

# Análisis de la ratio de taxis en núcleos urbanos mediante GIS

Francisco Ortiz-Zamora, Ingeniero<sup>1</sup>, Isidro Ladrón de Guevara-López, Doctor<sup>1</sup>, F. David Trujillo-Aguilera, Doctor<sup>1</sup>, y E. Beatriz Blázquez-Parra, Doctora<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Málaga, España, fortiza@uma.es, ilguevara@uma.es, fdtrujillo@uma.es, ebeatriz@uma.es

*Abstract– Urban development has started a change led by various factors: human impact on climate change, ageing population that is nowadays significant, increase of its density in urban environments, and processes of globalization that are promoted by incessant incorporation of new technologies. The Smarts cities have become a guinea pig for experimentation with new technologies, applying them to the mobility, infrastructures, energy or information. A focus of the new urban development model revolves around technology, and service needs depend more on the fact of having or being able to access to the specific data than the own available technology itself. Innovations in big data, free access to open data and cloud computing will affect urban development patterns. It is necessary to give substance to all that production, storage, processing and management of the data sources available: sensors, location and positioning systems, cloud computing, open data and communication networks. We proposes to add value to the data of the sources mentioned above, applied to public transport custom, in a city around 600.000 residents, through the GIS analysis of mobility patterns. Location and real time tracking of vehicles provide information on their status. It allows for taking decisions quickly and efficiently, and so on, establishing for example, mobility patterns. True challenge is to detect and transmit key information extracted from a huge volume of data, in which the public, private and business data must be combined effectively to achieve a more integrated knowledge of citizen habits in urban environment*

## I. INTRODUCCIÓN

En la última década, el modelo de desarrollo urbano ha iniciado un cambio propiciado por distintos factores, tales como un mayor interés y preocupación por el Medio Ambiente y por todos aquellos factores que le afectan, especialmente en las consecuencias por una parte a medio plazo, de los gases de efecto invernadero y su influencia en el cambio climático y de otra a muy corto plazo, de la contaminación atmosférica del aire que afecta a las principales urbes del planeta. También por el aumento de la densidad de población en entornos urbanos. Así, según previsiones de Naciones Unidas en su informe de 2015 [1] ‘Revisión de las Perspectivas de Población Mundial’, la población del mundo podría llegar a los 11.000 millones de personas en 2100 con porcentajes del 75% de la población mundial viviendo en ciudades. Esto duplicaría o triplicaría la demanda energética actual, de tal forma que las ciudades consumirán el 75% de la energía y generarán el 80% de los gases de efecto invernadero. Otro de los factores viene determinado por el proceso de globalización propiciados entre otros por la incesante incorporación de las nuevas tecnologías

en nuestra sociedad, que cada vez se desarrolla más alrededor de internet.

Estas tendencias consolidan a las ciudades como núcleos esenciales de la organización territorial y si bien todos estos factores pueden representar un gran problema, también pueden ser una importante oportunidad en la forma en que se controle y se haga más eficiente la forma de vida de la mayoría de la población mundial aunando el esfuerzo de todos para convertir estos espacios en entornos eficientes y sostenibles.

Dentro de esa tendencia, algunas ciudades españolas entre las que se encuentra Málaga, bajo la etiqueta de *smart cities*, se han convertido en banco de ensayo para la experimentación con las nuevas tecnologías y la innovación aplicada al servicio de los ciudadanos en áreas como la movilidad, las infraestructuras, la energía o la información.

En el contexto del desarrollo urbano y la planificación y ordenación del territorio [2], la localización óptima de las actividades humanas tiene una gran influencia en la mejora de la calidad de vida de la población.

Hasta hace relativamente poco tiempo, los desarrollos basados en la teoría de la localización espacial eran poco prácticos debido a la falta de los datos necesarios para su aplicación. Pero la incorporación de nuevas tecnologías ha actuado como vector de un eje tecnológico que ha traído consigo la aportación de miles de datos de todo tipo. Juan José Casado, experto en Big Data y Business Analytics afirma que ‘El 90% de la información disponible hoy en el mundo se ha creado en los dos últimos años.’ [3]

El hecho de que uno de los ejes del nuevo modelo de desarrollo urbano gire en torno a la tecnología hace que las necesidades del servicio dependan más del hecho de disponer o poder acceder a los datos concretos que de la propia tecnología en sí, es decir, el factor diferencial no está en el producto sino en el servicio. Victoriano Izquierdo, fundador de la startup Graphext, advierte que ‘los algoritmos no son tan valiosos. Google y Microsoft han liberado sus códigos, son conocidos, y se pueden usar. Por otra parte, hay se ha de tener en cuenta otros hechos, por ejemplo los datos sobre cómo conversa la humanidad los tiene Twitter. Sobre empleabilidad nadie está mejor posicionado que LinkedIn. Y la familia y los amigos son el coto de Facebook.

Digital Object Identifier: (to be inserted by LACCEI).  
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

## II. CONTEXTO

Las innovaciones en big data, libre acceso a los datos públicos (open data), cloud computing e internet de las cosas (IoT) influirán en los patrones de desarrollo urbano. Según Julio Gómez-Pomar, secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda y presidente de Enaire dentro del Ministerio de Fomento del Gobierno de España *‘Las ciudades inteligentes buscan soluciones apoyadas en las TIC y las telecomunicaciones para ofrecer nuevos servicios a los ciudadanos y gestionar de forma eficiente los recursos’* [4].

Por tanto, se hace necesario dotar de contenido y sacar provecho a esa gran producción, almacenamiento, procesamiento y gestión de las fuentes de datos disponibles, esto es, sensores, sistemas de localización y posicionamiento, cloud computing, datos abiertos y redes de comunicación.

En ese sentido la optimización de datos mediante su análisis, cruzando toda la información disponible y pasándolo todo por el tamiz de los algoritmos, permitirá encontrar patrones y establecer vínculos y correlaciones, todo ello con la ayuda del big data y su capacidad de procesar infinidad de datos para detectar patrones y el IoT, donde millones de aparatos y dispositivos electrónicos están conectados entre si y envían y comparten datos e información en la nube. Íñigo de la Serna, presidente de RECI (Red Española de Ciudades Inteligentes) y alcalde de Santander afirma: *‘Si vamos a tener millones de datos y la capacidad de gestionarlos estamos en posición de generar conocimiento y descubrir los hábitos de las ciudades’*.

En este artículo se propone una puesta en valor de las fuentes anteriormente citadas, aplicadas al transporte público personalizado de viajeros (taxi), bajo el prisma de los problemas de localización óptima en una ciudad en torno a los 600.000 habitantes, uniendo información de una fuente interna o corporativa con datos de otra fuente de información externa abierta, de tal forma que esa unión masiva permita amplificar el mapa de análisis, que ya no es únicamente descriptivo (qué sucedió) o predictivo (qué pasará), sino también prescriptivo (que se debe hacer para influir en el futuro).

### A. La industria del Taxi

Tradicionalmente, el sector del taxi es muy conservador y reticente a los cambios. Se caracteriza por ser un gremio fuertemente reglamentado y sometido a una legislación que rige su funcionamiento. En la ciudad de Málaga (España), el Ayuntamiento es el que determina por una parte el número máximo de licencias que pueden operar y por otra parte, las tarifas del servicio (Informe sector taxi Málaga CNMC 2015).

Existen numerosos estudios sobre el sector del taxi [5], [6], [7], que analizan sus características de funcionamiento en las que se demuestran que el ámbito de servicio es

predominantemente urbano y su operativa de actuación tradicional puede caracterizarse en tres dinámicas básicas:

- Taxis que se contratan en paradas
- Taxis que se paran y se contratan directamente en la calle
- Taxis pre-contratados de forma telefónica

A estas operativas se les une las implementadas a través de las nuevas tecnologías de la información con el uso que hacen de los datos, en general, y de localización, en particular. Este sistema genera nuevos modelos de negocio, de manera que en la actualidad puede localizarse y contratarse un taxi mediante aplicaciones del teléfono móvil, obteniendo de forma paralela información complementaria al servicio (P. ej. el taxi identificado, el tiempo de llegada, valoración del servicio recibido, etc.)

### B. Contexto social

La disposición transitoria tercera de la Ordenanza Municipal del Taxi de Málaga establece una ratio de 2’35 licencias por cada mil habitantes [8]. Según datos del último Padrón Municipal de habitantes a 1 de enero de 2015, la población total era de 572.947 habitantes [9], con lo cual el número de licencias operantes actualmente (1432) excede en 86 a lo establecido.

Sin embargo existen opiniones divergentes con respecto a estos números. Por una parte la CNMC en su *‘Informe económico sobre los límites cuantitativos y las restricciones a la competencia en precios en el sector del taxi de la ciudad de Málaga-LA/1/2015’* [5] habla de la existencia de un monopolio en el sector del taxi en Málaga y afirma además que la evolución del número de licencias de taxi en la ciudad no ha seguido un desarrollo constante ni acorde a los cambios demográficos, por lo que aboga abiertamente por la liberalización del servicio proponiendo *‘que el límite cuantitativo sea eliminado del marco normativo ... y que en favor del interés general y el bienestar social, el número de taxis se determine mediante el libre juego de la oferta y la demanda propio de una economía de mercado’*. Por otra parte sin embargo, según informes económicos del propio Instituto Municipal del Taxi [10] y de las principales asociaciones del sector, el sector del taxi está en una situación grave y complicada caracterizada por el continuado retraimiento de la demanda debido a la actual crisis económica y el aumento de la oferta por la sobreexplotación de licencias (doble turno de un 34% de las licencias) y por otra de la competencia con el resto de transportes públicos, en especial con la incorporación del Metro, por lo que proponen una reestructuración del sector donde se retiren aproximadamente unas 300 licencias de taxi.

### III. METODOLOGÍA

En este artículo se propone la aplicación de una metodología para asegurar un número de vehículos por zona, fundamentada en la importancia de los datos y su análisis mediante GIS, para extraer un indicador que compare la ratio establecida por la Normativa Municipal y que además sirva de ayuda a la toma de decisiones.

Los datos empleados en este estudio son datos abiertos del catálogo de datos procedentes de las distintas Administraciones Públicas y disponibles de forma gratuita para que sean accesibles, compartidos y reutilizables por terceros y se indican a continuación:

- Cartografía base (Mapa base Málaga)
- Callejero
- Secciones Censales
- Áreas Municipales
- Barrios Municipales
- Distritos Municipales
- Distritos Postales
- Manzanas
- Parcelas
- Relación de paradas de taxi Málaga
- Paradas Taxi Málaga 2016
- Población Total por Distritos Municipales Málaga

Y también datos privados: procedentes de la principal asociación del taxi que opera en la ciudad de Málaga (Aumat), como son:

- Ubicación (posición) de la flota de taxis por zonas y paradas
- Número de taxis por zonas y paradas
- Estado funcional del taxi

#### A. Conjunto de restricciones

Dado el volumen de datos de posicionamiento de taxis disponibles, para ilustrar este ejemplo se toma para su análisis una muestra correspondiente al Distrito Este de la ciudad de Málaga del día 01/07/2015.

Para la gestión y análisis de toda la información recabada se emplea el software desarrollado por ESRI denominado ArcGIS, donde se establecen las distintas capas de información georreferenciada para cada una de las variables que se va a considerar en el ejemplo de aplicación, ver figura 1. Con el fin de optimizar el resultado, en el conjunto de capas que conforman la Cartografía Base se ajusta la superficie total del Distrito seleccionado para el ejemplo, a la de superficie de Manzana (superficie edificada), ya que la superficie de Distrito sería demasiado grande y desvirtuaría los resultados, y se le añade la propiedad de densidad de población: esta sería la capa Disolver Manzanas según Distritos. Este es parámetro para la obtención del indicador objeto de estudio.

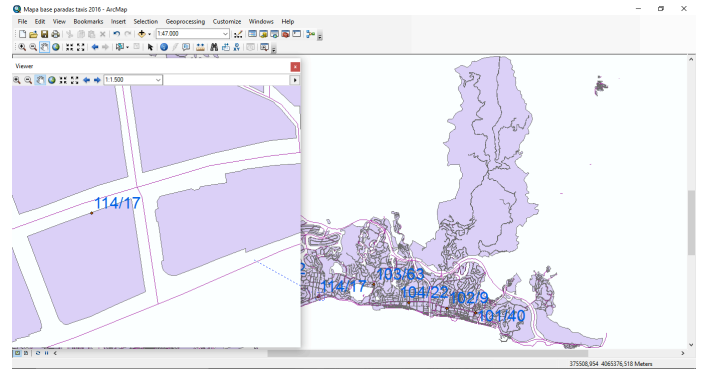


Figura 1. Capas del caso de estudio. Elaboración propia.

Para el análisis de los datos de movilidad de los taxis, en primer lugar se establecen las variables a considerar:

- Identificación parada
- num\_parada (5 paradas)
- Propiedad: capacidad vehículos en la parada
- Identificación taxi
- num\_licencia (aprox. 900 vehículos)
- Estado del taxi
- Ubicado: tiempo espera en la parada
- En zona: en movimiento dentro del área establecida
- Tiempo
- Periodo: 1 día concreto 01/07/2015
- Ciclo: 24 horas que sirve como indicador que ordena y relaciona los restantes parámetros
- Tiempo rotación máxima: n° intervalos horarios que superan la capacidad máxima de la parada

Después se establecen nuevas capas donde se unen los atributos asignados a partir de los datos señalados: capa *Unión\_Disolver\_Manzana\_Parada*, tanto para los taxis que están libres esperando en la parada (ubicados) como los que están libres circulando por el área específica esperando cargar (en zona), ver figura 2.

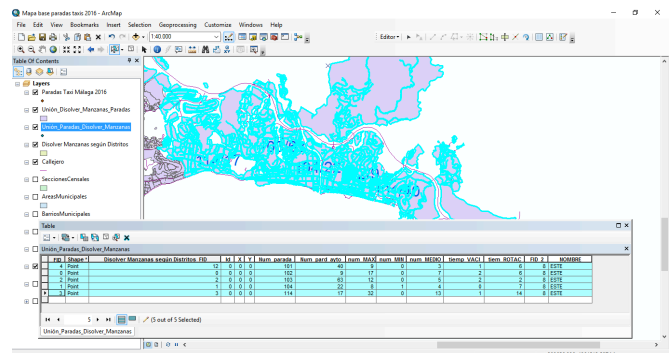


Figura 2. Variables consideradas en el estudio. Elaboración propia

Del análisis de dichos datos georreferenciados mediante GIS se obtiene la posición de los vehículos que circulan por cada zona así como la ocupación de las paradas señaladas ordenados de acuerdo al ciclo de tiempo establecido de 24 horas durante el periodo de tiempo de un día concreto estudiado.

#### IV RESULTADOS

Para analizar los resultados en su contexto se ha de indicar que los datos de los taxis analizados corresponden aproximadamente a 2/3 de las licencias operantes en la ciudad de Málaga.

En la tabla 1 se muestran los indicadores obtenidos a través del análisis mediante GIS, y en la tabla 2 los indicadores de ratio establecida por el Ayuntamiento.

TABLA 1. Indicadores resultantes del análisis mediante GIS

Indicador análisis	AUMAT (66%)	Total Estimado (100%)	Aeropuerto (13%)	Disponibles (87%)
Taxis LIBRES	19	29		25
Taxis EN ZONA	132	203		177
Taxis EN PARADA	32	48		
<b>TOTAL ZONA ESTE</b>	<b>185</b>	<b>280</b>		<b>244</b>
<b>TOTAL MÁLAGA</b>	<b>945</b>	<b>1432</b>	<b>192</b>	<b>1240</b>

TABLA 2. Indicadores establecidos por el Ayuntamiento

Ratio Normativa Ayuntamiento	2,35/1000	
Población Zona Este	56992	
Nº taxis - según Normativa	134	
Nº Taxis - Zona Este según análisis	244	
Indicador Caso Estudio	$244/134 = 1,82$	<b>SOBRE-EXPLOTADO</b>

Si se comparan los datos obtenidos de las tablas 1 y 2 se puede ver como la ratio establecida por el Ayuntamiento:

$$2,35 \times 56992/1000 = 134 \text{ taxi}$$

Mientras que con los resultados obtenidos mediante el análisis con GIS, muestran como para la zona 132 y en la parada 3 y un total de 185

Se puede comprobar del indicador obtenido:  $I = 248/134 = 1,85$  que el servicio esta sobreexplotado, y el análisis en tiempo real de dicha información facilitaría la toma de decisiones de un taxista libre para ir a la zona o parada de dicho Distrito o ir a otro menos saturado.

#### V CONCLUSIONES

El empleo de GIS para el análisis del tráfico de transporte y en particular el de los taxis, resulta ser una herramienta eficaz, mediante la cual se puede estudiar en tiempo real el estado de saturación de determinadas zonas. Además el empleo de esta herramienta es fundamental para la toma de decisiones con el fin de tener un adecuado dimensionado de la capacidad de las paradas con respecto a la rotación de vehículos que se produce en las mismas. Además de un correcto dimensionado del número de paradas existente en la zona: posibilidad de modificar la ubicación y cantidad de paradas oficiales. En cuanto a las zonas o distritos se puede analizar los más propensos al uso del taxi, bien por días o tramos horarios. Siendo un modelo de predicción importante. Así como hacer pública como ya ocurre en otras poblaciones españolas la relación de las paradas de Taxi, ubicación y número de taxis libres itinerantes y aquellos que están en parada.

#### REFERENCIAS

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.241.
- [2] Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos* (2004). RA-MA Editorial.
- [3] Newspaper article. Big data: una revolución que mejorará el bienestar pero comprometerá la intimidad 29/03/2016. *Expansión-Diario Económico e información de mercados*.
- [4] Newspaper article. La ciudad del futuro ha llegado 14/12/2015. *Expansión-Diario Económico e información de mercados* (2015).
- [5] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). Informe económico sobre los límites cuantitativos y las restricciones a la competencia en precios en el sector del taxi de la ciudad de Málaga – LA/01/2015 (2015).
- [6] Maeso, E. y González, G. *Análisis del Sector del Taxi en Andalucía. Contextualización en España y Europa* (2010). Reflexiones. Revista de Obras Públicas, Transportes y Ordenación Territorial. Nº 11 – II/2010, pp. 55-80. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía, Sevilla.
- [7] Maeso, E. y González, G. *Nuevas tendencias en el dimensionamiento del Sector del Taxi* (2010). IX Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT2010). Madrid
- [8] Ayuntamiento de Málaga. Ordenanza Municipal del Servicio de Taxi (2012). Área de Movilidad – Instituto Municipal del Taxi. Málaga.
- [9] Ayuntamiento de Málaga. Padrón de Habitantes (2015). Organismo Autónomo de Gestión Tributaria
- [10] Ayuntamiento de Málaga. Acta de la Comisión del Pleno de Accesibilidad, Movilidad, Ordenación del Territorio y Vivienda, celebrada el día veinticuatro de octubre de dos mil trece (2013). Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras.