

Plataforma Virtual para la Captura y Evaluación de Propuestas de Control de Tráfico Vehicular

Emmanuel López-Neri¹, J. Octavio Gutierrez-Garcia², Isaías Sanchez-Hernandez¹
y Juan Sanchez-González¹

¹ Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico, Universidad del Valle de México,
Campus Guadalajara Sur, Periférico Sur 8100, Tlaquepaque, Jalisco, México

² Departamento Académico de Computación, Instituto Tecnológico Autónomo de México
(ITAM), Río Hondo 1, Col. Progreso Tizapán, México, D.F., México
emmanuel.lopezne@uvmnet.edu, octavio.gutierrez@itam.mx, isaias.sanchezh@uvmnet.edu,
juan.sanchezg@cidetec-uvm.com

(Paper received on June 30, 2013, accepted on August 15, 2013)

Resumen. Los mecanismos de participación ciudadana favorecen la aprobación de políticas públicas, particularmente, la aceptación de políticas de movilidad urbana. Además, vía participación activa, la ciudadanía podría proponer ideas innovadoras para definir estrategias de control de tráfico urbano. Al mismo tiempo, involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones, garantiza que tanto las políticas públicas de movilidad, como las estrategias de control de tráfico urbano, atiendan a las necesidades de la ciudadanía. Por tanto, en este trabajo se presenta una plataforma para proveer a la ciudadanía de herramientas para proponer políticas de movilidad pública y estrategias de control urbano, así como para validar propuestas del gobierno en cuestiones de movilidad urbana.

Palabras clave: participación ciudadana, políticas de movilidad, plataforma virtual, estrategias de control de tráfico urbano, conocimiento ciudadano.

1 Introducción

El congestionamiento vehicular afecta negativamente, en el ámbito social, económico y de salud, a los habitantes de las grandes urbes. El congestionamiento vehicular es causante de problemas de estrés, sordera y trastornos patológicos como la indiferencia y perturbación del sueño [2]. Además, el congestionamiento vehicular incrementa hasta en un 28% la severidad de los accidentes vehiculares [1] y la contaminación ambiental.

Para disminuir las consecuencias del congestionamiento vehicular se han desarrollado estrategias y herramientas desde varios enfoques. Algunas propuestas plantean la creación de nueva infraestructura vial. Sin embargo, construir y/o mejorar la infraestructura vial, generalmente requiere de una gran inversión. Aunado a esto, en algunos casos, la nueva infraestructura vial ha resultado ser ineficiente e innecesaria, pues no garantiza un mejoramiento en el flujo vehicular, llegando inclusive a ser contraproducente [3].

Otras estrategias buscan la aplicación de políticas o reglas sobre el uso de los automóviles tales como:

- Cobro de cuota por transitar en ciertas calles a través de casetas de peaje [4].
- Asignación de carriles especiales para quienes comparten vehículos (también conocido por su término en inglés *CarPooling* [5]), con el fin de incentivar una alta ocupación de los vehículos y así reducir el flujo vehicular.
- Implementación de sistemas inteligentes de tráfico (SIT) utilizando inteligencia artificial y comunicaciones inalámbricas. En los SIT, dispositivos inteligentes (ejemplo: carros y semáforos inteligentes) colaboran entre sí, para tomar decisiones que permitan disminuir el tiempo de espera de los vehículos en las intersecciones. Los SIT usualmente se basan en información provista por sensores, como cámaras digitales y detectores de proximidad [6] [7].

En algunos casos, las propuestas de control de tráfico urbano ([3] [4]) carecen de un respaldo científico o tecnológico que permita validar y asegurar su éxito a mediano o largo plazo. Además, en numerosas ocasiones, la ciudadanía (a quien afectará de forma directa la implementación de dichas propuestas) no es tomada en cuenta, incrementando la factibilidad de incumplir los objetivos planteados [8].

Con el fin de transparentar la toma de decisiones en los procesos de generación de propuestas para el mejoramiento y optimización de los sistemas de tráfico urbano (STU), algunos gobiernos han tratado de involucrar a los ciudadanos por medio del levantamiento de encuestas y consultas ciudadanas. Sin embargo, estas actividades están limitadas por los recursos económicos de las autoridades que las practican, pues requieren de una logística compleja y costosa. Dicha complejidad pudiera provocar una incorrecta estructuración de las encuestas, causando el desinterés del ciudadano a participar en actividades similares o que la información no sea fiable [9].

El vertiginoso desarrollo de la tecnología, con el acceso a tecnologías que se conectan a Internet como los teléfonos inteligentes (con GPS, video, acelerómetro) y las redes sociales, ha permitido recabar información de los usuarios de forma más ágil y menos costosa para generar conocimiento y posteriormente usarlo en la toma de decisiones. Esta práctica se conoce con el nombre de colaboración en masa por Internet o por su término en inglés *Crowdsourcing* [10] [11] [12]. El uso particular de estas aplicaciones y el uso de redes sociales, permite la captura de información estática y algunas características dinámicas como la ocurrencia de accidentes, estado del tráfico (desde una descripción muy cualitativa) y el estado de otros usuarios en la carretera. Sin embargo, en la literatura relativa al tráfico urbano, no se ha encontrado una plataforma que permita capturar, almacenar y realizar propuestas de vialidad. Es más, las propuestas podrían ser compartidas con el fin de obtener una retroalimentación de la opinión de otros ciudadanos. Sobre todo, se requiere de una plataforma que permita explicar el comportamiento vial de forma clara y concisa al usuario.

En este artículo se presenta el diseño e implementación de una plataforma para involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones en políticas de movilidad urbana. Además, la plataforma permite al ciudadano comprender el comportamiento vial a partir de estrategias básicas de control, ayudando así, al buen entendimiento y éxito de las estrategias implementadas.

2 Modelo de colaboración ciudadana para optimización del tráfico urbano

Involucrar al ciudadano en la evaluación de políticas de gobierno, en particular en el tema de movilidad vial, es un reto. Quizás, solo equiparable al reto de crear conciencia en el ciudadano acerca de la importancia de su participación en la toma de decisiones. En la actualidad el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones permite desarrollar sistemas suficientemente robustos, con interfaces de usuario intuitivas de fácil uso. La plataforma propuesta en este artículo, permite al usuario, a través de una aplicación web (servicio web de captura de objetos de información dinámica y estática, ver Figura 1), seleccionar un área de interés (cuadrante o mapa) y realizar las siguientes acciones:

- 1) Agregar objetos de información dinámica y estática,
- 2) Seleccionar objetos existentes, y
- 3) Solicitar una simulación con los objetos seleccionados para evaluar el comportamiento de la vialidad con los objetos seleccionados o la estrategia de control propuesta.

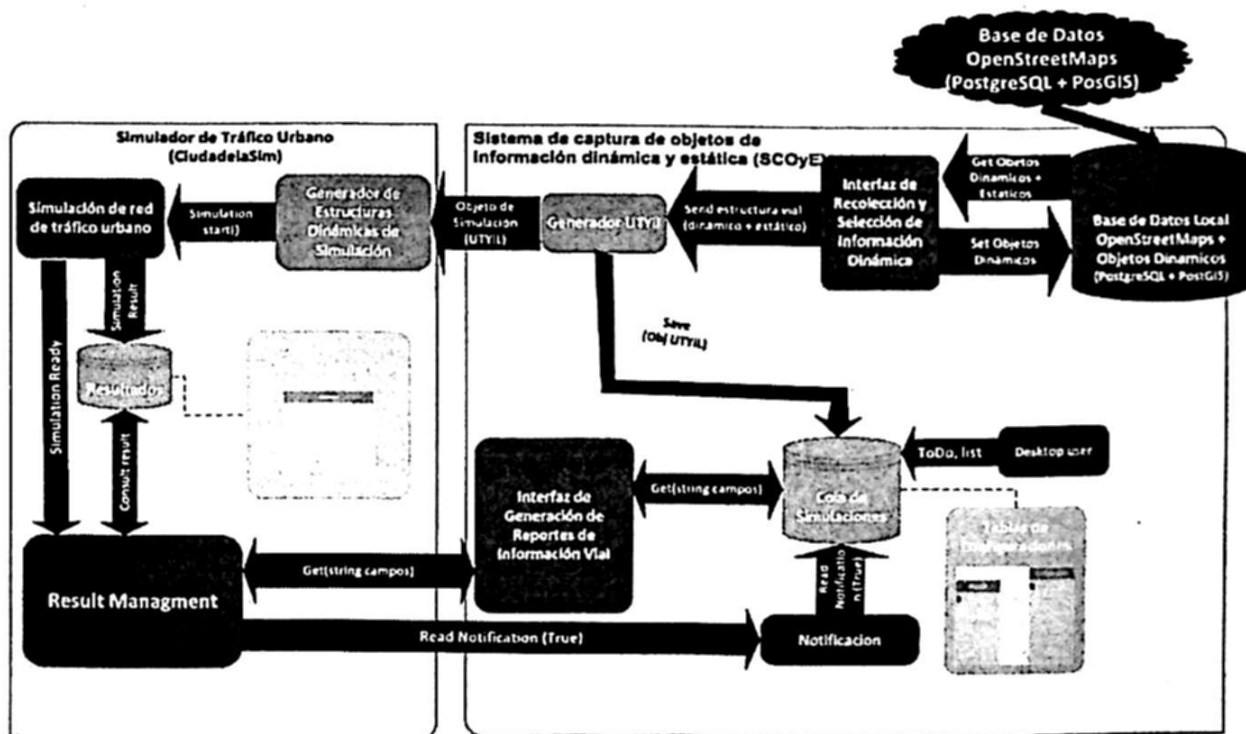


Figura 1. Arquitectura de la plataforma virtual para la captura y evaluación de propuestas de control de tráfico urbano

La plataforma es capaz de graficar los vehículos en el mapa y de proveer reportes del flujo vehicular presentando los resultados en gráficas.

La selección de objetos y los resultados pueden ser compartidos vía *Twitter* o *Facebook*, de forma que otros usuarios puedan votar por las estrategias propuestas. El usuario que somete a evaluación alguna estrategia de control, pudiera ser alguna

entidad de gobierno o de transporte, que busque evaluar el impacto de alguna propuesta por los ciudadanos. Los ciudadanos podrán acceder a la propuesta y, además de poder votar y dar su opinión, podrán observar el comportamiento futuro de la red con la propuesta y sin la propuesta.

Para que este sistema otorgara la funcionalidad descrita, se integraron dos aplicaciones: el sistema de captura de objetos de información estáticos (señalamientos) y dinámicos (semáforos, VMS) y el simulador microscópico de tráfico urbano orientado a eventos, *ciudadelaSIM* [13].

2.1 El sistema de captura de objetos de información dinámica y estática (SCOyE)

El SCOyE es la interfaz que permite al usuario ingresar nuevos objetos de información dinámica o estática y solicitar la evaluación de la propuesta (simulación). En este artículo, el STU se define como un conjunto de segmentos conectados entre sí que contienen objetos de información dinámica y estática para los conductores de los vehículos. En la Figura 2 se muestran los dos tipos de objetos: estáticos y dinámicos. Los objetos de información estática son aquellos en los que la información que muestran no cambia en el tiempo. Los objetos dinámicos son aquellos en los que la información cambia en algún instante en el tiempo.

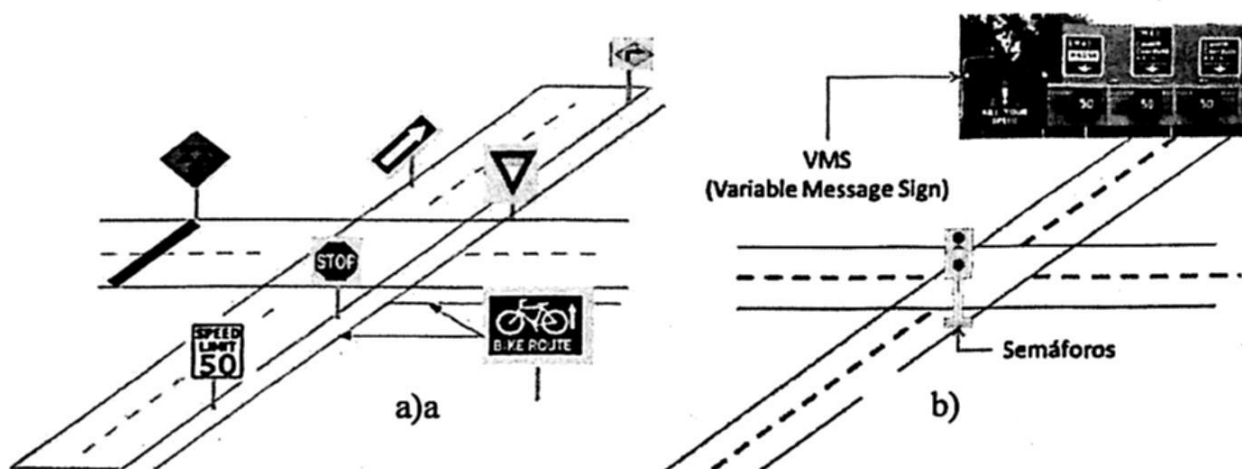


Figura 2. Ejemplo de algunos objetos de información desde el punto de vista del conductor de un vehículo a) Estáticos b) Dinámicos

El SCOyE utiliza OpenStreetMap [14] como fuente de estructuras viales. Una estructura vial está compuesta de todos los segmentos que componen el cuadrante seleccionado en el mapa y sus intersecciones.

Cuando el usuario ingresa, el sistema le permite navegar en una versión local de *OpenstreetMaps*, de forma que pueda seleccionar un cuadrante de trabajo. Posteriormente, el usuario puede agregar objetos dinámicos, como semáforos y aforos a la red y así configurar el valor en el tiempo de dichos objetos. En la Figura 3a, se muestra la pantalla para agregar un objeto semáforo. Para configurar el semáforo, el sistema solicita los tiempos de las distintas configuraciones de luces para el transcurso del día (24 horas). En la Figura 3b, se muestra un ejemplo de inserción de un objeto

tipo aforo, de forma que el usuario pueda agregar un comportamiento similar a la salida de un centro comercial, y evaluar así, el impacto en la vialidad de la zona.

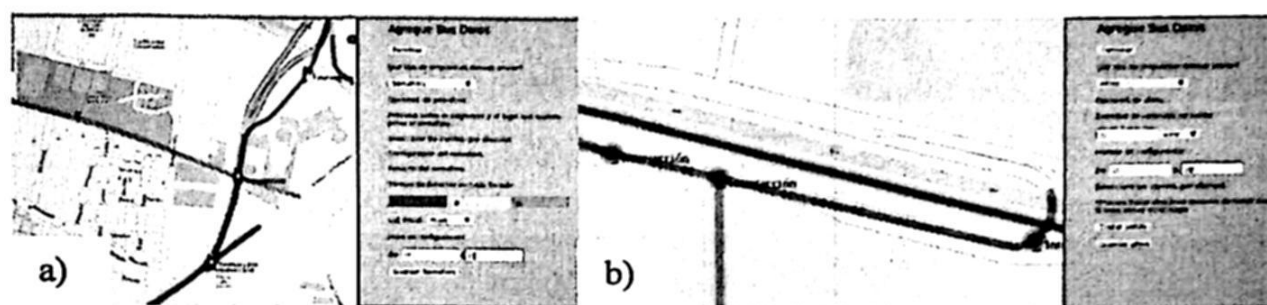


Figura 3. Interfaz del SCOyE para ingresar los valores en el tiempo de un objeto dinámico de tipo a) semáforo b) aforo

```

<UTYiL>
  <network timeIntervals="seconds" AgentUnits="veh" SegmentUnits="mts" PointsUnits="grades">
    <segments>
      <segment id="s1" lenght="30" type="segment">
        <objects>
          <object id="flow1" type="aforo" pos="15.0" attr="19.0">
            <configurations>
              <configuration id="cfg1" init="0" end="0" attr="">
                <state attr1="300" attr2="0" attr3="36000" />
                <state attr1="20" attr2="36010" attr3="54000" />
                <state attr1="80" attr2="54001" attr3="86983" />
              </configuration>
            </configurations>
          </object>
          <object id="dir1" type="direction" pos="15.0" lat="40" long="50">
            <configurations>
              <configuration id="cfg1" init="0" end="36000" attr="11" />
            </configurations>
          </object>
        </objects>
        <points>
          <p lat="30" lon="30" />
          <p lat="30" lon="40" />
          <p lat="30" lon="50" />
        </points>
        <connections>
          <c type="NC" to="S2" />
          <c type="NS" to="11" />
        </connections>
      </segment>
    </segments>
  </network>

```

Figura 4. Descripción de una red vial usando el formato UTYiL.

Los objetos son almacenados en una base de datos local en la que se almacenan las propuestas viales, en particular la base de datos almacena objetos geo referenciados o GIS (PostgreSQL + PostGis), por lo que se requiere hacer una traducción de la base de datos relacional al formato UTYiL [15]. El formato UTYiL [15] fue propuesto por López-Neri para la descripción de redes de tráfico capaces de ser interpretadas por simuladores de tráfico urbano orientados a eventos, ejemplo: *ciudadelaSim*. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de una red vial descrita con este formato.

También se diseñó un algoritmo capaz de traducir formatos GIS a formatos UTYiL. La conversión de un objeto GIS formado por líneas y puntos consiste en convertir todos los nodos (GIS) a intersecciones (de UTYiL) y en convertir todas las líneas (GIS) en segmentos (de UTYiL). Además, todos los carriles son convertidos a

segmentos, construyendo así la red en UTYiL. Aunado a esto, si existen objetos de información dinámica o estática, se genera su código XML correspondiente

2.2. CiudadelaSim: Simulador microscópico orientado a eventos

El formato XML UTYiL se envía al simulador, y éste genera las estructuras de datos internas requeridas para generar la simulación. *CiudadelaSIM* ejecuta la simulación generando eventos que representan el comportamiento de los vehículos en la red. El resultado de la simulación está estructurada como sigue (ver Tabla 1): objectID (identificador del objeto), evTime (hora del evento), segment (segmento que se realizó el evento), evPos (posición en el segmento del evento), evType (tipo de evento). Los eventos posibles son: 1=SE (stop Event), 2=CE (Cross Event), 3 = LCE (Light Change Event), 5 = CLE (Change Lane Event), 6 = CLEE (Change Lane End Event), 7 = ALE (Arrival Link Event), 8 = LLE (Leave Link Event), 9 = BE (Begin Event), 10 = AE (Arrival Event), 11 = WSE (Warning Event for stop), 12 = WBE (warning Event for start).

Tabla 1. Eventos generados durante una simulación

Identificador del Objeto / Agente	Tiempo del Evento	Segmento	Posición del Evento	Tipo de Evento
S3	1	22	132	3
S3	1	22	132	3
S3	1	22	132	3
S3	1	22	132	3
S3	1	22	132	3

Estos resultados son almacenados en una base de datos del simulador que posteriormente es interpretada por el SCOyE. Posteriormente, el usuario puede acceder a la interfaz de visualización de tráfico o a la interfaz de reportes en el SCOyE y realizar consultas sobre el estado del flujo o congestionamiento en las calles. La interfaz de visualización de tráfico (ver Figura 5) permite visualizar el avance de los vehículos en la red y de forma visual observar congestionamientos o embotellamientos en la red. La interfaz de reportes permite obtener gráficas de densidad y de flujo en las calles seleccionadas, teniendo resultados de estos indicadores en el tiempo. En la Figura 5b se puede observar el comportamiento de dos estrategias de control para una misma calle, tanto para flujo como para densidad.

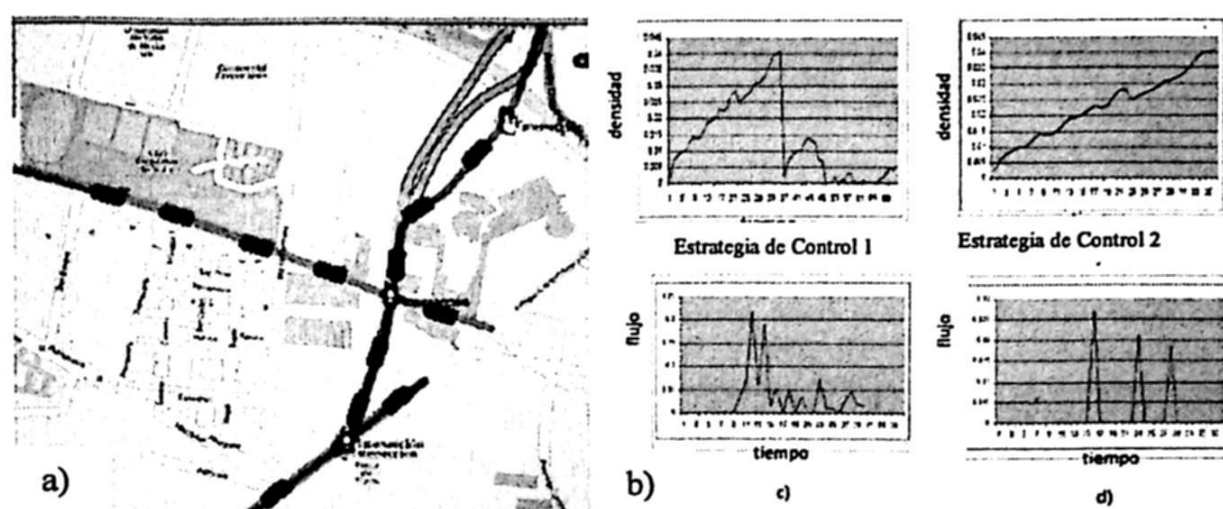


Figura 5. Resultados de simulación mostrados en a) la interfaz visual de tráfico b) la interfaz de reportes viales por calles.

3 Conclusiones y Trabajo Futuro

En este artículo se presenta el diseño e implementación de una plataforma para involucrar a la ciudadanía en la toma de decisiones en políticas de movilidad urbana. La plataforma virtual provee los medios para capturar y evaluar propuestas de control de tráfico vehicular. Además, la plataforma permite al ciudadano comprender el comportamiento vial a partir de estrategias básicas de control. A través de la plataforma, la ciudadanía puede evaluar propuestas de control de tráfico vehicular realizadas por el gobierno, e inclusive proponer estrategias y ver sus resultados en tiempo real. Por último, los resultados obtenidos de las estrategias de control de tráfico vehicular (por ejemplo, gráficas e imágenes de congestionamientos) pueden ser compartidos en las redes sociales.

Como trabajo futuro se desarrollará una aplicación móvil que permita al usuario ingresar objetos de información dinámica en las estructuras viales, así como solicitar su correspondiente simulación. Además, se diseñará un algoritmo para encontrar rutas óptimas a partir de los resultados de simulación, de forma que la plataforma también provea de aplicaciones de uso inmediato para el ciudadano.

Agradecimientos. El segundo autor, J. Octavio Gutierrez-Garcia, agradece el apoyo de la Asociación Mexicana de Cultura A. C.

Referencias

1. Peralta J.A.: El ruido en la ciudad de México. *Revista Ciencias de la UNAM* 50, 60-66 (1998)
2. Golob T.F., Recker W.W.: Relationships Among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather and Lighting Conditions, California Path Program. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, (2001)
3. Hagstrom J.N., Abrams R.A.: Characterizing Braess's paradox for traffic networks. En: *Intelligent Transportation Systems*, pp. 836-841, IEEE Press (2001)
4. Stanley J.K., Hensher, D.A.: Environmental and social taxes: reforming road pricing in Australia. *Road and Transport Research* 20(4), 71-83 (2011)
5. Ungemah, D., Gooding, G., Dusza C., Burris, M.: Examining incentives and preferential treatment of carpools on managed lane facilities. *Journal of Public Transportation* 10(4), 151-170 (2007)
6. Gershenson, C., Seung-Bae C., D'Hooghe B.: Self-organizing Traffic Lights: A realistic simulation. En: M. Prokopenko (ed.), *Advances in Applied Self-organizing Systems, Advanced Information and Knowledge Processing*, vol. 16, pp. 41-50, Springer London (2008)
7. Wang, P., Hunter, T., Bayen, A.M., Schechtner K., Gonzalez, M.C.: Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas. *Scientific Reports*, vol. 2, artículo número 1001 (2012)
8. Knofacher H.: Success and failures in urban transport planning in Europe - understanding the transport system. *Sadhana*, 32(4), 293-307 (2007)
9. Kanhere S.S.: Participatory Sensing: Crowdsourcing Data from Mobile Smartphones in Urban Spaces. En: C. Hota y P.K. Srimani (eds.), *Distributed Computing and Internet Technology, LNCS vol. 7753*, pp. 19-26. Springer, Heidelberg (2013)
10. Kamel Boulos, M.N., Resch, B., Crowley, D.N., Bresling, J.G., Sohn, G., Burtner, R., Pike, W.A., Jezienski E., Slayer Chuang, K.-Y.: Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: Trends, OGC standards and application examples. *International Journal of Health Geographics*, 10(1) 67 (2011).
11. Sui, D.Z., Elwood, S., Goodchild, M.: *Crowdsourcing geographic knowledge*, Springer (2013)
12. Schall, D.: *Service-Oriented Crowdsourcing*, Springer (2012)
13. Lopez-Neri, E., Ramírez-Treviño A., López-Mellado, E.: A modelling framework for urban traffic systems microscopic simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory* 18(8), 1145-1161 (2010)
14. OpenStreetMap, [En línea]. Disponible en: <http://www.openstreetmap.org/>.
15. Lopez-Neri, E., López-Mellado, E., Ramírez-Treviño A.: Un lenguaje para la descripción de la información Geográfica de sistemas de Tráfico Urbano. En: *V Semana Nacional de Ingeniería Electronica, Agascalientes, Ags., México* (2008)