

# AN EVOLUTIONARY ALGORITHM TO GENERATE REAL URBAN TRAFFIC FLOWS

Daniel H. Stolfi

`dhstolfi@lcc.uma.es`

Enrique Alba

`eat@lcc.uma.es`

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación  
Universidad de Málaga

CAEPIA'15

Albacete, España  
Noviembre 2015





# CONTENTS

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 CASO DE ESTUDIO
- 3 ARQUITECTURA
- 4 RESULTADOS



# CONTENTS

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 CASO DE ESTUDIO
- 3 ARQUITECTURA
- 4 RESULTADOS





# CONTENTS

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 CASO DE ESTUDIO
- 3 ARQUITECTURA
- 4 RESULTADOS



# CONTENTS

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 CASO DE ESTUDIO
- 3 ARQUITECTURA
- 4 RESULTADOS



# MOTIVACIÓN





# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados





# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN

Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN

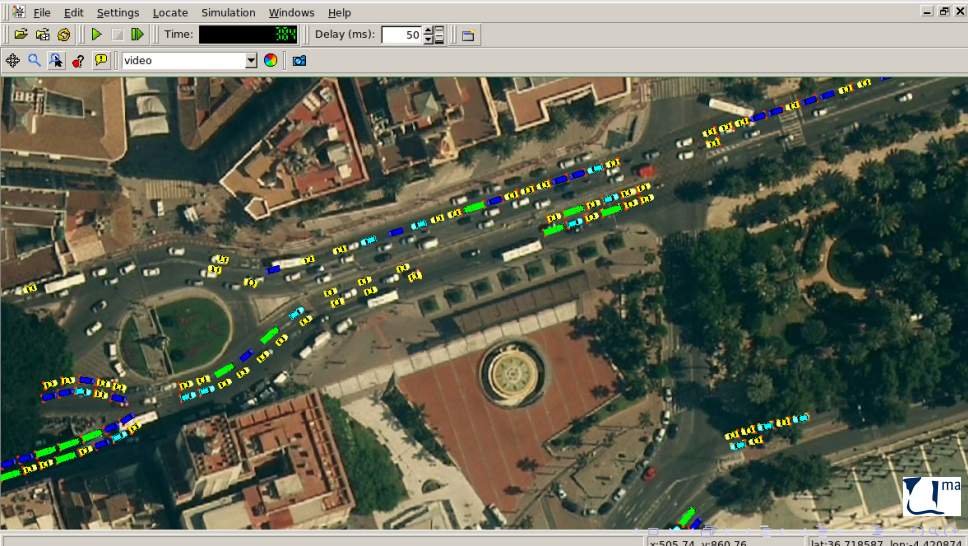
Durante las últimas décadas se ha incrementado el estudio de los problemas de tráfico, en dónde se proponen soluciones que comprenden:

- Ajuste de los ciclos semafóricos
- Cambio de rutas para evitar o prevenir atascos
- Estudios del posicionamiento de paneles informativos
- Problemas VANET
- Muchos más...

La mayoría de estas propuestas recurren a simulaciones para obtener y validar sus resultados



# MOTIVACIÓN





# MOTIVACIÓN



El uso de simuladores implica tener en cuenta el realismo de las simulaciones para garantizar la **fiabilidad** de los resultados obtenidos atendiendo a:

- Mapa real (OpenStreetMap)
- Tipos y características de los vehículos (Muestra)
- Ciclos semafóricos (Ayuntamientos, algoritmos, etc.)
- Flujos vehiculares





# MOTIVACIÓN



El uso de simuladores implica tener en cuenta el realismo de las simulaciones para garantizar la **fiabilidad** de los resultados obtenidos atendiendo a:

- Mapa real (OpenStreetMap)
- Tipos y características de los vehículos (Muestra)
- Ciclos semafóricos (Ayuntamientos, algoritmos, etc.)
- Flujos vehiculares





# MOTIVACIÓN

File Edit Settings Locate Simulation Windows Help

Time: 38% Delay (ms): 50

video

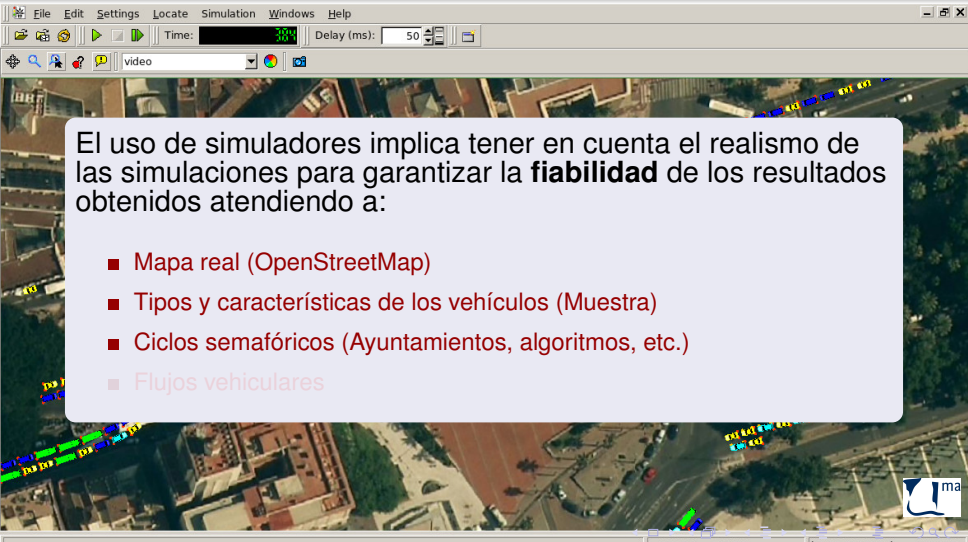
El uso de simuladores implica tener en cuenta el realismo de las simulaciones para garantizar la **fiabilidad** de los resultados obtenidos atendiendo a:

- Mapa real (OpenStreetMap)
- Tipos y características de los vehículos (Muestra)
- Ciclos semafóricos (Ayuntamientos, algoritmos, etc.)
- Flujos vehiculares





# MOTIVACIÓN

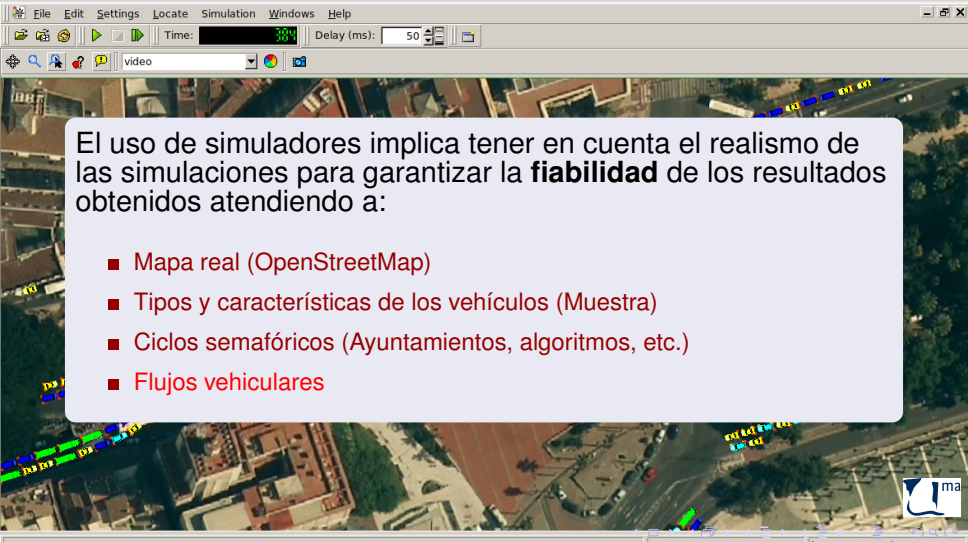


El uso de simuladores implica tener en cuenta el realismo de las simulaciones para garantizar la **fiabilidad** de los resultados obtenidos atendiendo a:

- Mapa real (OpenStreetMap)
- Tipos y características de los vehículos (Muestra)
- Ciclos semafóricos (Ayuntamientos, algoritmos, etc.)
- Flujos vehiculares



# MOTIVACIÓN



El uso de simuladores implica tener en cuenta el realismo de las simulaciones para garantizar la **fiabilidad** de los resultados obtenidos atendiendo a:

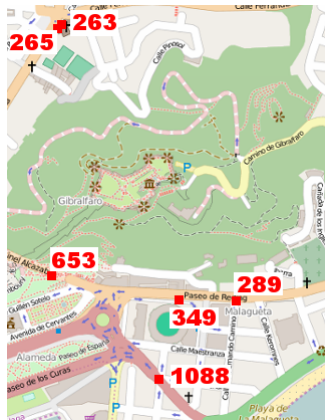
- Mapa real (OpenStreetMap)
- Tipos y características de los vehículos (Muestra)
- Ciclos semafóricos (Ayuntamientos, algoritmos, etc.)
- Flujos vehiculares



# FLOW GENERATOR ALGORITHM (FGA)

## Flow Generator Algorithm:

- Genera flujos de tráfico reales
- Se basa en información pública de sensores
- Como resultado se obtiene: mapa + flujos vehiculares

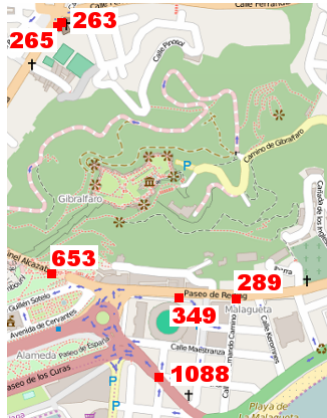




# FLOW GENERATOR ALGORITHM (FGA)

## Flow Generator Algorithm:

- Genera flujos de tráfico reales
- Se basa en información pública de sensores
- Como resultado se obtiene: mapa + flujos vehiculares

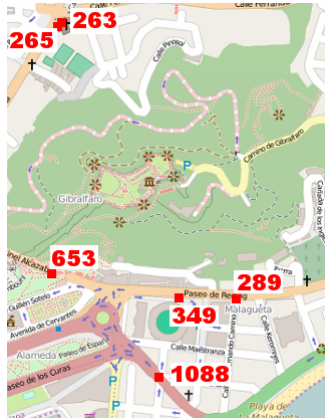




# FLOW GENERATOR ALGORITHM (FGA)

## Flow Generator Algorithm:

- Genera flujos de tráfico reales
- Se basa en información pública de sensores
- Como resultado se obtiene: mapa + flujos vehiculares

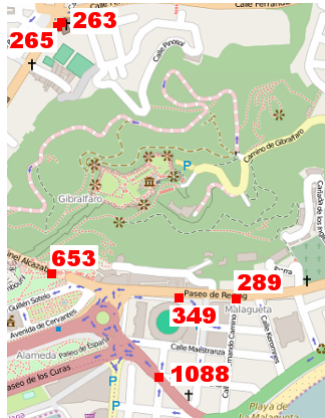




# FLOW GENERATOR ALGORITHM (FGA)

## Flow Generator Algorithm:

- Genera flujos de tráfico reales
- Se basa en información pública de sensores
- Como resultado se obtiene: mapa + flujos vehiculares





## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Sea  $\vec{v}^* = (v_1^*, \dots, v_N^*)$  un vector conteniendo los valores reales recogidos desde  $N$  sensores en la ciudad

Y sea  $\vec{v} = (v_1, \dots, v_N)$  un vector conteniendo los valores obtenidos al evaluar el mapa de la ciudad (simulación)

Nuestro objetivo es minimizar el error:

$$\vec{e}_i = |\vec{v}_i^* - \vec{v}_i|, i \in \{1, \dots, N\}$$

Modificando el número de vehículos en cada flujo:

$$f = (f_1, \dots, f_M)$$







# SENSORES



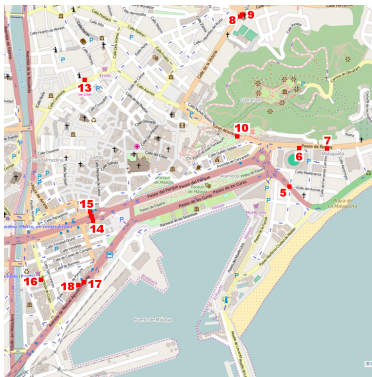


# PUNTOS DE MEDICIÓN





# PUNTOS DE MEDICIÓN



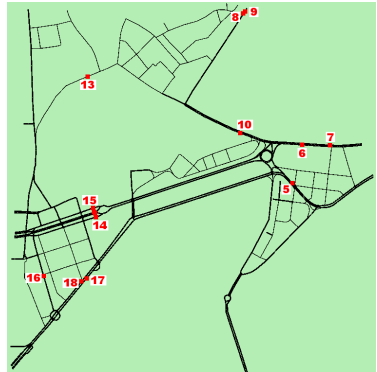
OpenStreetMap



# PUNTOS DE MEDICIÓN



OpenStreetMap



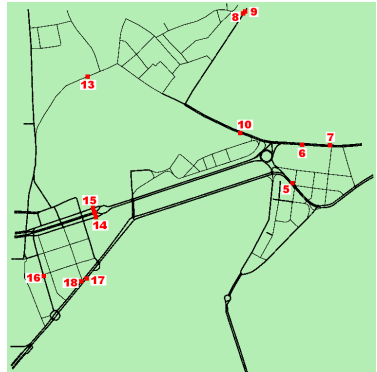
SUMO



# PUNTOS DE MEDICIÓN



OpenStreetMap



SUMO

12 sensores en Málaga ( $N = 12$ )



# OPEN DATA

## Intensidad de vehículos Mayo-Agosto 2015

PM	Ubicación	I.M.D.L	I.M.D.S.	I.M.D.D.	I.M.H.P.L	H.P.L.M.	I.M.H.P.S.	H.P.S.M.	I.M.H.P.D.	H.P.D.M.
1	Avda. Juan Sebastián Elcano - Este	2.004	1.636	1.388	169	12:00	149	12:00	138	13:00
2	Avda. Juan Sebastián Elcano - Oeste	20.383	17.890	15.186	1.465	8:00	1.278	21:00	1.236	21:00
3	Bolívia - Este	16.775	15.174	12.698	1.413	14:00	1.250	14:00	1.091	13:00
4	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Este	19.376	15.574	12.631	1.908	14:00	1.337	14:00	1.044	13:00
5	P.M. Pablo Ruiz Picasso - Oeste	28.829	23.675	20.368	2.192	8:00	1.632	21:00	1.582	21:00
6	Pso. Reding - Este	8.528	6.767	5.296	687	14:00	554	14:00	418	13:00
7	Pso. Reding - Oeste	6.987	5.930	4.655	546	9:00	445	12:00	342	21:00
8	Victoria - Sur *	5.874	5.255	4.285	419	8:00	443	22:00	319	22:00
9	Victoria - Norte *	6.474	5.888	4.923	483	14:00	454	22:00	360	22:00
10	Túnel Alcazaba - Este	15.870	14.744	12.561	973	8:00	849	14:00	701	1:00
11	Túnel Alcazaba - Oeste	10.482	8.995	7.896	787	14:00	763	22:00	571	21:00
12	Pasillo Sta. Isabel									
13	Carretería	5.786	5.009	3.643	407	14:00	336	12:00	238	1:00
14	Alameda Principal - Este									
15	Alameda Principal - Oeste	15.563	13.412	10.935	1.211	8:00	888	12:00	760	21:00
16	Alameda Colón	11.717	8.729	6.421	955	14:00	763	21:00	820	20:00
17	Muelle Heredia - Este	21.742	17.368	14.091	1.827	14:00	1.443	21:00	1.109	13:00
18	Muelle Heredia - Oeste	14.710	11.262	9.762	1.110	8:00	841	14:00	788	21:00
19	P.M. Antonio Machado - Este	13.992	11.617	10.067	1.080	14:00	1.002	21:00	960	20:00
20	P.M. Antonio Machado - Oeste	21.815	17.850	13.977	1.726	14:00	1.406	14:00	1.059	21:00
21	Avda. Andalucía - Este	36.041	29.475	22.186	2.392	9:00	2.050	13:00	1.624	19:00
22	Avda. Andalucía - Oeste	17.316	12.259	7.077	1.252	13:00	1.040	14:00	545	12:00
23	Avd. Herrera Oria - Este	7.698	4.964	3.326	667	14:00	411	12:00	282	21:00
24	Avd. Herrera Oria - Oeste	7.362	5.015	3.220	740	14:00	438	14:00	230	21:00
25	Avd. Carlos Haya - Este	13.589	9.983	8.513	985	8:00	737	12:00	685	20:00
26	Avd. Carlos Haya - Oeste	9.656	7.381	5.530	786	14:00	589	14:00	409	21:00
27	Héroe Sostoa	10.461	9.114	7.076	728	14:00	643	13:00	522	21:00
28	Avala	16.270	13.221	10.354	1.020	14:00	801	13:00	702	16:00

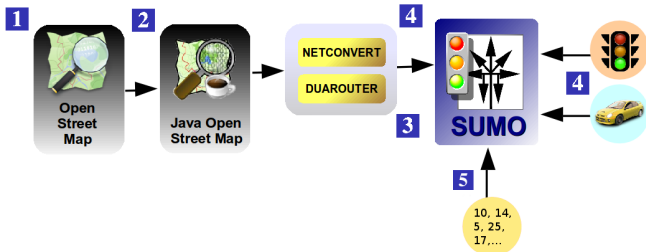




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición

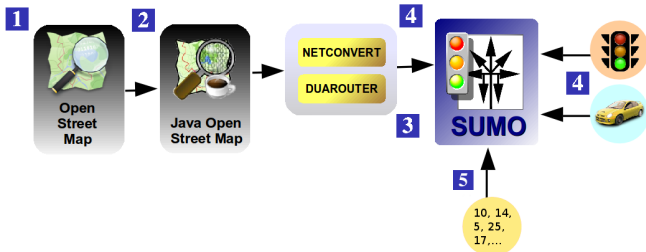




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición



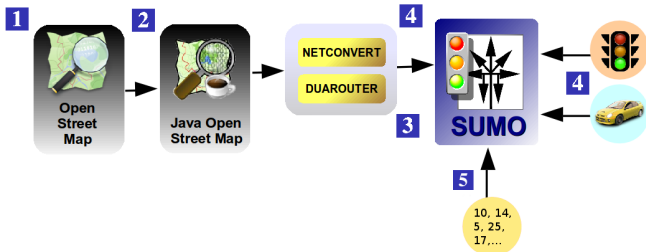




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición

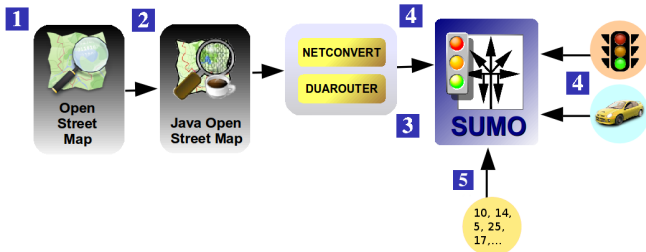




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición

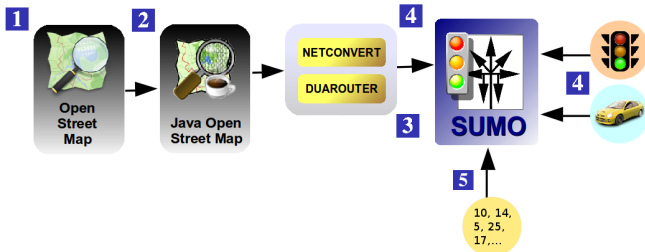




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición

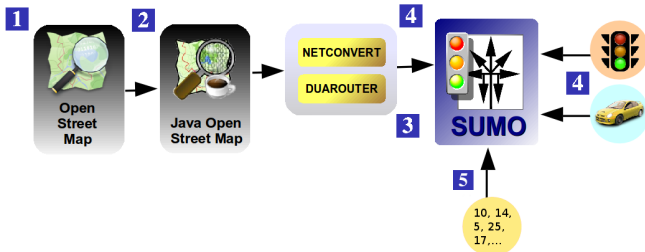




# CONSTRUCCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

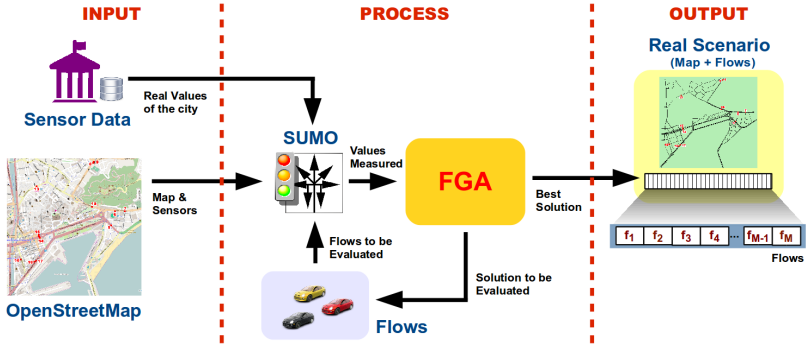
Hemos trabajado con un mapa de la ciudad de Málaga

- 1 Primero, descargamos el mapa desde OpenStreetMap
- 2 Segundo, quitamos elementos ajenos al trazado urbano con JOSM
- 3 Tercero, definimos los flujos vehiculares utilizando DUAROUTER
- 4 Cuarto, generamos el modelo de la ciudad utilizando NETCONVERT
- 5 Finalmente, añadimos los puntos de medición





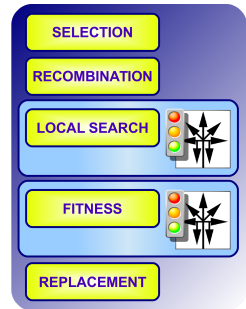
# ARQUITECTURA





# FLOW GENERATOR ALGORITHM (FGA)

- (10+2)-EA
- El resultado es el número de vehículos en cada flujo
- La solución se calcula en base a los sensores
- Los individuos se evalúan utilizando el simulador SUMO
- La búsqueda local implementada requiere de una simulación adicional para contar el número de vehículos en cada sensor



Evolutionary Algorithm



# REPRESENTACIÓN

El vector solución contiene los valores que representan al número de vehículos en cada flujo



En este trabajo hemos trabajado con 12 sensores de Málaga y 63 flujos ( $M = 63$ )



## FUNCIÓN DE EVALUACIÓN

$$F(\vec{v}) = \begin{cases} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\vec{v}_i - \vec{v}_i^*}{\vec{v}_i^*} \right| & \text{if } C(\vec{v}) \leq 0.2, \\ \infty & \text{if } C(\vec{v}) > 0.2. \end{cases}$$

$$C(\vec{v}) = \max \left( \frac{\vec{v}_i - \vec{v}_i^*}{\vec{v}_i^*} \right), i \in \{1, \dots, N\}$$

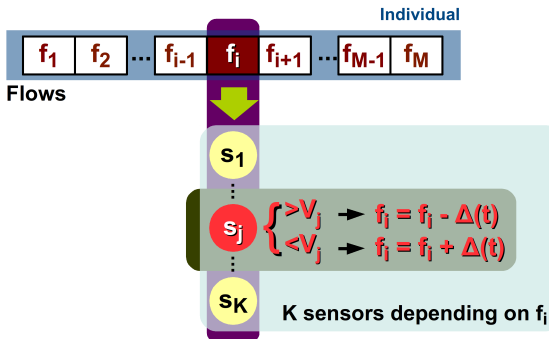
**Estamos minimizando: cuanto más bajo el valor de  $F(\vec{v})$ , mejor**







# BÚSQUEDA LOCAL

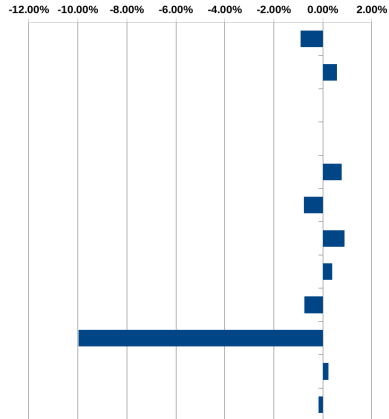


$$\Delta(t) = \lceil \alpha * e^{(\min Fitness_i(t))/\beta} \rceil, i \in [1, \lambda], \lambda = 10$$



# RESULTADOS

Sensor	Vehículos		Diferencia
	Real	FGA	
5	1088	1078	-0.92%
6	349	351	0.57%
7	289	289	<b>0.00%</b>
8	265	265	<b>0.00%</b>
9	263	265	0.76%
10	653	648	-0.77%
13	228	230	0.88%
14	510	512	0.39%
15	663	658	-0.75%
16	522	470	-9.96%
17	850	852	0.24%
18	571	570	-0.18%

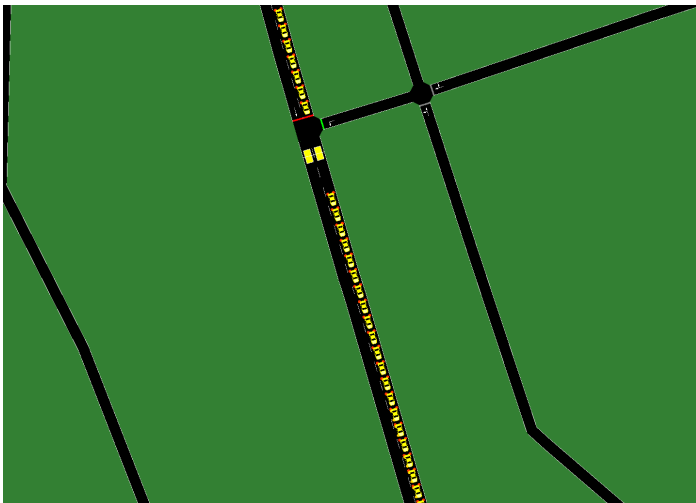


**La diferencia media es 1.3%**





# ANOMALÍA





# CONCLUSIONES

- Hemos presentado una nueva estrategia para configurar flujos vehiculares basada en un EA.
- Hemos utilizado datos reales publicados por el ayuntamiento de Málaga que provienen de sensores ubicados en la ciudad
- El número de vehículos medidos tras la optimización se encuentra muy cerca al real
- Los escenarios obtenidos podrán utilizarse para realizar diferentes optimizaciones con un grado superior de realismo aumentando la fiabilidad de los resultados



# TRABAJO FUTURO

- Necesitamos estudiar y aplicar posibles optimizaciones previas (semáforos, rutas, etc.) a los escenarios
- El objetivo es abarcar los 65 puntos de medición (sensores) disponibles en Málaga así como diferentes períodos (cuatrimestres)
- Esto implica abordar la simulación de la ciudad al completo (tiempo, complejidad, etc.)
- Búsqueda de posible competidores que se puedan utilizar con los datos disponibles



<http://neo.lcc.uma.es>

<http://danielstolfi.com>

**Acknowledgements:** This research has been partially funded by project number 8.06/5.47.4142 in collaboration with the VSB-Technical University of Ostrava and Universidad de Málaga UMA/FEDER FC14-TIC36, programa de fortalecimiento de las capacidades de I+D+i en las universidades 2014-2015, de la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, cofinanciado por el fondo europeo de desarrollo regional (FEDER). Also, partially funded by the Spanish MINECO project TIN2014-57341-R (<http://moveon.lcc.uma.es>). The authors would like to thank the FEDER of European Union for financial support via project "Movilidad Inteligente: Wi-Fi, Rutas y Contaminación" (maxCT) of the "Programa Operativo FEDER de Andalucía 2014-2020". We also thank all Agency of Public Works of Andalusia Regional Government staff and researchers for their dedication and professionalism. Daniel H. Stolfi is supported by a FPU grant (FPU13/00954) from the Spanish Ministry of Education, Culture and Sports. University of Malaga. International Campus of Excellence Andalucía TECH.

