

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Soluciones Informáticas
Recibido: 10/03/18 | Aceptado: 04/5/18 | Publicado: 25/05/18

Simulación basada en agentes: Un estudio de caso

Agent based simulation: A case study

Dayan Bravo Fraga¹, David Iglesias Díaz², Mailyn Moreno Espino³

¹ Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), diglesiasd@ceis.cujae.edu.cu

² Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), dbravo@ceis.cujae.edu.cu

³ Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), my@ceis.cujae.edu.cu

* Autor para correspondencia: usuario@dominio.com

Resumen

Desde su surgimiento hace ya unos años, la simulación de procesos y situaciones ha consistido un pilar fundamental en la toma de decisiones. Recientemente y con la ayuda de la orientación a agentes, se ha posibilitado la creación de modelos de simulación que incorporen inteligencia y que brinden de alguna forma un acercamiento aún más cercano a la realidad de los procesos de la vida real. La unión de la simulación y el paradigma de agentes ha permitido el surgimiento de la simulación basada en agentes.

Por otra parte, debido al incremento de los desastres provocados por el aumento de la ocurrencia de fenómenos naturales, en su mayoría producto del cambio climático, se ha creado la necesidad de buscar nuevas alternativas para mitigar y/o reducir afectaciones y pérdidas debido a estas causas. Una de estas alternativas consiste en la utilización de la simulación incorporada a los sistemas multi-agente para generar modelos simulados que se asemejen a tales condiciones naturales de aleatoriedad y que puedan generar información útil para preservar vidas humanas y recursos materiales.

Palabras clave: Agentes inteligentes; Simulación basada en agentes

Abstract

ince it's invention some years ago, the use of simulation in day to day processes has been a pillar in business decision making in big stakes. Recently and thanks to the introduction of agent oriented methodologies, a new field has given birth, allowing the creation of simulation models that includes agent behavior and artificial intelligence and that somehow gives an ever closer approach to the real life process. The union between the simulation and the agent paradigm has allowed the creation of agent-based modeling and simulation.

In the other hand, due the increment of disasters provoked by the increasing amount of natural phenomes, mostly caused by global climate change, the need to find new alternatives to mitigate and reduce losses due to this causes. One of this alternatives consist in the use of the simulation in joint force with multi-agent systems to be able to make simulation models that can be similar to such natural conditions of randomness and can generate useful information to preserve human lives and economic resources.

Keywords: *Intelligent Agents; Agent based Simulation*

Introducción

En la actualidad, la puesta en marcha de un proceso o sistema sin antes tener cierto grado de confianza de su funcionamiento, es una mala práctica. Esto es provocado por el riesgo de ocurrencia de colapsos, insuficiencias y errores, es decir, obtención de resultados no esperados. La previa simulación de los eventos que se desean poner en práctica, no soluciona los problemas que estos puedan tener, pero bien, puede ayudar a identificarlos y evaluar cuantitativamente soluciones alternativas.

Existen varios tipos de simulación computacional. En ellas no se puede determinar cuál es la más conveniente aplicar para todos los casos(1)(2) ya que presentan características que las hacen ser eficientes en algunos casos, e incompatibles en otros. Aun así, uno de los tipos de simulación que más se destaca por su amplia aplicación es la Simulación Basada en Agentes (ABS, por sus siglas en inglés), constituyendo una tecnología que ha demostrado ser una ciencia computacional avanzada capaz de lograr mejoras sustanciales en un rango de aplicaciones debido a su paradigma de la estructura de toma de decisiones basado en el razonamiento cognitivo. Este tipo de simulación explota de forma favorable las características de los agentes inteligentes y Sistemas Multi-Agente (MAS, por sus siglas en inglés).

En el presente trabajo se abordarán algunas herramientas que dan soporte a esta tecnología, así como la elaboración de un estudio de caso fundamentando su implementación en los procesos de evacuación de personal de edificaciones y la validación de configuraciones semafóricas en intersecciones viales, los cuales pudieran ser beneficiados de incluirse dichas tecnologías como parte del proceso de ejecución en nuestro país.

Materiales y métodos o Metodología computacional

A continuación, se enuncian unas breves descripciones de las herramientas utilizadas, así como algunas características que sirvieron como fundamentación a la hora de elegirla para ejecutar la programación de los modelos necesarios en el estudio de caso.

MASON

Desarrollada en los laboratorios de computación de la Universidad George Mason en conjunto con el Centro GMU para el estudio de complejidades sociales(3). Su primera versión fue publicada en 2003 y actualmente continua su desarrollo para brindar nuevos elementos de interés a la comunidad. Su nombre, además de referirse a la institución donde fue creada, se deriva del acrónimo del inglés (*Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods*).

Aunque MASON es menos extensivo que otras librerías similares, su diseño fue elaborado para apoyar la simplicidad y la velocidad de ejecución como prioridades. Actualmente se puede incluir directamente como una librería de desarrollo en Eclipse para versiones de java superiores a 1.6.

Las bibliotecas se proporcionan para visualizar en 2D y en 3D (utilizando Java3D), manipular el modelo gráficamente, tomar capturas de pantalla y generar películas (utilizando Java Media Framework). Aunque los kits de herramientas de visualización son bastante grandes, el modelo de simulación de núcleo es intencionalmente muy pequeño, rápido y fácil de entender.

Como parte de la integración con GIS, MASON cuenta con una extensión opcional llamada GeoMason la cual añade soporte para datos geoespaciales y se publica bajo la Licencia Libre Académica.

GAMA

GAMA(4) es una herramienta de desarrollo para construir simulaciones de agentes geo-espaciales, incluye su propio lenguaje de modelado basado en JAVA y diversos comportamientos embebidos para la creación de agentes con características que se le incorporen.

Posee múltiples dominios de aplicación, un lenguaje de alto nivel intuitivo basado en agentes (GAML) que a su vez es esencialmente un código de anotación implementado en JAVA. Es capaz de incorporar información de archivos GIS y otras formas de información (DB). Posee una interfaz declarativa sencilla y soporta un alto nivel de inspección en tiempo real de los agentes con multi-capa (2D/3D).

Actualmente GAMA está siendo desarrollada por múltiples equipos de desarrollo en colaboración bajo el estándar de IRD/UPMC con mantenimiento activo. Entre sus características principales se encuentran:

- Múltiples dominios de aplicación: Garantiza la posibilidad de utilizar GAMA para cualquier dominio de aplicación que desee.
- Lenguaje de alto nivel e intuitivo basado en agentes: Permite escribir sus modelos fácilmente usando GAML

como lenguaje.

- GIS y modelos dirigidos por datos: Ofrece instanciar agentes de cualquier conjunto de datos, incluyendo datos GIS, y ejecutar simulaciones a gran escala (hasta millones de agentes).
- Interfaz de usuario declarativa: Se pueden declarar interfaces que soporten inspecciones profundas en agentes, paneles de acción controlados por el usuario, pantallas multidimensionales 2D / 3D y aspectos de agente.

Es necesario en esta instancia abordar un poco sobre GIS (*GeographicInformationSystems*), el cual está definido por varios autores(5)(6), que los sistemas de información geográfica (GIS) no son más que la asociación de software, hardware y herramientas que permiten representar, almacenar y obtener datos geográficos con el fin de resolver problemas complejos que requieran la utilización de información geográfica para representar datos. De esta forma se plantea como requisito la incorporación de GIS a los modelos de simulación planteados para recrear con datos reales los procesos y obtener de esta forma resultados que se asocien con la realidad. Para esto existen numerosas herramientas que soportan la manipulación de datos GIS, algunas de las cuales serán mencionadas a continuación.

Existen numerosas aplicaciones gratuitas que dan soporte a la edición y manejo de ficheros GIS, dentro de las cuales se encuentran ArcGIS(7), GeoFramework(8), QGIS(9)entre otros. Dichas herramientas permiten una manipulación de la estructura interna de los ficheros para de esta forma concatenar los tipos de datos a utilizar dentro de las simulaciones requeridas.

Se hace posible además la utilización de herramientas para de ser el caso, migrar contenido de hojas DWG(10)a ficheros GIS, para que de esta forma puedan ser manipulados e utilizados en la creación de los modelos necesarios para simular los procesos deseados.

Resultados y discusión

En este apartado se realizará una descripción detallada de los casos involucrados en el estudio de caso, los cuales brindaran las bases de comprensión de los mismos, así como todos los elementos que involucran.

Caso 1: Evaluación de comportamiento en evacuaciones.

En este caso se modelará el proceso de evacuación de un edificio determinado, cuyos datos están presentes en formato GIS y aportan la ubicación geográfica del modelo. El modelo fue escrito utilizando GAMA por las posibilidades que brinda al incorporar GIS y el modelo BDI para asemejar este proceso lo mejor posible a la realidad. Dentro del mismo se pudieron definir diferentes tipos de comportamiento, los cuales serán descritos más adelante.

Dentro de la ejecución del proceso, existirán factores que podrán ser modificados para observar comportamientos, los cuales serán descritos a continuación:

- Cantidad de personas en el edificio.
- Nivel de Pánico.
- Nivel de Cansancio.
- Nivel de Miedo
- Velocidad del individuo.
- Conocimiento de la ruta de salida más próxima.
- Edad de las personas.

Como el carácter de la simulación es de corte académico y con fines ilustrativos, la edificación modelada se generó de forma arbitraria y se representa en formato 3D para poder observar cómo se comportan las entidades dentro de los diferentes niveles de la estructura. El objetivo que persigue la simulación es determinar el tiempo máximo utilizado por las entidades dentro de la edificación para evacuar el edificio atendiendo a diferentes parámetros, todos ajustables dentro del ambiente simulado. En la Figura 1 Ambiente de simulación de la edificación se puede observar la representación gráfica resultante del modelo antes de iniciar la simulación.

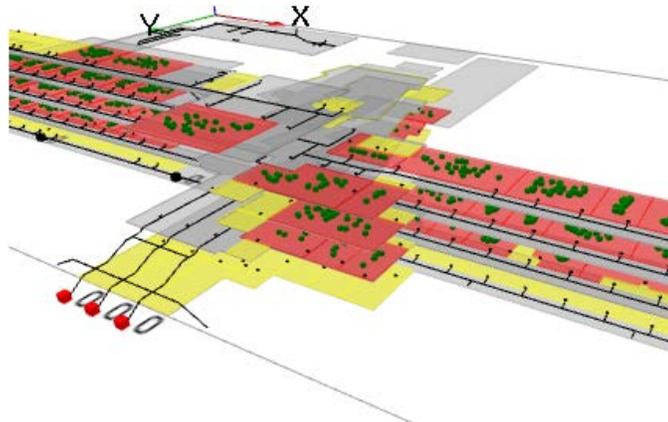


Figura 1 Ambiente de simulación de la edificación

Las salidas de la edificación podrán tener dos estados (activa/inactiva), cuya representación estará en dependencia del color que se muestre (rojo/negro). Las entidades deberán proceder a evacuar el edificio una vez inicie la simulación. El proceso culminará una vez todo el personal haya encontrado una salida de la edificación, denotando con color (amarillo/rojo) la tenencia de entidades en una habitación en específico dentro de la estructura.

En la Figura 1 Ambiente de simulación de la edificación se puede observar además a las entidades ya representadas, cuyos elementos y definición serán descritos posteriormente.

Para este proceso en específico existirán un conjunto de parámetros que podrán ser controlables dentro del ambiente de simulación, los cuales agregan otro nivel de dinamismo al modelo para poder representar diferentes situaciones que se requieran. Dichos elementos son:

- Modificar el estado de las salidas de emergencia (abierto/cerrado).
- Bloquear acceso aleatorio de una ruta de escape.
- Modificar el nivel de pánico de las entidades.
- Modificar el nivel de cansancio de las entidades.
- Modificar el nivel de miedo de las entidades
- Efecto del cansancio en las entidades.
- Efecto del pánico en las acciones de las entidades.
- Efecto del miedo en las acciones de las entidades.
- Porcentaje de entidades que conocen las salidas de emergencia.

Para agregar un nivel de complejidad adecuado, las entidades podrán transitar por 3 estados fundamentales que se denotaran por el color de la misma, las cuales pueden ser (amarillo para el caso de cansancio, azul para el pánico, roja para el miedo y verde para su estado óptimo).

En este proceso de evacuación de personal de un edificio se modelaron las siguientes entidades, las cuales serán nombradas y descritas a continuación.

- <people>: Es la entidad que simulará el proceso de comportamiento de los seres humanos en este modelo, tendrá una base descrita en el modelo DBI e incluirá las acciones y reflejos propios, poseerá además parámetros de entrada para definir el tipo de comportamiento en base al nivel de pánico, la edad y el conocimiento de la salida de la edificación.
- <room>: Servirá como contenedor de las entidades en el proceso y poseerá en cada instante de tiempo una lista con los agentes de tipo “*people*”, así como la relación de elementos de geografía cargados de los mapas GIS.
- <doors>: Aunque este elemento no poseerá carácter activo en la simulación de este proceso, es válido mencionarla ya que estará representada visualmente. Tendrá un parámetro que controlará si el elemento tendrá o no bloqueado el paso de otras entidades.
- <exit_point>: Esta entidad tendrá como propósito servir de objetivo a las entidades de tipo “*people*” para realizar la evacuación del edificio y contara con un parámetro para bloquear o desbloquear dicha salida, además de un contador de entidades que pudieron evacuar por dicho elemento.

- <floors:>: Funcionará como contenedor de entidades de tipo “room” para el procesamiento visual del modelo y el mismo tendrá un color definido en el proceso en dependencia si existen o no entidades en el piso en cuestión.
- <indoor_path>: Servirá como representación lógica de la lista de posibles caminos a transitar por las entidades de tipo “people” en el modelo.

Sus datos serán cargados del fichero GIS en cuestión que posee los caminos mencionados y se transformarán en grafos con peso en dependencia de su longitud.

En este proceso se brindará además información estadística en tiempo de ejecución y representadas en diferentes formatos de gráficas, como se muestra en la Figura 2 Gráfica de cantidad de personas por nivel

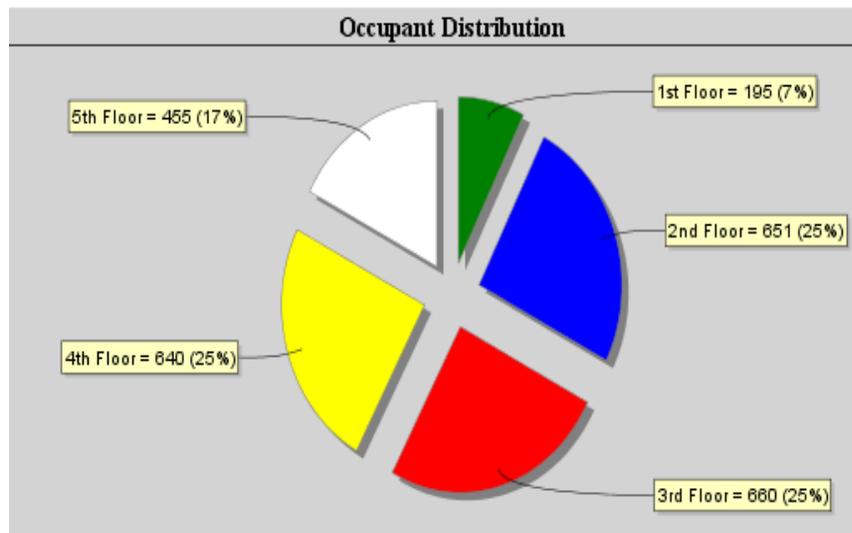


Figura 2 Gráfica de cantidad de personas por nivel

Con estos resultados alcanzados se puede validar la utilización de esta tecnología para ejecutar simulaciones en las edificaciones que lo requieran, para de esta forma conocer el tiempo de evacuación necesario durante un evento extraordinario.

Caso 2: Validación de configuraciones semafóricas en redes viales.

Por su parte, este caso aborda el modelado correspondiente a la interacción de vehículos y semáforos por redes viales. Con el objetivo de validar las configuraciones de los semáforos.

La arquitectura candidata que se elige a ser arquitectura propuesta, es la que brinda la plataforma MASON, por sus características distintivas como lo son su licencia académica libre (*open source*) que da total libertad de uso para este fin educativo.

Los datos de entrada para la simulación los componen: localización de los semáforos, fases y tiempos de fases de cada uno, velocidad de los vehículos, tiempo entre arribo de los vehículos por cada vía entrante.

Luego de definidos los parámetros de entrada, he iniciada la simulación, los vehículos empiezan a arribar, según la distribución definida. Estos, se transportan por la red vial tomando decisiones aleatorias en los cruces de varias intercepciones, siempre intentando no colisionar entre ellos. Al aproximarse un vehículo a un semáforo, este verificará su estado, y en dependencia, tomará la decisión de esperar o continuar.

Cuando un vehículo se encuentra a la espera de la luz del semáforo o de otro vehículo, será contabilizado. Con este, y otros datos se generan estadísticos, útiles para para el posterior análisis y toma de decisiones.

De esta forma, se puede obtener el comportamiento de una red vial, bajo condiciones. Previamente definidas, esto, sin necesidad de correr el riesgo de ponerla en la práctica y sea un fracaso que incluya perdidas económicas o humanas.

Materiales específicos del caso 2:

GeoMason:

Como parte de la integración con GIS, MASON cuenta con una extensión opcional llamada GeoMason la cual añade soporte para datos geoespaciales y se publica bajo la Licencia Libre Académica.

Maven es una palabra yiddish (Lengua hablada por los judíos de origen alemán, que se formó con elementos del hebreo, francés antiguo, alto alemán y dialectos del norte de Italia) que significa acumulador de conocimiento, surgió originalmente como un intento de simplificar los procesos de construcción en el proyecto Turbina de Yakarta. Hubo varios proyectos cada uno con sus propios archivos de compilación Ant que eran ligeramente diferentes y los JAR se registraron en CVS. Se perseguía alcanzar una forma estándar de construir los proyectos, una definición clara de lo que consistía el proyecto, una manera fácil de publicar información del mismo y una forma de compartir ficheros con extensión JAR en varios proyectos. El resultado es una herramienta que ahora se puede usar para construir y administrar cualquier proyecto basado en Java [28].

En [28] se describen los objetivos fundamentales de Apache:

1. Facilita el proceso de compilación: Maven no elimina la necesidad de conocer los mecanismos subyacentes de los procesos, pero proporciona una gran cantidad de protección contra los detalles.
2. Proporciona un sistema de construcción uniforme: Maven permite construir un proyecto usando su modelo de objeto de proyecto (POM) y un conjunto de complementos que son compartidos por todos los proyectos que usan

Maven, proporcionando un sistema de compilación uniforme. Una vez que el desarrollador se familiarice con cómo se construye un proyecto de Maven, automáticamente sabe cómo se desarrollan todos los proyectos de Maven, lo que ahorra inmensas cantidades de tiempo al tratar de navegar por muchos proyectos.

3. Facilita la automatización: Maven extiende Ant para poder descargar y administrar las dependencias de los proyectos de manera automática desde internet sin tener pleno conocimiento sobre la ubicación de las mismas.

Reglas del negocio

Tabla 1. Reglas del negocio

Patrón	Descripción
Valor	Luz del semáforo: verde or amarilla or roja
Fórmula	tiempo de transporte = hora de salida – hora de llegada
Estructura	El semáforo tiene varias caras de semáforo Cada cara de semáforo tiene luz y tiempo de espera para el cambio
Precondición	Para que un automóvil atraviese una intercepción semaforizada tiene que estar su cara del semáforo en verde
Duración	La luz amarilla dura de 3 a 5 segundos
Organización	Los datos estadísticos se exportan hacia un repositorio de datos de la aplicación.
Responsabilidad del Actor	El usuario configura la simulación El usuario decide cuando se comienza la simulación.
Estímulo/Respuesta	Si se cierra inesperadamente la aplicación se tendrán datos de recuperación.
Repetición	Mientras que no se logre un resultado satisfactorio se podrán reconfigurar los parámetros y simular nuevamente.

En un inicio se carga el mapa donde se realizará la simulación, y se rellena el formulario con los datos de configuración, tiempo de los semáforos, cantidad de autos, etc.

Conclusiones parciales

Con este caso se logró:

Demostrar que MASON puede ser utilizado para realizar simulaciones orientadas al tráfico vial.

Modelar una simulación basada en agentes relacionada con el tráfico vehicular que ayuda con la búsqueda de configuraciones eficientes en los semáforos.

Diseño de Experimentos (DoE)

Para validar el modelo, se lleva a cabo un DoE orientado al ejemplo: “Esquina semaforizada simple”. Para ello se siguen las directrices del diseño de experimentos.

Fase de planeación.

Reconocimiento y formulación del problema

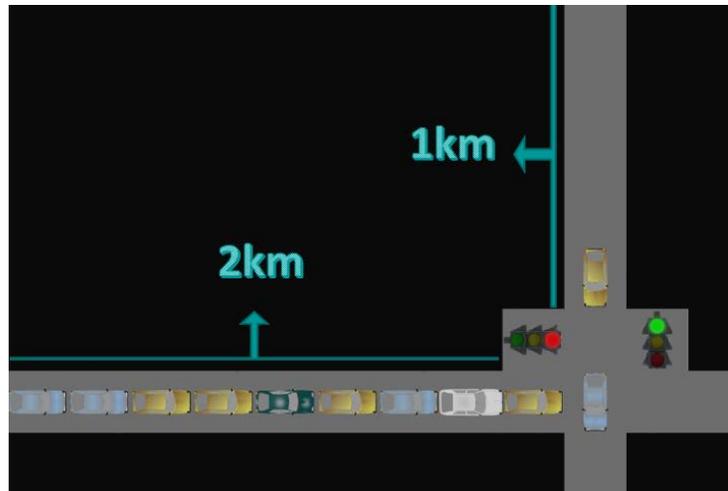


Figura 3. Esquina semaforizada simple

Se quiere realizar una simulación de un semáforo, de forma tal que los vehículos lleguen, de su comienzo a su fin, en el menor tiempo posible. El entorno está definido por una intercepción semaforizada simple, donde los vehículos arriban desde cierta distancia del semáforo desde dos vías.

El rendimiento es tiempo (en minutos) que demoran 80 vehículos en pasar por una intercepción con semáforo. El objetivo es minimizar este tiempo.

Factores y niveles:

Id	Factores	Niveles		Unidad
		Bajo (-1)	Alto (1)	
	Para vía principal / secundaria	Bajo (-1)	Alto (1)	
A	Tiempo de verde de los semáforos	20 / 10	40 / 15	S
B	Velocidad vehículos	60 / 30	80 / 40	Km/h
C	Arribo	21 / 7	35 / 14	u/min

Todos los factores definidos son controlables.

Fase de diseño.

Resolución de diseño

Cantidad de factores = 3

Resolución factorial completo.

Tratamientos = $2^3 = 8$

Evita confusión o alias

Fase de conducción.

Resultado de los experimentos

En la Tabla 3 Minitab: resultado de los experimentos quedan reflejados cada uno de los resultados de los experimentos realizados según el tratamiento.

Tabla 2 Minitab: resultado de los experimentos

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	semaforo	velocidad	arribo	tiempo
1	4	1	1	1	-1	-1	-1	2.86712
2	2	2	1	1	1	-1	-1	1.36489
3	8	3	1	1	-1	1	-1	2.98911
4	3	4	1	1	1	1	-1	1.66073
5	5	5	1	1	-1	-1	1	2.73238
6	7	6	1	1	1	-1	1	1.91522
7	6	7	1	1	-1	1	1	2.65587
8	1	8	1	1	1	1	1	1.39247

Fase de análisis.

A continuación, la Tabla 4 Leyenda de factores por Id, indica la relación de cada factor con su respectivo Id, el cual se usa para denotarlos en:

Tabla 3 Leyenda de factores por Id

Id	Factores
A	Tiempo de verde de los semáforos
B	Velocidad vehículos
C	Arribo

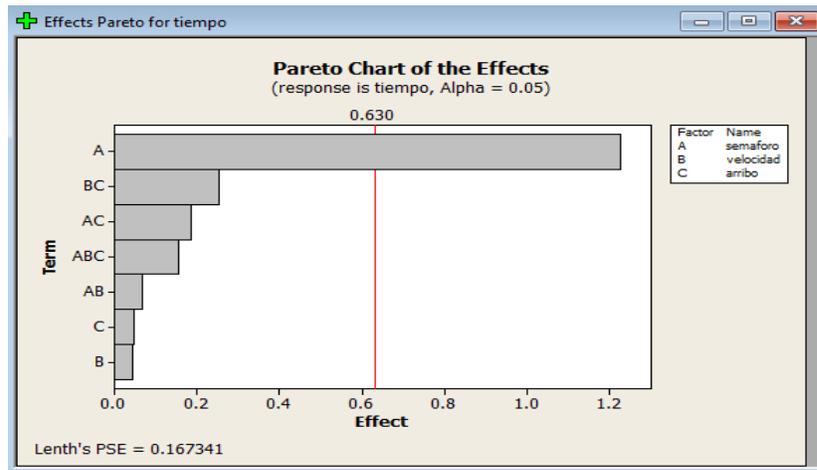


Figura 5. Gráfica de Pareto

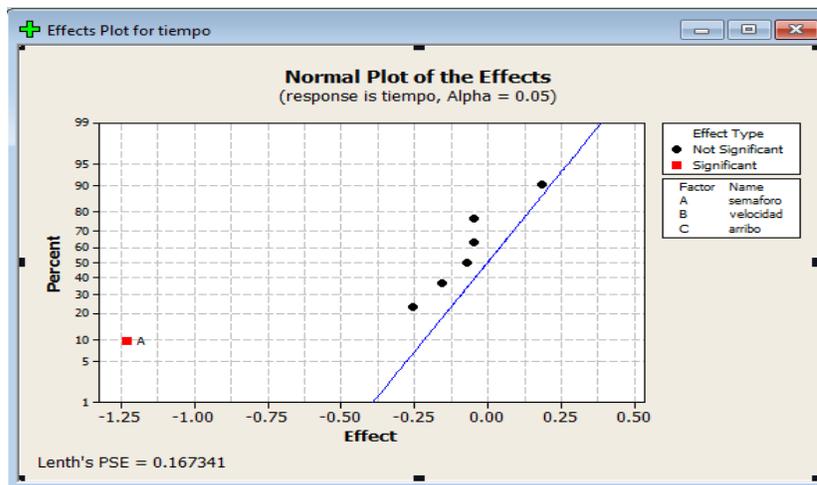


Figura 6. Gráfica de Probabilidad Normal

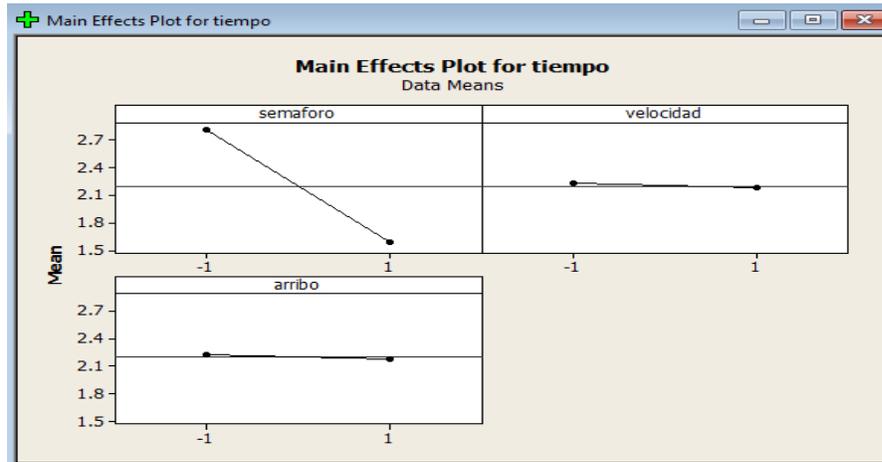


Figura 7. Efectos principales

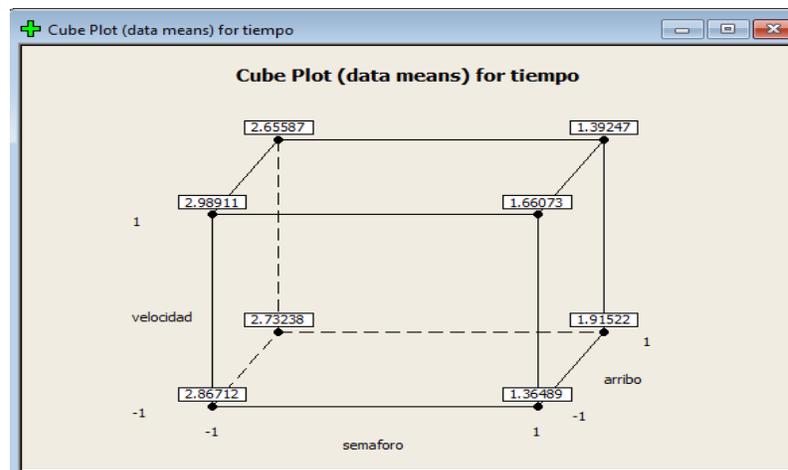


Figura 9. Gráfica de Cubo

Conclusiones del DoE:

No existe confusión o alias.

El efecto influyente es el tiempo de los semáforos (A).

La configuración óptima es:

Id	Factores	Niveles	P/S	Unidad
A	Tiempo de verde de los semáforos	Alto (1)	40 / 15	S

B	Velocidad vehículos	Bajo (-1)	60 / 30	Km/h
C	Arribo	Bajo (-1)	21 / 7	u/min

Conclusiones

Al concluir este trabajo se puede ver que la Simulación Basada en Agentes cuenta con varias plataformas de desarrollo. Entre las que permiten el uso de GIS están MASON y GAMA. El uso de dichas plataformas y la unión con GIS tanto datos de edificios como mapas de carreteras unido a las características proactivas de los agentes ayudan a la toma de decisiones tanto en la configuración de semáforos como en la prevención de desastre con evacuación de personas. El estudio de caso es una técnica que permite validar herramientas y métodos en problemas reales.

Referencias

1. Curiel, M. *Tipos de simulación*. 2003.
2. Kelton, WD y Law, AM. *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill New York : s.n., 1991.
3. MASON Toolkit Web. [En línea] [Citado el: 12 de November de 2016.] <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>.
4. GAMA Platform Website. [En línea] [Citado el: 2 de November de 2016.] <http://gama-platform.org/>.
5. Kemp, K. *Encyclopedia of Geographic Information Science*. California : SAGE Publications, Inc., 2008.
6. *Free and open source GIS software for building a spatial data infrastructure*. Steiniger, S y Andrew, JS. 2012, Geospatial free and open source software in the 21st century.
7. Hillier, A. *Working with ArcView 10*. Pennsylvania : University of Pennsylvania, 2008.
8. *GeoFramework: Coupling multiple models of mantle*. Tan, E., y otros. 2006, An electronic Journal of the earth Sciences, Vol. Vol. 7.
9. Treglia., M.L. *An Introduction to GIS using QGIS*. CA : Creative Commons, 2017.
10. Unknown. *Open Design Specifications for .dwg files*. Virginia : Open Design, 2013.