

# EVENTOS DISCRETOS EN UNA SIMULACIÓN DE LA GENERAL PAZ

Aplicaciones Computacionales en Negocios

---

Tomás Curzio

Federico Giorgi

Gastón Loza Montaña

12/09/2023

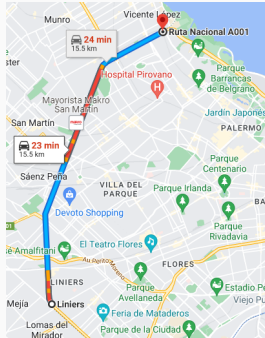
Universidad Torcuato Di Tella

## EL MODELO

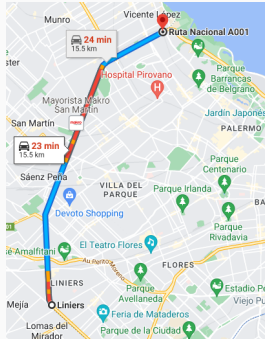
---

Buscamos simular un carril de la General Paz, mas precisamente, [el trayecto desde Liniers hasta Lugones](#) (15.5 km).

Buscamos simular un carril de la General Paz, mas precisamente, **el trayecto desde Liniers hasta Lugones (15.5 km).**



Buscamos simular un carril de la General Paz, mas precisamente, **el trayecto desde Liniers hasta Lugones** (15.5 km).



Simularemos una mañana de día laboral, de 5:00 AM a 10 AM.

Llamamos agentes a los conductores y su auto como un conjunto. Estos, poseen tres características:

Llamamos agentes a los conductores y su auto como un conjunto. Estos, poseen tres características:

- $\mathcal{T}$ : Headway -> Distancia en segundos que desea tener el agente con el agente que está delante.

Llamamos agentes a los conductores y su auto como un conjunto. Estos, poseen tres características:

- ▶  $\mathcal{T}$ : Headway -> Distancia en segundos que desea tener el agente con el agente que está delante.
- ▶  $v_0$ : Velocidad deseada -> Velocidad a la que le gustaría ir al agente en caso de no estar restringido, representada en m/s.



Llamamos agentes a los conductores y su auto como un conjunto. Estos, poseen tres características:

- ▶  $\mathcal{T}$ : Headway -> Distancia en segundos que desea tener el agente con el agente que está delante.
- ▶  $v_0$ : Velocidad deseada -> Velocidad a la que le gustaría ir al agente en caso de no estar restringido, representada en m/s.
- ▶  $l$ : Longitud del vehículo -> Longitud del auto del agente en metros.

- Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

Ambas se modifican segun las leyes físicas de movimiento:

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

Ambas se modifican segun las leyes físicas de movimiento:

- ▶  $X_{t+1} = X_t + V_t * \Delta t$

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

Ambas se modifican segun las leyes físicas de movimiento:

- ▶  $X_{t+1} = X_t + V_t * \Delta t$
- ▶  $V_{t+1} = V_t + a_t * \Delta t$

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

Ambas se modifican segun las leyes físicas de movimiento:

- ▶  $X_{t+1} = X_t + V_t * \Delta t$
- ▶  $V_{t+1} = V_t + a_t * \Delta t$
- ▶  $a_t = ?$

- ▶ Cada agente tiene una posición  $X_t$  que se modifica en cada fracción de tiempo  $t$ , en nuestro caso de a 1s.
- ▶ A su vez, tienen una velocidad  $V_t$ .

Ambas se modifican segun las leyes físicas de movimiento:

- ▶  $X_{t+1} = X_t + V_t * \Delta t$
- ▶  $V_{t+1} = V_t + a_t * \Delta t$
- ▶  $a_t = ?$

Los agentes toman decisiones en su aceleración, pudiendo frenar, mantenerla constante, o acelerar. Para determinar como lo hacen, utilizaremos un modelo conocido, llamado Intelligent Driver Model (IDM).<sup>1</sup>



El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente.

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a(1 - (\frac{v_\alpha}{v_0})^2 - (\frac{s_0 + v\mathcal{T} + (\frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}})}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}})^2$$

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a(1 - (\frac{v_\alpha}{v_0})^2 - (\frac{s_0 + v\mathcal{T} + (\frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}})}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}})^2)$$

Donde:

- $v_0$ : La velocidad deseada del agente.

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a(1 - (\frac{v_\alpha}{v_0})^2 - (\frac{s_0 + v\mathcal{T} + (\frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}})}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}})^2)$$

Donde:

- ▶  $v_0$ : La velocidad deseada del agente.
- ▶  $s_0$ : La minima distancia neta en metros (un auto no puede moverse si el de adelante esta a menos de  $s_0$ ).

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a(1 - (\frac{v_\alpha}{v_0})^2 - (\frac{s_0 + v\mathcal{T} + (\frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}})}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}})^2)$$

Donde:

- ▶  $v_0$ : La velocidad deseada del agente.
- ▶  $s_0$ : La minima distancia neta en metros (un auto no puede moverse si el de adelante esta a menos de  $s_0$ ).
- ▶  $\mathcal{T}$ : El headway del agente.

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a \left( 1 - \left( \frac{v_\alpha}{v_0} \right)^2 - \left( \frac{s_0 + v\mathcal{T} + \left( \frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}} \right)}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}} \right)^2 \right)$$

Donde:

- ▶  $v_0$ : La velocidad deseada del agente.
- ▶  $s_0$ : La minima distancia neta en metros (un auto no puede moverse si el de adelante esta a menos de  $s_0$ ).
- ▶  $\mathcal{T}$ : El headway del agente.
- ▶  $a$ : La aceleración máxima posible del vehículo en  $m/s^2$ .

El Intelligent Driver Model actualiza la posición y velocidad como mencionamos anteriormente. El calculo de la aceleración es el siguiente, con  $\alpha$  el número de agente y  $\alpha - 1$  el agente de adelante.

$$a_t = a(1 - (\frac{v_\alpha}{v_0})^2 - (\frac{s_0 + v\mathcal{T} + (\frac{v_\alpha(v_\alpha - v_{\alpha-1})}{2\sqrt{ab}})}{x_{\alpha-1} - x_\alpha - l_{\alpha-1}})^2$$

Donde:

- ▶  $v_0$ : La velocidad deseada del agente.
- ▶  $s_0$ : La minima distancia neta en metros (un auto no puede moverse si el de adelante esta a menos de  $s_0$ ).
- ▶  $\mathcal{T}$ : El headway del agente.
- ▶  $a$ : La aceleración máxima posible del vehículo en  $m/s^2$ .
- ▶  $b$ : La desaceleración maxima posible del vehículo en  $m/s^2$  (valor absoluto).

- $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).



- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$

- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$
- ▶  $l$ : 4.3 metros para todos los agentes (longitud de un auto promedio).

- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$
- ▶  $l$ : 4.3 metros para todos los agentes (longitud de un auto promedio).
- ▶  $s_0$ : 5 metros.

- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$
- ▶  $l$ : 4.3 metros para todos los agentes (longitud de un auto promedio).
- ▶  $s_0$ : 5 metros.
- ▶  $a$ :  $2 \text{ m/s}^2$  -> Límites físicos charlados en clase.

- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$
- ▶  $l$ : 4.3 metros para todos los agentes (longitud de un auto promedio).
- ▶  $s_0$ : 5 metros.
- ▶  $a$ : 2 m/s<sup>2</sup> -> Límites físicos charlados en clase.
- ▶  $b$ : 4 m/s<sup>2</sup> -> Límites físicos charlados en clase.

## LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS

- ▶  $\mathcal{T}$ : Valor obtenido de una lognormal con  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.21$  (aproximadamente, valores entre 1 y 2.5 para cada agente).
- ▶  $v_0$ : Valores entre 65 y 105 para cada agente, correlacionados con  $\mathcal{T}$
- ▶  $l$ : 4.3 metros para todos los agentes (longitud de un auto promedio).
- ▶  $s_0$ : 5 metros.
- ▶  $a$ : 2 m/s<sup>2</sup> -> Límites físicos charlados en clase.
- ▶  $b$ : 4 m/s<sup>2</sup> -> Límites físicos charlados en clase.
- ▶  $\gamma$ : Un nuevo parámetro que determina la proporción de personas con waze o gmaps alertandolos de los radares. Simulamos con distintas proporciones: 0.2, 0.4 y 0.7.

## RESULTADOS

---

- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.



- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.

- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.
  - Limitación de un solo carril.

- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.
  - Limitación de un solo carril.
  - Animación [acá](#).

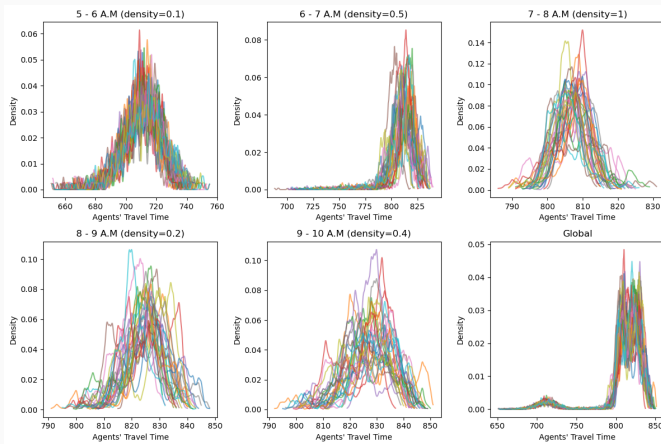
- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.
  - Limitación de un solo carril.
  - Animación [acá](#).
- ▶ Nuevo objetivo: simular el carril rápido

- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.
  - Limitación de un solo carril.
  - Animación [acá](#).
- ▶ Nuevo objetivo: simular el carril rápido
  - $v_0$  más altas (entre 75km/h y 105km/h) correlacionadas con  $\mathcal{T}$ .

- ▶ Objetivo original: efecto uso de app de alerta de radares.
  - Variabilidad de velocidades de los agentes.
  - Limitación de un solo carril.
  - Animación [acá](#).
- ▶ Nuevo objetivo: simular el carril rápido
  - $v_0$  más altas (entre 75km/h y 105km/h) correlacionadas con  $\mathcal{T}$ .
  - También con variabilidad.

# RESULTADOS CON LOS NUEVOS PARÁMETROS

## Distribución tiempo de viaje por densidad de tráfico



## ¿CÓMO IMPACTAN LOS RADARES EN LA VELOCIDAD?

Table 1: Velocidad promedio: En rango de radar vs fuera de rango

Horario	En rango	Fuera de rango	Total
5-6 AM	20.7738	21.9909	21.8342
6-7 AM	18.1827	19.2592	19.1201
7-8 AM	18.2053	19.2610	19.1181
8-9 AM	17.8417	18.9392	18.7987
9-10 AM	17.7816	18.8951	18.7526
Total	18.1774	19.2730	19.1307



- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .

- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .
  - Aún con pocos agentes, la gran mayoría disminuye la velocidad.

- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .
  - Aún con pocos agentes, la gran mayoría disminuye la velocidad.
- ▶ Choques

- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .
  - Aún con pocos agentes, la gran mayoría disminuye la velocidad.
- ▶ Choques
  - De 30 simulaciones, en 1 hubo choque.

- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .
  - Aún con pocos agentes, la gran mayoría disminuye la velocidad.
- ▶ Choques
  - De 30 simulaciones, en 1 hubo choque.
  - Propagación irreal.

- ▶ Si bien ocurren cambios de velocidad, no varía mucho según  $\gamma$ .
  - Aún con pocos agentes, la gran mayoría disminuye la velocidad.
- ▶ Choques
  - De 30 simulaciones, en 1 hubo choque.
  - Propagación irreal.
  - Animación [acá](#).

## CONCLUSIÓN

---

Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.



Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.

Creemos que este tipo de comportamientos puede generar:

Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.

Creemos que este tipo de comportamientos puede generar:

- Decisiones bruscas en los agentes.

Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.

Creemos que este tipo de comportamientos puede generar:

- ▶ Decisiones bruscas en los agentes.
- ▶ Congestionamientos y mayores tiempos de viaje.

Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.

Creemos que este tipo de comportamientos puede generar:

- ▶ Decisiones bruscas en los agentes.
- ▶ Congestionamientos y mayores tiempos de viaje.
- ▶ Accidentes.

Con el avance en el uso de apps que notifican de los radares parecería ser una variable interesante para hacedores de políticas públicas la proporción de agentes que las usan y como su comportamiento cambia debido a esto.

Creemos que este tipo de comportamientos puede generar:

- ▶ Decisiones bruscas en los agentes.
- ▶ Congestionamientos y mayores tiempos de viaje.
- ▶ Accidentes.

Vimos el cambio en las velocidades, pero no pudimos observar todas estas cosas con las limitaciones que tiene el modelo. Sin embargo, nos sirvió para notar la problemática y tener un punto de partida.

A lo largo del proyecto observamos:

- ▶ Distintas duraciones de viaje según densidad de tráfico.

A lo largo del proyecto observamos:

- ▶ Distintas duraciones de viaje según densidad de tráfico.
- ▶ Shockwaves por micro-interacciones de los agentes.

A lo largo del proyecto observamos:

- ▶ Distintas duraciones de viaje según densidad de tráfico.
- ▶ Shockwaves por micro-interacciones de los agentes.
- ▶ Variación de la velocidad promedio en base al tráfico.



A lo largo del proyecto observamos:

- ▶ Distintas duraciones de viaje según densidad de tráfico.
- ▶ Shockwaves por micro-interacciones de los agentes.
- ▶ Variación de la velocidad promedio en base al tráfico.
- ▶ Efecto de los radares en la velocidad de los agentes.

A lo largo del proyecto observamos:

- ▶ Distintas duraciones de viaje según densidad de tráfico.
- ▶ Shockwaves por micro-interacciones de los agentes.
- ▶ Variación de la velocidad promedio en base al tráfico.
- ▶ Efecto de los radares en la velocidad de los agentes.
- ▶ Como podemos generar información valiosa a partir de modelos de la realidad, que nos permiten sacar conclusiones o encontrar puntos de interés, a pesar de sus limitaciones.

### Referencias:

- [1] Treiber, M., Hennecke, A., & Helbing, D. (2000). Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. *Physical review E*, 62(2), 1805.

¿PREGUNTAS?