



# La geosimulación, una herramienta para la prevención de los accidentes de tránsito

## The geosimulation, a tool for the prevention of traffic accidents

Castro-Hernández Felipe de Jesús

Universidad Tecnológica de México, UNITEC México

Correo: felipe\_castro@my.unitec.edu.mx

### Resumen

En México los accidentes de tránsito constituyen un problema de salud pública y son la segunda causa de muerte en personas entre 5 y 29 años. Dentro de las metodologías que se utilizan para su entendimiento y prevención se encuentra el uso de los modelos cuantitativos, pero los más utilizados son los de tipo estático, con la característica principal de que no consideran la interacción dinámica de sus variables a través del tiempo, como los basados en los sistemas de información geográfica y en las redes neuronales<sup>1</sup>. En este trabajo se abordó el problema a través del uso de un modelo de tipo dinámico, basado en la técnica llamada geosimulación, donde todos los elementos que intervienen se interrelacionan de manera activa. Para conocer las ventajas de estos respecto a los estáticos, se realizó una representación de la avenida Insurgentes Norte. Con el modelo dinámico se logró una aproximación de manera directa en relación con el número de accidentes reales, estimación que ningún método estático proporcionó. Se analizaron diferentes escenarios modificando las variables que intervienen y se observaron comportamientos emergentes no previstos; por lo que se puede decir que es el modelo más adecuado para su entendimiento y prevención. La aportación técnica que se realizó fue la adaptación de la plataforma basada en agentes para la representación de los accidentes de tránsito.

**Descriptores:** Accidentes de tránsito, geosimulación, modelación basada en agentes, sistemas de información geográfica, modelos dinámicos, traffix.

### Abstract

In Mexico, traffic accidents are a public health problem reaching the second leading cause of fatal injuries among people between 5 and 29 years old. One of the methodologies used to understand and prevent such problem is the use of quantitative models, being the most common the static type. Their main characteristic is that this model does not consider the dynamic interaction of its variables over time, such as those based in geographic information systems and neural networks. This paper addresses the issue and proposes a dynamic type model based on the geosimulation, in which all elements interact with each other and with the environment. To learn the advantages of dynamic models in comparison to the static ones, the author made a patterned representation of the North Insurgentes Avenue in Mexico City. The proposed dynamic model achieved the best relation to the real number of accidents, a result that no static method previously achieved. In addition, the author also analyzed different scenarios by changing the variables involved and then it was possible to observe new unforeseen behaviors. Hence, the author validates that the dynamic type model, based on geosimulation is the best model to represent and predict fatal traffic accidents. The technical contribution was the adaptation of the agent-based platform in the representation of traffic accidents.

**Keywords:** Traffic accidents, geosimulation, agent-based modeling, geographic information systems, dynamic models, traffix.

<sup>1</sup> Se revisaron 168 artículos de casos de modelación de accidentes de tránsito, de los cuales 68% hacen referencia a la utilización de los sistemas de información geográfica y redes neuronales.

### INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tráfico representan una tragedia interminable, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2013) cada año mueren en el mundo 1.24 millones de personas. La mayoría de los esfuerzos en el modelado de fenómenos de naturaleza dinámica se ha

enfocado en trabajar con *snapshots*<sup>2</sup> estáticos que reducen la profundidad natural de la dinámica del mundo para simplificarla, abstrayendo perspectivas que son fijas o estáticas en alguna forma (Martínez y Levachkin, 2014). En el caso de los accidentes de tránsito, la ma-

<sup>2</sup> Procedimiento basado en una secuencia animada de mapas.







En cualquier análisis de un flujo vehicular, sus principales variables deben relacionarse de acuerdo con las ecuaciones antes mencionadas. Para poder representar cualquier entorno, estas deben determinarse de acuerdo con sus condiciones específicas, por lo que al cumplir la plataforma Traffix con estas relaciones es factible simular el caso de estudio (Cal y Mayor y Cárdenas, 2007).

c) La descripción del funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte del modelo, así como la interacción entre estos, se realiza empleando la metodología denominada Proceso Unificado de Desarrollo de Software (Jacobson *et al.*, 2000). Los diagramas que se utilizaron para la descripción fueron: diagramas de casos de uso, diagramas de clases, diagrama de secuencias y diagrama de actividades, este último se muestra en la Figura 1 y se utilizó para describir el funcionamiento del modelo.

El algoritmo del modelo se explica a través de la descripción de sus principales clases:

1) Clase insertNewStatCar: Crea y permite que un vehículo ingrese a la red vial, la cual se creó previamente de acuerdo con un número de carriles y sus medidas, en proporción a las reales; cuando el vehículo se incorpora a la red se

le asigna un color y un tipo de vehículo de acuerdo con una función de números aleatorios llamada Random.uniform.nextIntFromTo (0, 4) y con base en el número que se generó se incorporan cuatro tipos de vehículos: 0-Jeep, 1-PickUp, 2-Truck, 3-SlowTruck y 4-StandarCar.

2) Clase assignDriver: Asigna un conductor a cada vehículo, este contará con un porcentaje a pasarse un alto, rebasar un vehículo cuando tiene otro enfrente, tomar su distancia al siguiente vehículo y a detenerse en un cruce; estos valores se asignaron de manera aleatoria, la correcta asignación de valores queda fuera del alcance de este trabajo.

3) Clase getContainerConfigs: Cuando el vehículo entra al sistema determina su posición y sus velocidades, las cuales se configuran y se obtienen a través de un estudio de aforos vehiculares de manera presencial y a las formulas de la determinación de la velocidad de servicio del Manual de Capacidad Vial (Torres y Pérez, 2002), el número de observaciones se determinaron de acuerdo con una primera muestra y considerando una distribución normal<sup>4</sup>.

4) Clase desiredMove: Cuando el vehículo avanza a la siguiente posición debe tomar la decisión de si se pasa un semáforo, si tiene que

<sup>4</sup> El porcentaje de confiabilidad de la muestra fue de 95%.

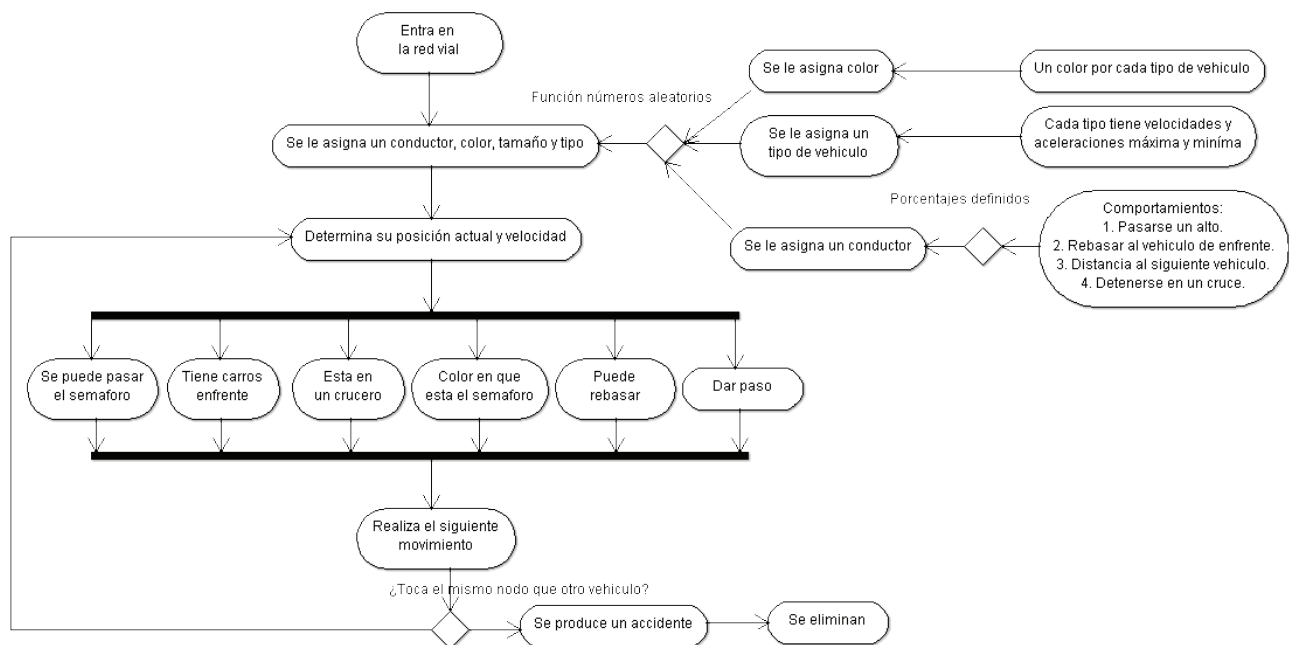


Figura 1. Diagrama de actividades del modelo de accidentes de tránsito, utilizado para entender y predecir (creación propia)

rebasar por tener carros enfrente, si se pasa el crucero, si observa el color del semáforo, si decide rebasar o cede el paso a otro vehículo.

- 5) Clase moveCar: Con base en la decisión anterior, se hace el movimiento del vehículo.
- 6) Clase setCrashed: Cuando dos vehículos tocan el mismo punto se considera como un accidente y se contabiliza, esta es parte de la aportación en programación y en las funcionalidades de la plataforma. Así también es una ventana que nos muestra el número de accidentes que se van registrando.
- 7) Comportamientos específicos como bloqueo de avenidas o transportes públicos que se detienen en terceras filas se colocan en el modelo de manera directa a través de la modificación de los archivos de configuración.
- 8) Otra de las aportaciones realizadas en funcionalidades a través de la programación, fue la creación de una ventana de estadísticas, en la cual vemos de manera gráfica el número de vehículos que existen en el sistema, así como el tiempo promedio de permanencia.

d) Prueba del modelo con datos reales, el modelo se alimentó con la información siguiente, la cual se tomó en campo:

- 1) Se tomaron las condiciones de circulación en el rango de horarios de las 6:00 am a las 8:30 am (horas pico).
- 2) Tipos de vehículos: 4 y sus velocidades máximas fueron de: 45, 35, 50 y 25 kilómetros por hora, respectivamente; sus desaceleraciones: 3, 2, 2 y 2 kilómetros por hora, respectivamente.
- 3) Características de los conductores: rebasar cuando se tenga oportunidad 5%, tomar la ruta más corta, probabilidad de pasarse un semáforo 5%, distancia de proximidad con el vehículo de enfrente 0.5 metros y factor de distracción 5%.
- 4) Tiempo de corrida 50,000 ticks, que es equivalente en tiempo a 34 días.
- 5) Una situación adicional que se registró en el modelo fue que en la zona del metro Indios Verdes, el transporte público bloquea tres de los cuatro carriles, situación que se logró representar modificando un archivo de texto de configuración.
- 6) Con un mapa de curvas de nivel se determinó el cambio de pendiente a lo largo de la avenida, lo cual se reflejó en el modelo como un in-

cremento o disminución de la velocidad de los vehículos en 1%, la determinación de este valor se hizo de manera aleatoria sin ningún soporte, esta fuera del alcance del proyecto.

Cabe recalcar que la aportación técnica que se elaboró en este trabajo fue la adaptación de la plataforma Traffic para poder representar los accidentes de tránsito, a través de la creación de nuevas clases descritas previamente.

### DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la utilización de los sistemas de información geográfica, se determinaron las zonas en donde se presentan con más frecuencia los accidentes, así mismo, hace una proyección en el tiempo. Esta herramienta considera el comportamiento actual de los accidentes, es decir, donde se presentan con más frecuencia se repetirá este patrón. La Figura 2 muestra un mapa temático, el tamaño del círculo es proporcional a la cantidad de accidentes. En la Figura 3 se observa un mapa de calor, la zonas rojas marcan mayor peligrosidad. Los resultados de la proyección en el mismo periodo de tiempo se presentan



Figura 2. Mapa temático de los accidentes de tránsito (creación propia)

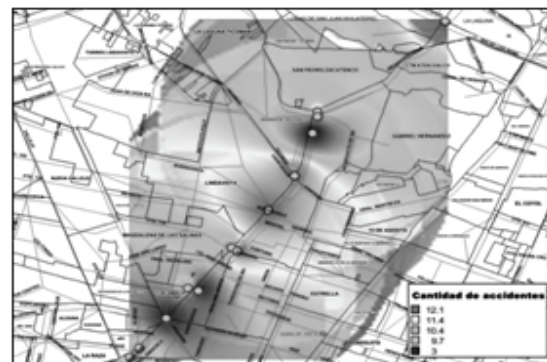


Figura 3. Mapa de calor, el color oscuro indica la mayor presencia de accidentes (creación propia)

en la Tabla 1. En términos generales los resultados son gráficos y señala las zonas de peligrosidad.

Respecto a los resultados del modelo de redes neuronales, los valores de las constantes de la ecuación se muestran en la Tabla 2 y el resultado del pronóstico en la Tabla 3. Revisando estas proyecciones podemos ver que el patrón de comportamiento es similar, es decir, donde existen actualmente la mayor cantidad de accidentes, al paso del tiempo mantendrán el mismo comportamiento y serán directamente proporcionales al flujo vehicular. Asimismo, proporciona el número de accidentes proyectados a través del tiempo a nivel de crucero, pero no permite entender el proceso, ni qué acciones se deben tomar de manera específica para su reducción.

Los resultados del modelo dinámico fueron de 19 accidentes en un lapso de 34 días (5,000 ticks<sup>5</sup>) comparado contra los reales que son de 17 en el año 2013, aquí se marca una diferencia de 2 más, lo que equivale a 13% adicional, cabe mencionar que este fue el único modelo que mostró un resultado de manera directa. Esta diferencia se puede atribuir a que algunos de los parámetros con que se alimentó se asignaron sin ningún soporte científico, como el porcentaje de distracción; asimismo, faltó incluir algunos factores como los desperfectos en la vía o la interferencia de los peatones.

La plataforma incluye los elementos principales de un ambiente vial, y el hecho de que no se integren factores secundarios, no invalida los resultados, ya que la plataforma Traffix es un programa con base en objetos de código libre, que permite incluir factores adicionales, además si se considera la existencia de un sub registro en el conteo de estos, el número proporcionado es mejor, además de entender el fenómeno y proporcionar información para tomar decisiones y reducirlos, esto a través del cambio de algunas variables principales como se menciona en los siguientes párrafos.

En la interface gráfica que se elaboró se puede ver el efecto del bloqueo de los tres carriles que hace el transporte público, en donde el número de vehículos (color rojo) crece de manera exponencial, así como el tiempo que se encuentran en la vía de estudio (Figura 4).

Si se desbloquean los carriles en el área mencionada previamente y se corre nuevamente el modelo, obtenemos que el número de accidentes se reducen a 12, lo que representa una disminución de 29% respecto a los registrados durante el año 2013. Con esto podemos conocer el efecto que tiene el cambio de los diferentes escenarios de acuerdo con los accidentes de tránsito. La Figura 5 muestra la interface con este efecto.

<sup>5</sup> Tick es la unidad de tiempo del modelo y equivale a 10 minutos.

De igual manera, el modelo permite cambiar los diferentes valores de sus parámetros de operación y ver los efectos en la generación de accidentes, por ejemplo, si incrementamos el porcentaje de distracción desde 5% hasta 14% los accidentes se incrementan en 22, lo que equivale a un aumento de 16%. También se puede determinar que el tiempo promedio en recorrer el tramo de estudio es de 45 minutos, contra 15 minutos si no hubiera el bloqueo del transporte público, con lo que se puede determinar la cantidad de horas hombre que se pierden todos los días por este bloqueo, este modelo es un laboratorio en donde podemos analizar comportamientos y efectos no previstos cuando se diseñó.

Después de haber modelado la avenida en estudio utilizando los tres modelos, las ventajas de los modelos dinámicos las podemos resumir en los siguientes puntos:

- a) Representan fenómenos o procesos complejos.
- b) Permiten representar el comportamiento de cada uno de sus elementos a nivel micro y la suma de todos da el comportamiento general del sistema.
- c) Permiten conocer el comportamiento del proceso de manera gráfica.
- d) Todos los elementos tienen como variable principal el tiempo.
- e) Permiten conocer comportamientos que no estaban previstos.
- f) Se pueden realizar escenarios llamados "que pasaría si..." a través del cambio de sus variables principales.

La principal desventaja respecto a los estáticos, es que para poder hacer el diseño del modelo de acuerdo con nuestros requerimientos se deben utilizar programas de código abierto, sin embargo la documentación es poca y no muy clara, por ello, para poder operar este tipo de herramientas se requieren conocimientos avanzados de programación de computadoras.

Tabla 1. Proyección de accidentes de tránsito en la misma unidad de tiempo (creación propia)

Intersección	Calle 1	Calle 2	2013	2014	2020
1	Av. Insurgentes Norte	Eje 5 Norte Av. Montevideo	30	31	41
2	Av. Insurgentes Norte	Av. Acueducto de Guadalupe	28	30	38
3	Av. Insurgentes Norte	Eje 4 Norte Av. Euzkaro	31	33	43
4	Av. Insurgentes Norte	Av. Ticoman	26	28	36
5	Av. Insurgentes Norte	Av. Ferrocarril Industrial (Clave)	17	17	23
6	Av. Insurgentes Norte	Circuito Interior	18	19	25
7	Av. Insurgentes Norte	Poniente 112	18	19	25
8	Av. Insurgentes Norte	Fortuna	10	10	14
9	Av. Insurgentes Norte	Av. Cuiclahuac	7	7	9
10	Av. Insurgentes Norte	Moctezuma	5	5	7
11	Av. Insurgentes Norte	Tenochtitlan	5	5	7
12	Av. Insurgentes Norte	Excelsior	7	7	9
Total de accidentes			202	212	276

Tabla 2. Valores de las constantes de la variable predictiva a partir de los accidentes de tránsito y del aforo vehicular (creación propia)

Predictor		Predicted			Output Layer VAR00001
		Hidden Layer 1 H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	
Input Layer	(Bias)	.640	.372	.124	
	VAR00002	.205	-.081	-.426	
Hidden Layer 1 (Bias)					-.733
H(1:1)					-.522
H(1:2)					-1.872
H(1:3)					-.263

Tabla 3. Valores proyectados de los accidentes de tránsito utilizando redes neuronales (creación propia)

Intersección	Calle 1	Calle 2	2013	Aforo vehicular	Valores pronosticados
1	Av. Insurgentes Norte	Eje 5 Norte Av. Montevideo	30	50	42
2	Av. Insurgentes Norte	Av. Acueducto de Guadalupe	28	45	38
3	Av. Insurgentes Norte	Eje 4 Norte Av. Euzkaro	31	40	34
4	Av. Insurgentes Norte	Av. Ticoman	26	20	17
5	Av. Insurgentes Norte	Av. Ferrocarril Industrial (Clave)	17	15	13
6	Av. Insurgentes Norte	Circuito Interior	18	25	21
7	Av. Insurgentes Norte	Poniente 112	18	15	13
8	Av. Insurgentes Norte	Fortuna	10	10	8
9	Av. Insurgentes Norte	Av. Cuiclahuac	7	9	8
10	Av. Insurgentes Norte	Moctezuma	5	10	8
11	Av. Insurgentes Norte	Tenochtitlan	5	8	7
12	Av. Insurgentes Norte	Excelsior	7	7	6
Total de accidentes			202	254	215



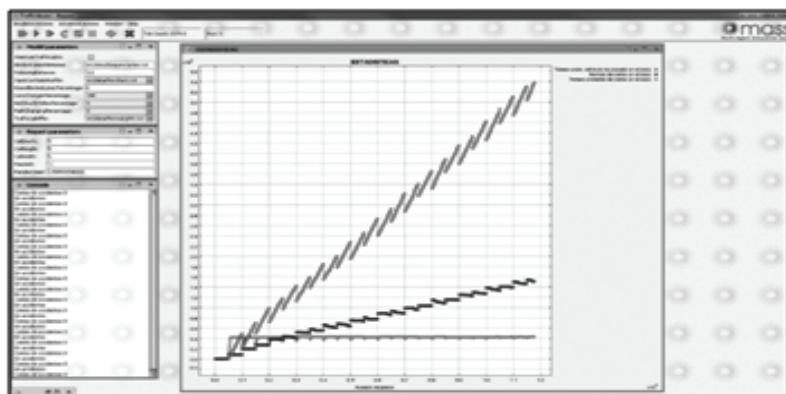


Figura 4. Interface gráfica que muestra el comportamiento de los vehículos en el área de estudio (creación propia)

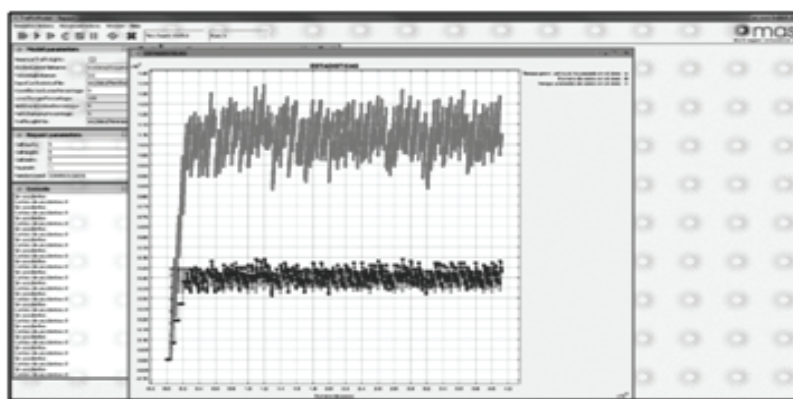


Figura 5. Interfaces gráficas del comportamiento de los vehículos con el desbloqueo de los carriles por el transporte público (creación propia)

### CONCLUSIONES

En este trabajo se ha explorado el uso de la geosimulación, y de manera específica, de la modelación basada en agentes para analizar y prevenir los accidentes de tránsito, utilizando como base una plataforma de simulación avanzada llamada Traffix. Esta se adaptó creando un ambiente virtual representativo de los accidentes de tránsito, donde interactúan los elementos que la forman y proporciona un resultado de comportamiento único.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que es la mejor herramienta para la proyección, entendimiento y generación de información para la toma de decisiones, asimismo, logra la reducción con las siguientes ventajas respecto a los estáticos:

- Un mayor nivel de agregación en la información generada permite entender el fenómeno de manera gráfica.
- Informa de comportamientos no previstos, ya que sus elementos tienen interacción individual.
- Contiene organismos inteligentes que exhiben un comportamiento complejo, a pesar de que inevitablemente tiene muchas debilidades.

Este enfoque es el más adecuado actualmente, disponible para el modelado de los accidentes de tránsito (modelo complejo). En este modelo solo se consideraron elementos fundamentales, sin embargo con algunas mejoras, puede ponerse a disposición de los organismos políticos encargados de desarrollar acciones concretas para reducir el número de accidentes. La principal desventaja es que la curva de aprendizaje para operar de manera eficiente este tipo de modelos es muy grande, por lo que se requiere tener conocimientos a nivel de experto en programación de computadoras.

### REFERENCIAS

- Aguilar A. Los accidentes y la promesa 2089. *Periódico Excelsior* [en línea] México, 19 de agosto de 2012. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2012]. Disponible en: [http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=opinion&cat=11&id\\_notas=854248](http://www.excelsior.com.mx/index.php?m=nota&seccion=opinion&cat=11&id_notas=854248)
- Anderson J.A. *Redes neuronales*, 1a ed., México, Alfa Omega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2007, pp. 120-125. ISBN: 9789701512654.
- Bálint B. *Traffix Developer Guide*, ELTE-IKKK in association with AITIA International Zrt. Budapest, Hungría, 2007.

- Bálint B. y Gulyás L. *Traffix: A framework for agent-based traffic simulations*, en: Quinta Conferencia de la Asociación Europea de Simulación, septiembre, 2008, Brescia, Italia, Universidad de Brescia, Asociación Europea de Simulación, 2008, 12 p.
- Benenson I. y Torrens P.M. *Geosimulation: Automata-based modeling of urban phenomena*, 1a ed., Inglaterra, John Wiley & Sons, LTD, 2005, 312 p. ISBN: 978-0-470-84349-9.
- Cali y Mayor R. y Cárdenas J. *Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones*, 8a ed., México, enero de 2007, pp. 275-325. ISBN: 970-15-1238-3.
- CENAPRA. Estrategia Nacional de Seguridad Vial [en línea] México, 10 de junio de 2011 [Fecha de consulta: 12 de marzo de 2012]. Disponible en: [http://www.cenapra.salud.gob.mx/interior/estrategia\\_nacional\\_de\\_seguridad\\_vial.html](http://www.cenapra.salud.gob.mx/interior/estrategia_nacional_de_seguridad_vial.html)
- CENAPRA. Informe sobre la situación de la seguridad vial en México [en línea] México, 2013 [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Documentos/Infografia2013.pdf>
- Chías L. Diagnostico espacial de los accidentes de tránsito en el DF [en línea] CENAPRA, México, 2011 [Fecha de consulta: 25 de abril de 2011]. Disponible en: [http://www.cenapra.salud.gob.mx/interior/Materiales\\_CONAPRA/Publicaciones\\_Especializadas/4\\_Diagnstico\\_espacial\\_de\\_los\\_accidentes\\_de\\_trxnsito\\_en\\_el\\_DF\\_-\\_PRELIMINAR.pdf](http://www.cenapra.salud.gob.mx/interior/Materiales_CONAPRA/Publicaciones_Especializadas/4_Diagnstico_espacial_de_los_accidentes_de_trxnsito_en_el_DF_-_PRELIMINAR.pdf)
- Haddon Jr.W. *Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy*, Public Health Report, Ginebra Suiza, 1980, pp. 411-421.
- Instituto de Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Distrito Federal. Vías con mayor cantidad de accidentes [en línea] México, 29 de noviembre de 2005 [Fecha de consulta: 12 de febrero de 2012]. Disponible en: [http://www.infodf.org.mx/pdfs/resoluciones/recur05/RL\\_0058.pdf](http://www.infodf.org.mx/pdfs/resoluciones/recur05/RL_0058.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 11 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx>
- Jacobson I., Booch G., Rumbaugh J. *El proceso unificado de desarrollo de Software*, 2a ed., Madrid, Pearson Addison Wesley, Pearson Education S.A. de C.V., 2000.
- Journal of Artificial Societies and Social Simulation. Tools of the trade: A survey of various agent based modeling platforms [en línea] 31 de marzo de 2009 [Fecha de consulta: 1 de abril de 2013]. Disponible en: <http://jass.soc.surrey.ac.uk/12/2/2.html>
- Langran G. *Time in geographical information systems*, Londres Inglaterra, Ediciones Taylor & Francis, 1993, p. 185. ISB: 0-7484-0059-1.
- Laboratorio para la Ciudad. Reporte vial [en línea] Enero 2013 [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2014]. Disponible en: <http://datos.labplc.mx/>
- Martinez M. y Levachkine S. Modelo conceptual de entornos geográficos dinámicos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XV (número 2), abril-junio 2014: 163-174. ISSN: 1405-7743.
- North M.J. y Macal C.M. *Managing business complexity*, New York, Oxford University Press, 303 p. ISB: ISBN-13: 978-0195172119 y ISBN-10: 0195172116
- Organización Mundial de la Salud. *Factores de riesgo de las colisiones, prevención de lesiones causadas por el tránsito*, Ginebra, Suiza, Manual de Capacitación, 2009.
- Organización Mundial de la Salud. Lesiones causadas por el tránsito [en línea] Ginebra, Suiza, marzo de 2013 [Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2013]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/es/>
- Qureshi Z.H. *A review of accident modelling approaches for complex socio-technical systems*, Defence and Systems Institute, University of South Australia, Mawson Lakes Campus, 2009.
- Roche J. Geographic information systems-based crash data analysis and the benefits to traffic safety [en línea] en: Transportation Scholars Conference Ames Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, 2010, pp. 110-122 [Fecha de consulta: 3 de enero 2015]. Disponible en: <http://www.intrans.iastate.edu/mtc/documents/studentPapers/2000/roche.pdf>
- Schabenberger O. y Gotway C. *Spatial methods for spatial data analysis*, 1a ed., Nueva York, Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, 2005, 512 p. ISBN-10: 1584883227 y ISBN-13: 978-1584883227
- SSPSS Company. Manual de consulta del software SSPS versión 16.0, 2007 [en línea] Marzo de 2007 [Fecha de consulta: 5 de enero de 2012]. Disponible en: <http://min.webs.upv.es/wp-content/uploads/2011/03/Manual-SPSS16.pdf>
- Torres G. y Pérez J. Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución. *Instituto Mexicano del Transporte, publicación técnica*, (número 214), 2002: 24-25, Sanfandila, Qro.

## BIBLIOGRAFÍA

2010 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://www.insp.mx/noticias/boletines-de-prensa/205-accidentes-de-transito-importante-problema-de-salud.html>

Mejía-Sánchez J.A. *Sistema de detección de intrusos en redes de comunicaciones utilizando redes neuronales* (tesis de licenciatura en ingeniería en electrónica y computadoras), Universidad de las Américas Puebla, 2004.

Organización Mundial de la Salud. *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito: resumen*, Ginebra, Suiza, Organización Mundial de la Salud, 2004.

#### **Citación sugerida:**

##### **Citación estilo Chicago**

Castro-Hernández, Felipe de Jesús. La geosimulación, una herramienta para la prevención de los accidentes de tránsito. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIX, 02 (2018): 135-145.

##### **Citación estilo ISO 690**

Castro-Hernández F.J. La geosimulación, una herramienta para la prevención de los accidentes de tránsito. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XIX (número 2), abril-junio 2018: 135-145.

#### **SEMBLANZA DEL AUTOR**

*Felipe de Jesús Castro-Hernández.* Candidato a doctor en geografía por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México. Realizó estudios como ingeniero industrial en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas (UPIICSA) del IPN durante el periodo de 1989 a 1993, obtuvo el grado de maestro en administración en el año de 1998 por parte del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Actualmente trabaja como profesor en la Universidad Tecnológica de México y es consultor en la empresa Neus, sus áreas de interés son la geosimulación, optimización espacial y logística.