racionalidad.....</b>	<b>6</b>
<b>Arquitectura de Subsunción de los agentes.....</b>	<b>6</b>
<b>Características del ambiente.....</b>	<b>7</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>8</b>

## **Problemática**

La movilidad urbana es un pilar clave para el desarrollo económico, social y la calidad de vida en las ciudades. En México, la dependencia del automóvil ha llevado a un aumento alarmante en los kilómetros recorridos por vehículos (VKT), incrementando la congestión vehicular y generando efectos negativos significativos en los niveles económico, ambiental y social, como el smog, accidentes y enfermedades relacionadas con la contaminación.

La congestión vehicular es particularmente crítica en ciudades mexicanas, donde el diseño urbano y las políticas públicas han favorecido el uso del automóvil, perpetuando un modelo insostenible de movilidad. Mejorar la movilidad en las ciudades es esencial para garantizar un desarrollo sostenible y competitivo, dado su impacto directo en las actividades económicas y la calidad de vida de los habitantes.

## **Solución Propuesta**

La simulación desarrollada propone un modelo basado en un sistema multiagente para representar y analizar el tráfico urbano. Este enfoque permite visualizar de manera gráfica el flujo vehicular, identificando problemas como atascos y puntos críticos en la red vial. A través de agentes inteligentes (coches) que reaccionan dinámicamente a las condiciones del tráfico, se pueden evaluar estrategias para reducir la congestión vehicular y optimizar la movilidad.

La simulación integra técnicas de búsqueda de rutas (A\*) y comportamientos adaptativos como el cambio de carril, permitiendo a los coches sortear bloqueos y alcanzar sus destinos eficientemente. Además, incluye semáforos como reguladores del tráfico, aumentando el realismo y la utilidad de la herramienta para analizar escenarios urbanos complejos.

## **Diseño de los Agentes**

La simulación elaborada fue compuesta por cuatro diferentes tipos de agentes, siendo estos Road Agent (agente de calle o avenida), Traffic Light Agent (agente de semáforo), Destination Agent (agente de destino) y Car Agent (agente de coche). Por el hecho de que los primeros tres en ser mencionados forman parte del ambiente, no tienen variaciones en su comportamiento y carecen de las características de un agente inteligente (en contraposición a

los Car Agents), el análisis que se hará a continuación rotará en torno a los agentes de tipo coche:.

- **Objetivo:**

- **Coche (Car):** Llegar desde una posición inicial a un destino asignado minimizando el tiempo y evitando obstáculos.

- **Características del agente:**

- **Control parcial sobre el ambiente:**

Los agentes de tipo coche calculan la ruta más corta a seguir para llegar a un destino asignado a ellos de manera aleatoria haciendo uso del algoritmo A\*. Esto lo hacen sin considerar la presencia de otros Car Agents en el ambiente. Sin embargo, al comenzar su trayecto hacia su destino siguiendo el camino calculado, deben evitar colisionar con otros coches en movimiento. Si detectan otro coche en el camino pueden esperar a que se desaloje el área o incluso volver a calcular su camino para ser más eficientes. Lo mismo aplica si están formados en un semáforo demasiado tiempo; cambian de carril (si es que el carril adyacente está desocupado y calculan su ruta nuevamente). Adicional a esto, si llegan a haber demasiados coches circulando, se puede dar un fenómeno conocido como gridlock, en el que los coches son incapaces de continuar moviéndose y nunca llegan a su destino.

- **Capacidad efectora:**

Los coches modifican su entorno de una manera muy particular. Ellos mismos fungen como obstáculos para otros vehículos en movimiento, resultando en una necesidad para evadir y recalcular caminos.

## **PEAS**

- **Performance:** El desempeño del agente de coche en la simulación en cuestión está relacionado con diversos factores, incluyendo la eficiencia del camino calculado para llegar a su destino, el tiempo tomado para calcular y recalculer su trayecto, su éxito en evadir obstáculos en la forma de edificios y otros coches y su capacidad de respetar las direcciones de las vialidades y los estados de los semáforos.

- **Environment:** El entorno en el los Car Agents intentan de cumplir con su objetivo se conforma de calles con una dirección que debe ser respetada, semáforos que cambian de estado (rojo y verde) cada 7 segundos, obstáculos en la forma de edificios sobre los cuales no pueden transitar y destinos a los que deben llegar para cumplir su objetivo. Los coches entran a la ciudad descrita anteriormente (un grid de 30 por 30 celdas) por las cuatro esquinas de la misma periódicamente (el periodo de ingreso es definido previo al comienzo de la simulación).
- **Actuators:** Para cumplir su objetivo, los coches cuentan con repertorio de herramientas a su disposición. Este repertorio contiene las habilidades de calcular su trayectoria, moverse una celda por step de la simulación (siguiendo su trayectoria calculada), evadir obstáculos, cambiar de carril y recalcular su ruta en caso de que sea necesario.
- **Sensors:** Los coches son capaces de determinar si tienen un semáforo directamente delante de ellos y pueden percibir su estado para determinar si pueden avanzar o deben esperar. Además, pueden determinar si tienen otro vehículo está en su camino para tomar medidas evasivas o de recálculo de trayectoria. Adicional a esto, los semáforos son capaces de determinar si han permanecido en la misma posición demasiado tiempo para poder buscar una alternativa a la ruta que habían seguido hacia ese punto. Por último, los agentes logran identificar si su posición es la misma que la del destino que tienen asignado para salir de la simulación.

### **Car Agents como agentes inteligentes**

- **Proactividad:** Los agentes son capaces de exhibir un comportamiento orientado al cumplimiento de su objetivo de manera eficiente. Primeramente, antes de comenzar con su movimiento, calculan el camino más corto hacia su destino empleando el algoritmo de A\*. Además, al encontrar un obstáculo o permanecer en la misma posición demasiado tiempo, recalcula su trayecto para evitar tanto colisionar como perder más tiempo del necesario.
- **Reactividad:** Los agentes pueden percibir su entorno para determinar si hay un semáforo en rojo u otro coche en frente suyo y reaccionan a estas percepciones esperando o recalculando su camino

- **Habilidad social:** Los agentes no colaboran como tal, pero son capaces de coexistir en el mismo espacio de manera armoniosa para evitar colisionar (unos esperan a que pasen los otros para poderse mover).

## Racionalidad

- **Omnisciencia:** Los coches conocen el mapa (a excepción de las posiciones de otros vehículos) incluyendo la ubicación de su destino. De esta forma, pueden calcular el camino más eficiente hacia el mismo
- **Recopilación de información:** Al calcular o recalcular su trayecto, el agente recopila información para llegar a su destino y cumplir su objetivo.
- **Aprendizaje:** Los agentes en movimiento aprenden las ubicaciones de otros agentes si están en su proximidad inmediata (semáforos u otros coches) para determinar la mejor manera de llegar a su destino tomando en cuenta la información adquirida.
- **Autonomía:** Los coches actúan de manera completamente autónoma para determinar la mejor manera para cumplir su objetivo.

## Arquitectura de Subsunción de los agentes

Menor prioridad		
Sin camino calculado	Punto de ingreso	Calcular camino
Camino calculado	Punto de ingreso	Comenzar movimiento
Sin obstáculo en frente	Road agents que no son puntos de ingreso	Continuar movimiento
Camino sin calcular	Carril adyacente (después de cambio de carril)	Calcular camino camino
Camino calculado	Carril adyacente	Comenzar movimiento

Camino calculado	Destino	Finalizar movimiento
Semáforo en frente	Road agents que no son puntos de ingreso	Checar estado de semáforo y actuar en correspondencia al mismo
Coche en frente	Road agents que no son puntos de ingreso	Cambiar de carril
Mayor prioridad		

## **Características del ambiente**

- **Parcialmente accesible:** El Car Agent es capaz de obtener información completa, precisa y actualizada sobre el ambiente en un momento determinado para calcular el mejor camino a seguir para llegar a su destino. Sin embargo, no es capaz de determinar dónde se encuentran todos los vehículos en un momento dado, ni el estado de los semáforos antes de llegar a ellos, por lo que se ven forzados a recalcular caminos o esperar en los semáforos.
- **No determinista:** Las acciones de los agentes al moverse hacia su destino no siempre serán predecibles por el hecho de que deben interactuar con otros agentes en el camino. En un step de la simulación, el agente puede seguir su camino calculado, esperar por llegar a un semáforo o cambiar de carril y recalcular su trayecto.
- **Episódico:** El agente es reactivo y toma en cuenta solamente su estado actual y la información que tiene a su disposición en cada step para determinar la siguiente acción a tomar.
- **Dinámico:** El ambiente es dinámico por la presencia de los agentes de tipo semáforo que cambian de color periódicamente.
- **Discreto:** La cantidad de acciones y movimientos que pueden ser realizados por un agente es considerablemente grande. Sin embargo, solo puede estar en las celdas desocupadas del mapa y tiene la capacidad de continuar sobre su misma trayectoria, esperar en un semáforo y recalcular su camino. Esto significa que el agente tiene un número finito de acciones y percepciones.

## **Conclusiones**

El desarrollo de un modelo de simulación basado en un sistema multiagente permite abordar de manera eficiente la problemática de la movilidad urbana en ciudades mexicanas. A través de la implementación de agentes inteligentes, como los Car Agents, y su integración con elementos del entorno (semaforización, obstáculos y destinos), se logra un entorno dinámico y realista que facilita el análisis y la evaluación de estrategias para mitigar la congestión vehicular.

El uso de algoritmos como A\* para la planificación de rutas, sumado a las capacidades de percepción, proactividad y adaptabilidad de los agentes, demuestra que es posible replicar fenómenos urbanos complejos y prever escenarios críticos como el gridlock. Además, las características de la arquitectura de subsunción permiten gestionar la interacción y coexistencia armónica de múltiples agentes en un entorno parcialmente accesible y no determinista.

Sin embargo, este modelo tiene un gran potencial para seguir evolucionando. Futuras mejoras podrían incluir la introducción de métricas de congestión que evalúen el rendimiento global de la simulación, el uso de aprendizaje adaptativo para que los agentes optimicen sus estrategias con el tiempo y la simulación de escenarios más complejos, como accidentes o cambios en el mapa durante la simulación. Estas mejoras permitirían enriquecer aún más la aplicabilidad del sistema, consolidándolo como una herramienta clave no solo para el entendimiento del tráfico urbano, sino también para el diseño de políticas públicas y la optimización de redes viales en entornos urbanos en constante cambio.