



PROCESO DE GEOCODIFICACIÓN URBANA: EJEMPLOS DE SU APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE BARCELONA

Dr. Reinaldo Paul Pérez Machado

Profesor de Geografía Humana

Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas

Objetivos e introducción

El objetivo principal del trabajo es el de discutir las características fundamentales del recurso de la Geocodificación, como parte integrante de los SIG y, en consecuencia, también de las Tecnologías de la Información Geográfica, describiendo ampliamente cómo se utiliza ese recurso técnico y cuales son los requisitos para poder implementarlo, ya que de hecho esas particularidades no se detallan corrientemente en la literatura.

Igualmente, se muestran algunas particularidades específicas a la ciudad de Barcelona, en cuanto a las posibilidades de aplicación práctica de la geocodificación así como de sus derivados. Para ello, se realizaron diversos experimentos de geocodificación automática, utilizando diferentes tablas y bases de datos como fuente. En ninguno de los casos estudiados se aplicó algún tipo de técnica de estandarización, algoritmos de “limpieza” o “padronizadores”, como también son conocidos.

Se puede definir geocodificación o geolocalización (en Inglés *Geocoding* o *Address Matching*) como la acción de atribuir coordenadas geográficas a uno o varios eventos, utilizando como referencia su dirección postal. Es evidente que, aunque este proceso puede realizarse manualmente, su utilización intensiva en la geografía contemporánea se debe al auge de los Sistemas de Información Geográfica y al creciente aumento de la capacidad de almacenamiento de grandes bases de datos así como de la velocidad de procesamiento de los ordenadores. O sea, en la actualidad es posible geocodificar prácticamente cualquier evento (desde que este cuente con una dirección postal), sea un local de prestación de servicios, la sede de una empresa o la residencia de una persona. Evidentemente, ha de definirse un universo para realizar este proceso, que generalmente ocurre en el ámbito de una ciudad.

Desde hace unos diez años los recursos y métodos de geocodificación o geolocalización de direcciones han sido cada vez más utilizados. En combinación con otras tecnologías de análisis espacial se han constituido en especialidades de los Sistemas de Información Geográfica o *Geoprocessamento* (como se denomina en Brasil la Tecnología de la Información Geográfica). Utilizándose intensivamente en estudios de *Geomarketing* y de LBA (sigla proveniente del Inglés *Location Based Analysis*), así como en la cartografía automatizada de POI (*Points of Interest*).

Más recientemente (en los últimos 5 años), el empleo de POI se ha hecho prácticamente indispensable en los mapas y fotografías digitales de la Internet (MAPINFO CORPORATION, 2007), un ejemplo muy actual es el ofrecido por el *Google Earth*, donde los propios usuarios pueden crearlos. Y sobre todo su combinación con la capacidad de geocodificación y el establecimiento de rutas (ambos disponibles también en *Google Earth*) y caminos mínimos para la cartografía digital que se utiliza corrientemente hoy en día con los GPS (del Inglés *Global Positioning Systems*, Sistemas de Posicionamiento Global), sea para uso comercial (en taxis y autobuses),

como institucional o privado. Sucede que estas capacidades de geolocalización son generalmente ofrecidas como servicios pagos, cuando ejecutados para grandes cantidades de registros, aunque lógicamente se encuentran excepciones. Habitualmente ellas son gratuitas para usuarios privados si lo que se pretende conocer es la ubicación de apenas una o dos direcciones postales con el objetivo de llegar de una a la otra, o limitadas a un número máximo de procesamientos por día (YAHOO!, 2008).

Aparentemente, el hecho de que la geocodificación sea un proceso complejo, embutido en servicios altamente técnicos y especializados, hace con que haya habido poca divulgación o que las informaciones ofrecidas sean dirigidas a paquetes de específicos, como MapMarker (MAPINFO CORP., *op. cit.*) y ArcGIS (ESRI, 2004). Por ejemplo, en el trabajo de Rodríguez Espinosa (2004), simplemente se declara que la geocodificación de los contenedores de residuos sólidos urbanos, cuya localización estaba siendo evaluada, fue realizada con el paquete ArcGis, sin entrar en mayores detalles.

Condiciones necesarias para la implementación de la geocodificación

Es necesario mencionar que para poder realizar un proceso de geocodificación con un elevado índice de acierto son necesarias tres condiciones fundamentales:

1) La lista de direcciones postales

La simple disposición de un conjunto de localizaciones espaciales (que son indicadas por su dirección postal) en forma de lista organizada siguiendo o no, algún criterio temático constituiría la primera de las condiciones mencionadas. En el momento de formar esa lista, es importante considerar que contribuye mucho al suceso final del proceso que esta sea montada como una base de datos, y en ella, algunas columnas son indispensables: identificador único, nombre, calle, número y código postal. Es posible que la dirección postal esté contenida en una sola columna, pero, al separarla convenientemente (por ejemplo según el tipo de vía, nombre, número, complemento, código postal y barrio) generalmente se consigue mayor número de aciertos en la geocodificación y menos eventos ambiguos. Esto es especialmente importante en ciudades populosas, donde debido a la gran cantidad de calles existentes no es infrecuente encontrar homónimos (aunque esto procure evitarse). Así, vemos como en Barcelona existen las vialidades *Passeig de Gràcia*, *Grande Gràcia* y *Travessera de Gràcia*, o sea la misma denominación con tres tipos de vía diferentes.

La clasificación por asunto es importante pues permite posteriormente, después de realizado el proceso de geocodificación, la rápida confección de mapas temáticos, donde cada evento es representado por un punto (en virtud de la coordenada obtenida por la geocodificación) y ese punto constituye un símbolo (geométrico o iconográfico) diferente según su clasificación, por ejemplo aeropuertos, bancos, bares, cines, escuelas, farmacias, gasolineras, hospitales, museos, restaurantes, etc.

2) Un SIG con función de Geocodificación

La función de Geocodificación (del Inglés *Geocoding*) es cada vez más utilizada en los paquetes de SIG actuales, ella consiste en una simple acción de interpolación lineal, que se lleva a cabo en el momento de comparar las direcciones postales (contenidas en la

base de datos a ser geocodificada, o sea localizada), con una base cartográfica digital de ejes de calles, donde se dispone de la numeración postal inicial y final, derecha e izquierda para todos y cada uno de los segmentos que conforman esos ejes o sea de esquina a esquina. Evidentemente, tanto la base cartográfica de ejes de calles como la lista de direcciones o de puntos a localizar (geocodificar) deben cumplir con determinados requisitos para que el programa de geocodificación pueda realizar la localización por interpolación con un buen índice de acierto. En primer lugar, es necesario que la lógica de las direcciones acompañe el estándar de tener los números pares a la derecha, los impares a la izquierda y la numeración ir creciendo a medida que se avanza por la calle o avenida de forma proporcional a la distancia recorrida. En segundo lugar, el formato de las direcciones debe coincidir en ambas bases de datos, por ejemplo el nombre de la calle precede al número postal y al complemento (escalera, piso, puerta), lógicamente referentes al mismo territorio o ciudad.

Finalmente, el programa de geocodificación, generalmente implementado como función de un SIG, debe ser capaz de realizar el cálculo efectivo de las coordenadas de cada punto (a partir de la información contenida en la dirección postal), a través de la comparación realizada entre la mencionada información y los datos de todos los segmentos de calles contenidos en el mapa callejero de la ciudad. Una vez seleccionado el segmento correspondiente a la dirección a ser localizada geográficamente, el algoritmo de geocodificación realizará una operación de interpolación lineal, que arrojará como resultado las coordenadas del punto analizado. Esto se traducirá gráficamente en un punto situado en el lado correcto de la calle (sea par o impar), en la posición correspondiente y con precisión relativa.

Deberá quedar claro que aunque la precisión que se alcance en el proceso de geocodificación no estriba directamente en la capacidad del algoritmo que lo efectúa, así como tampoco lo es la cantidad de direcciones correctamente localizadas (que depende más de la calidad de la lista de puntos analizados). La agilidad y eficiencia del proceso de geocodificación sí obedecen a la calidad del programa de geocodificación que se utilice, especialmente cuando se trata de la posibilidad de elucidar las causas de fallas en la localización de registros, detección de cruzamientos, subrutinas de pesquisas fonéticas capaces esquivar errores de digitación y, especialmente, en la capacidad de procesamiento de saldos (tratados como subconjuntos) sin tener que realizar nuevamente el trabajo para la base entera. Es importante que existan alternativas para la eliminación de dudas en el caso de vías homónimas, utilizando para ello el barrio o el código postal. También, la velocidad del ordenador y el tamaño de su memoria virtual (cuanto mayor mejor) influirán positivamente en la acción de geocodificación.

3) La base cartográfica digital de ejes viales

Esta tercera condición, que constituye la base cartográfica, también conocida como mapa callejero, es tan importante como las dos mencionadas anteriormente. El trabajo de geocodificación de hecho se realiza a través de una comparación entre la lista de direcciones postales que se pretende localizar y el mapa callejero, realizada por el algoritmo de geocodificación contenido en esa función del SIG. O sea, es imprescindible que se disponga de una base cartográfica digital con los ejes de las calles y avenidas, responsable por realizar la localización geográfica, que no es más que la interpolación gráfica del punto correspondiente a la dirección postal en la fachada correspondiente al lado par o impar, según sea el número del inmueble analizado.

En primer lugar, es necesario aclarar que esa base cartográfica digital de ejes viales debe estar constituida por una estructura vectorial [1], que de hecho se organiza en forma de red interconectada, donde cada segmento (o link) representa el eje de una vía, desde un cruce hasta el siguiente, esto es describiendo apenas el aspecto espacial, o sea, gráfico de la red. Paralelamente, existen los atributos descriptivos (también conocidos como la parte alfanumérica) y en principio no espaciales a los cuales cada elemento de la red está íntimamente ligado, conteniendo la numeración postal inicial y final, derecha e izquierda para todos y cada uno de los segmentos que conforman esos ejes; así como el nombre propio, el código postal y otras referencias espaciales restrictivas, como barrio, distrito o municipio. Es imprescindible la presencia de la largura del elemento y del código principal (y único) que permite la unión entre la parte gráfica, espacial y geométrica del segmento de vía y sus atributos no espaciales. De hecho, cada uno de los atributos descriptivos contenidos en la base cartográfica digital de ejes viales o mapa callejero tiene su función específica en el proceso, esos atributos se almacenan como el contenido de las células de una matriz donde las columnas representan los nombres de los atributos, y cada línea representa el elemento (segmento de eje contenido entre dos cruces) de una calle específica dentro de la ciudad sobre la que se está realizando la geocodificación.

Obsérvese la figura donde se muestra un extracto de la tabla de atributos descriptivos del mapa callejero de Barcelona (ver Tabla 1). La matriz que se presenta, correspondiente a todos los segmentos del *Carrer (calle) del Vallespir* en la ciudad, exhibe (en forma de columnas) los atributos imprescindibles para la geocodificación y de estos, únicamente aparecen escritos en mayúsculas los tres primeros. Se ha utilizado ese recurso para diferenciar de esta forma aquellos atributos que sí son definitivamente espaciales de los que no lo son. En primer lugar el **ID** (identificador) es la llave maestra, el código único, irreplicable, asociado a cada elemento de un archivo geográfico digital, este código además de identificar singularmente cada objeto, sirve de conexión entre la parte gráfica y los atributos asociados a cada elemento; le sigue **LENGTH** (largura), en este caso expresada en metros; a continuación **DIR** (dirección) indica mediante un código simple (0, 1 y -1) si la vía en cuestión posee doble sentido de circulación, si la circulación de vehículos es coincidente con la topología, o si es contraria a esta, aplicando el descriptivo respectivamente a cada uno de los códigos enunciados [2]. El uso de la dirección del flujo de transporte es imprescindible para el establecimiento de caminos mínimos y rutas de transporte, razón por la cual, si la dirección del tránsito no se conoce, esta columna es alimentada por defecto con el valor cero (doble sentido utilizado para el modo peatonal), sin embargo, este atributo no interviene en el proceso de geocodificación. A partir de la cuarta columna en el ejemplo, con los nombres de los campos escritos con mayúsculas y minúsculas, y hasta el final, en la decimotercera posición, se colocan apenas atributos descriptivos, alfanuméricos, o no espaciales en el sentido estricto (que no indican forma, posición, largura o área), de estos, el primero utilizado es el **Codi** (código en Catalán) y que substituye el nombre completo de la vía en cualquier base de datos; aquí llamado **Denominació** (denominación) en la siguiente columna, el contenido de este campo se utiliza corrientemente como etiqueta para ser colocada en el lugar correspondiente a la hora de visualizar el mapa callejero; seguidamente viene **Name** [3] (nombre en Inglés), que contiene solamente el nombre propiamente dicho, sin incluir tipos de vía (calle, avenida, plaza, etc.) ni preposiciones, títulos nobiliarios o graduaciones militares; a continuación aparecen los campos **Left Zip** y **Right Zip**, que guardan el código postal derecho e izquierdo a cada segmento,

asumiendo de esta forma que es posible que una vía (o una parte de ella) sea frontera entre dos zonas postales diferentes; seguidos por cuatro campos: *Start Left*, *End Left*, *Start Right* y *End Right*, que muestran el inicio y final de la numeración postal del lado izquierdo así como el inicio y final de la numeración postal del lado derecho, respectivamente; finalmente el campo *Parity*, indica mediante otro código simple, en este caso dicotómico (0 o 1), si la numeración es consecuenta con los valores normales referidos a los impares del lado izquierdo y los pares del lado derecho, o si está invertida o mezclando pares con impares, donde 0 es normal y 1 es mezclado, siendo 0 el valor por defecto.

Es necesario destacar que se ha utilizado para geocodificar en este ejercicio el SIG Maptitude (marca registrada de *Caliper Corp.*). Este sistema, aunque de fácil operación es poderoso, y tiene una fuerte orientación hacia los SIG T o Sistemas de Informaciones Geográficas de Transportes, lo que hace que la simple existencia de algunos de los campos que aquí son obligatorios, como *DIR*, *LENGTH* y *Parity* esté condicionada por esta característica.

Tabla 1. Extracto de la base de datos asociados a las entidades del mapa callejero, conteniendo, exclusivamente, los segmentos de vía correspondientes a la Calle del Vallespir, en el barrio *Les Corts* de Barcelona. (Elaboración propia).

ID	LENGTH	DIR	Codi	Denominació	Name	Left Zip	Right Zip	Start Left	End Left	Start Right	End Right	Parity
123205	29,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	0	0	0	0	0
127585	65,39	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	1	17	2	14	0
127541	56,57	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	19	25	16	26	0
127535	21,14	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	27	31	28	30	0
127566	25,07	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	33	37	32	34	0
127554	45,02	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	39	45	36	50	0
127560	105,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	47	71	52	92	0
123217	66,35	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	73	85	94	110	0
123224	69,81	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	87	103	112	128	0
123267	66,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	105	129	130	142	0
123274	72,49	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	131	141	144	162	0
122913	61,07	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	143	161	164	184	0
122906	94,79	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	163	179	186	192	0
147808	79,11	1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	181	195	194	196	0
147827	67,47	-1	04483	Carrer del Vallespir	VALLESPIR	08014	08014	197	203	198	198	0

Especificidades del proceso de Geocodificación

En términos generales, tanto la metodología descrita anteriormente, como las tres condiciones mencionadas son necesarias a cualquier proceso de geocodificación, independientemente del local donde se realice o del SIG utilizado para ello. Por ejemplo, es posible realizar la geocodificación de accidentes de tránsito en una red de carreteras, si previamente se preparan los atributos de la base cartográfica digital de carreteras y autopistas de forma para tenerlos dispuestos como los atributos de un mapa callejero digital, como se muestra en la Tabla 1. Basta colocar, para cada segmento de carretera o autopista que aparezca gráficamente, los datos necesarios de numeración inicial y final y un código postal que puede ser el mismo para toda la base, evidentemente, el nombre de la vía sería el propio nombre (y/o el código) de la carretera. La numeración postal final se substituye por la longitud en metros de cada

segmento, atribuyendo pares al lado derecho e impares al izquierdo; consecuentemente para la numeración inicial par se coloca el numero 2 y para el impar 1. Probablemente lo mas difícil de conseguir, al menos así ocurre en el Brasil (PÉREZ MACHADO, 2008), son los datos de la localización del segmento inicial y final de cada carretera, que deberán estar identificados y ordenados topológicamente en la forma Origen -> Destino. Después de “preparar” la base de esta forma, basta tener la lista de accidentes donde se haga referencia al nombre de la carretera y al Km. donde sucedió el evento, por ejemplo: *Carretera Sant Cugat*, Km. 1,5. Precisamente es esta lista de accidentes (de hecho direcciones postales) la que será sometida al proceso de comparación e interpolación lineal que se denomina geocodificación.

Cuanto a la precisión en la localización, esta depende de varios aspectos. En primer lugar, del grado de actualidad del mapa de ejes viales, o callejero utilizado. En este caso se hace referencia simplemente al factor cronológico, ya que, evidentemente, no es posible ubicar de esta forma una dirección localizada en una calle que fue abierta después que el mapa de referencia fue concluido, o que por cualquier otra razón no figura en la base cartográfica. Seguidamente aparece el método utilizado por los fabricantes de los mapas callejeros para colocar la numeración postal, y este aspecto es el que mas comúnmente afecta la calidad del proceso de geocodificación. Existen de hecho dos posibilidades: por cálculo matemático y por levantamiento de campo. Ambos se aplican sobre una base cartográfica digital ya existente, donde todos los ejes han sido digitalizados y alimentados con sus nombres y otros atributos necesarios. El cálculo matemático se realiza por simple interpolación atribuyendo la numeración inicial y final, par e impar (derecha e izquierda) mediante un algoritmo especializado; previamente es necesario conocer (y ordenar) los segmentos de calles gráficamente según su sentido topológico, o sea que la secuencia gráfica deberá coincidir con el orden lógico de crecimiento de la numeración. Evidentemente que el levantamiento de campo producirá los mejores resultados, tanto en calidad como en precisión, pero tendrá también los más altos costos de producción.

Asimismo, también afecta a la calidad y sobre todo a la precisión de la geocodificación la forma de tratar las avenidas y paseos. Además de que estas vías son más anchas que las calles normales, en el caso de haber jardines centrales, ellas deben ser tratadas como dos vías separadas, cada una comportándose como una senda con sentido único de circulación. Esto hace que a la hora de apartar el punto geocodificado del eje viario para colocarlo aproximadamente sobre el borde de la manzana o inclusive a algunos metros hacia dentro no haya que tratar separadamente las vías con esas características. A esa distancia de retraimiento perpendicular al eje vial se le denomina off-set, y generalmente es determinada previamente en los ajustes por defecto de los sistemas que hacen la localización automática de los puntos de interés a través de su dirección postal.

Es evidente que estos procedimientos son relativamente sofisticados y complejos, y en gran medida dependientes tanto de las capacidades o especificidades propias de los sistemas de localización, como de la estructura lógica y sobre todo gráfica del mapa callejero. Por ejemplo si se decide utilizar para las grandes avenidas solamente un eje central, o si se ha optado por trazar dos, uno a cada lado de los jardines centrales. La segunda opción es la más precisa y eficiente, especialmente si se pretende emplear el mapa callejero para realizar rutas para el transporte de cargas y pasajeros, ya que en estos casos los datos de conectividad de las vías transversales deben ser actualizados (por ejemplo si en una esquina es permitido girar a la derecha o no) y verdaderos

(evitando que en el mapa aparezcan conexiones inexistentes). Lo mismo sucede con aquellos referentes al sentido de circulación del tránsito de vehículos, ya que una información equivocada puede provocar retrasos en la entrega, multas e inclusive accidentes.

Otro aspecto que influye directamente en los resultados de un proceso de geocodificación tiene que ver con la calidad de los datos contenidos en la lista de direcciones a ser localizados. Estos datos deberán ser estandarizados, para que exista agilidad y un bajo índice de rechazo de direcciones postales en el momento de la ejecución del proceso de localización automática. La experiencia práctica indica que si una lista de direcciones es sometida previamente a un algoritmo de estandarización, el resultado obtenido en la geocodificación posterior alcanza el suceso en más del 95 % de los casos. Obviamente, un proceso exitoso al 100 % es muy improbable, pero sí es posible mejorar los resultados mediante la repetición con criterios de localización cada vez mas relajados en los saldos de cada rodada, como por ejemplo utilizar apenas 5 de los 8 dígitos del código postal, o recurrir al nombre del Barrio como referencia restrictiva de lugar con dimensiones mayores que aquel atribuido como área inherente al código postal. Poderosos recursos de búsqueda fonética y de referencia a directorios de códigos postales son algunos de los recursos que los algoritmos de estandarización o programas “padronizadores”, como también son conocidos, utilizan para alcanzar sus objetivos.

Otras características especiales que pueden ser necesarias para el proceso de geocodificación dependen directamente del uso que se dará a este, por ejemplo, no es igual ejecutar la localización de todos los hospitales de una ciudad para realizar un estudio de planificación de servicios de salud pública, que ejecutar el plan de colecta de residuos hospitalarios en los mismos locales en dependencia de una secuencia precisa con horas marcadas, y siguiendo criterios de prioridad y proximidad a los crematorios. En el segundo caso, además de los tres requisitos anteriormente citados para poder realizar correctamente la geocodificación, es necesario que el mapa callejero contenga las orientaciones de flujo del tránsito (dirección del tránsito de vehículos), y mucho más importante, la conectividad topológica de todos los segmentos de vía, conformando una verdadera red de transportes y considerando tanto el aspecto gráfico o espacial como sus atributos y peculiaridades lógicas. Sobre esa red de transportes (que aquí coincide con el mapa callejero), serán trazadas las rutas de colecta y entrega de los residuos hospitalares. O sea, que para realizar el plan de colecta de residuos, será necesario ejecutar previamente la geocodificación de los hospitales y de los puntos de entrega (utilizando sus direcciones postales), para posteriormente, ejecutar un algoritmo de logística de transportes para que indique las diferentes alternativas de distribución. Nótese que la complejidad de los resultados esperados ha aumentado considerablemente, aunque los requisitos para alcanzarlos sólo se han incrementado en algunas características relativas al mapa callejero y al algoritmo de cálculo de las rutas.

Se hace necesario mencionar que aunque un trabajo de cálculo de colecta de residuos sólidos como el que se ha citado se realiza normalmente en un SIG que sigue el modelo de datos vectorial, y que por tanto se basa en el análisis del espacio continuo, en determinadas condiciones es posible ejecutarlo en un ambiente discreto, o sea utilizando el modelo de datos matricial o *raster*. Así sucedió en el barrio de La Garena (Alcalá de Henares) donde se utilizó el programa “Localiza”, preparado para ser rodado como una macro del SIG Idrisi (que sigue el modelo *raster*), para evaluar el sistema de recogida

de residuos sólidos urbanos (RSU) y la localización de los contenedores en esa localidad (RODRÍGUEZ ESPINOSA, 2004).

Geocodificación en Barcelona

La ciudad de Barcelona tenía 1.593.075 habitantes en el año 2005 y aproximadamente 1.500 Km. de vías. La geocodificación en Barcelona presenta características propias, específicas y que se distinguen claramente de lo que sucede con la aplicación de este proceso en la Ciudad de São Paulo (PÉREZ MACHADO, 2008), por ejemplo. En primer lugar, es necesario destacar la forma de atribuir la numeración. Aunque en principio se supone que existe un origen situado en la Plaça de San Jaume (plaza del ayuntamiento), este origen se desvirtuó con el tiempo, convirtiéndose en la línea de costa para el sentido mar – montaña (norte – sur) y poniente – levante (oeste – este) para el sentido transversal. La numeración par se dispone al lado derecho, y la impar al lado izquierdo de la calle, aunque la distribución de los números de los inmuebles no es métrica con relación a la distancia del origen, y sí dependiendo del catastro. Esto hace que exista relativamente poco aumento de numeración en cada manzana, y si por añadidura la fachada de los edificios es muy grande, llegar al número 200 de una calle no significa para nada caminar 200 metros desde su origen, como sería en São Paulo o en New York, sino que esta dirección fácilmente se encuentra a más de 10 manzanas del comienzo de la numeración par de la vía.

Por otra parte, es común colocar en una dirección postal el intervalo correspondiente al de dos o más números en el catastro, que son descritos mediante un guión que separa los dígitos, por ejemplo *Gran Via* 54-56. Esto último acaba creando dificultades en el momento de utilizar un software de geocodificación creado para tratar direcciones métricas, ya que el guión actúa como separador entre la dirección y el complemento, lo que no es cierto. Felizmente, como los programas de geocodificación atribuyen la posición geográfica mediante un proceso de interpolación lineal proporcional a la largura de los segmentos, los puntos localizados acaban quedando correctamente situados. Evidentemente que siempre existen excepciones, como en cualquier proceso, por ejemplo en “14 bis”, cuando junto con el número aparecen letras.

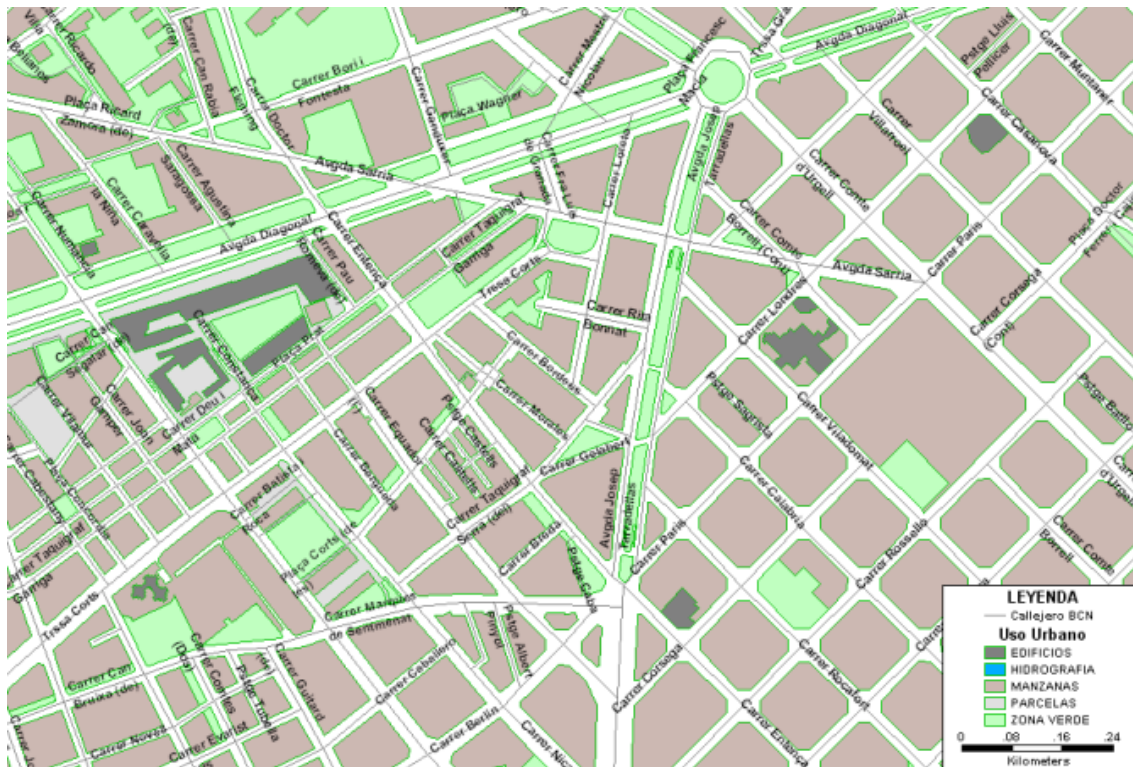
La dirección mencionada de la *Gran Via* 54-56, todavía puede crear confusión, ya que en el mapa callejero de Barcelona, se presentan dos con esta denominación, la *Gran Via de Les Corts Catalans*, y la *Gran Via de Carles III*, para mencionar el tema homonimia de tipo. Al analizar apenas los nombres, se destaca el caso de *Gràcia*, para el que existen tres tipos de vía con cuatro diferentes nombres: *Passeig de Gràcia*, *Carrer Grande Gràcia*, *Travessera de Gràcia* y con solo una manzana entre el *Carrer d'Apel·les Fenosa* y el *Carrer Grande Gràcia*, aparece simplemente el *Carrer de Gràcia*.

Desde el punto de vista gráfico, aunque en Barcelona se utiliza también una adaptación del conocido patrón TIGER (U. S. CENSUS BUREAU, 2007), el entrabe mayor se produce cuando no se separan en dos líneas paralelas los segmentos correspondientes a grandes avenidas o paseos, porque sencillamente el jardín central no alcanza determinada anchura (entre 15 y 20 m), o hay segmentos que pasan por encima de jardines que no han sido abiertos en la realidad al paso de vehículos (nótese la *Avinguda Diagonal* al norte de la Figura 1).

En el detalle presentado, aunque se refiere a un mapa callejero de alta calidad cartográfica (MAPTEL NETWORKS, 2005) [4], se percibe que faltan segmentos de vías por donde circulan vehículos en la *Avinguda Diagonal* así como también en algunos cruzamientos de calles importantes con la *Avinguda Joseph Tarradellas*. En los locales indicados, destacase la ausencia de segmentos, sin embargo se nota también que sobran aquellos que atraviesan el jardín central donde ese tipo de cruzamiento no existe.

Un aspecto esencialmente gráfico, pero que también influye en el tratamiento lógico de las direcciones, sobre todo en lo que se refiere a la numeración, son los famosos chaflanes de las esquinas de *l'Eixample* (el Ensanche), característicos del plan de reforma urbanística del ingeniero Ildefons Cerdá (1860). En estas esquinas la numeración de las calles que se interceptan generalmente comienza y termina en el medio del chaflán. En la Figura 1, por estar situada justamente en el encuentro del barrio de *Les Corts* con *l'Eixample*, definido por la *Avinguda Joseph Tarradellas*, en el lado oeste del mapa (que corresponde al Distrito de *Les Corts*) no existen los chaflanes. Ese barrio, donde el autor residió por un año, era un pequeño núcleo poblacional que fue conurbado con la aplicación en el siglo XIX del plan de Cerdá (*op. cit.*). La mayor parte de los nombres originales de las calles fueron substituidos, y la numeración pasó a obedecer al sentido de crecimiento mar - montaña y poniente – levante.

Figura 1. Detalle del mapa callejero de Barcelona en las cercanías de la *Plaça Francesc Macià*. (Elaboración propia).



Otro aspecto que debe ser considerado en la forma de representación gráfica de un mapa callejero, es la toponimia, dedicada principalmente a la denominación de vías. En este tema también deben ser apreciados detalles como los tipos de letras, su tamaño y sobre todo, cuestiones relativas a la ortografía, si se utilizarán o no acentos, ya que generalmente se acostumbra a escribir todo en mayúsculas, así como el idioma en que se colocarán los nombres. Esto último adquiere principal relevancia en Barcelona,

puesto que la lengua mas utilizada es el Catalán, sin embargo a veces sucede que los creadores de los mapas no son de ese origen por lo que emplean una mezcla de los dos idiomas (Catalán y Castellano), escribiendo los nombres en el primero y los tipos de las vías en el segundo, o viceversa.

Se considera que la mejor opción acaba siendo la de tener varias columnas, o sea campos de la base de datos de los atributos descriptivos de los ejes que componen el mapa callejero, con diferentes opciones de grafía, utilizando la denominación completa para colocar las etiquetas en el mapa y además, con las alternativas de todo mayúsculas, mayúsculas y minúsculas (de preferencia acentuadas), además de aquellas columnas indispensables para poder efectuar la geocodificación. Todavía, dependiendo de los objetivos finales, como el SIG que se va a utilizar y sobre todo cuánto se pretende gastar en la elaboración de la base cartográfica digital (mapa callejero), es posible incluir campos con el orden numérico de prioridad para que las etiquetas aparezcan, ancho real de las calles y también, una columna dedicada a colocar en abreviaturas aquellos nombres de vías que sobrepasen un límite previamente establecido. Algunos programas de SIG comerciales, permiten utilizar automáticamente el contenido de una columna así, como alternativa cuando aquella que contiene la denominación completa excede el límite lógico ya determinado.

Aplicaciones de la Geocodificación

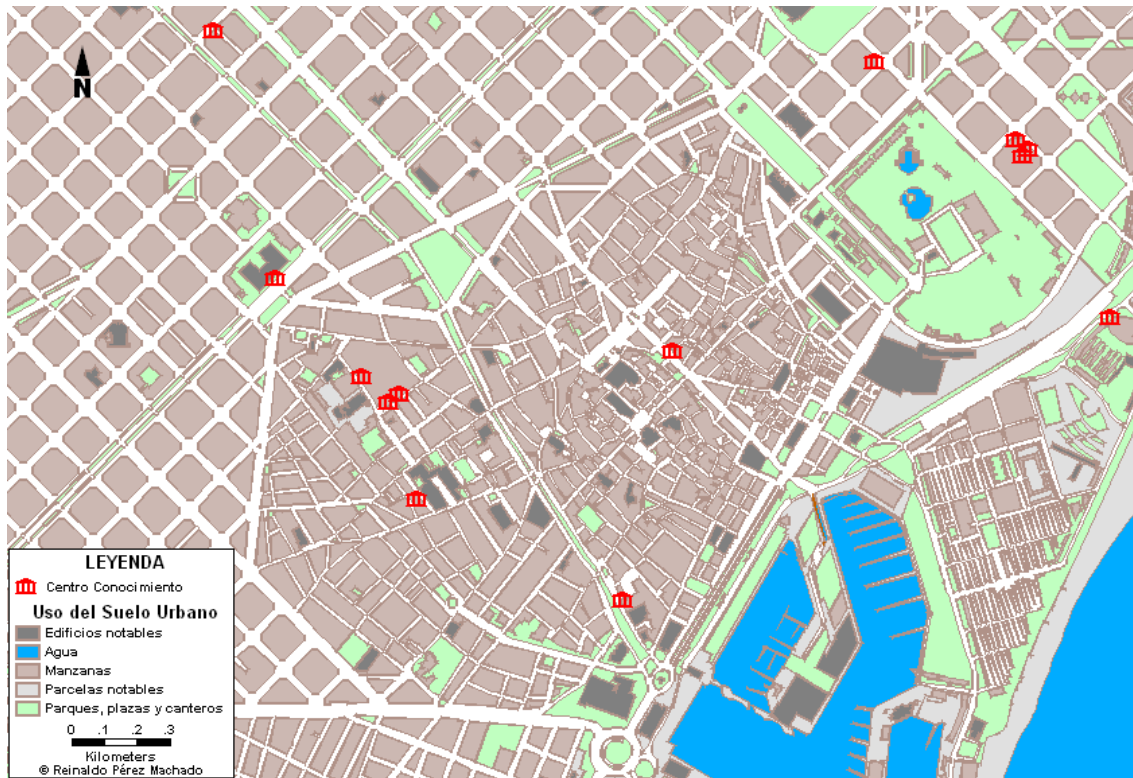
Desde hace unos diez años los recursos y métodos de geocodificación o geolocalización de direcciones han sido cada vez más utilizados. Combinados con otras tecnologías de análisis espacial se han convertido en especialidades de los Sistemas de Información Geográfica. Se hace referencia a los estudios de *Geomarketing* y LBA (sigla proveniente del Inglés *Location Based Analysis*), así como a la cartografía automatizada de POI (*Points of Interest*). Más recientemente, el empleo de POI se ha hecho prácticamente indispensable en los mapas y fotografías digitales de la Internet (un ejemplo muy actual es el ofrecido por *Google Earth*, donde los propios usuarios pueden crearlos). Y principalmente, como ya fue mencionado, su combinación con la capacidad de geocodificación y el establecimiento de rutas y caminos mínimos para la cartografía digital que se utiliza corrientemente hoy en día con los GPS (del inglés *Global Positioning Systems*, Sistemas de Posicionamiento Global), sea para uso comercial o privado.

Como parte de las actividades del autor durante su permanencia en la *Universitat de Barcelona*, se realizaron diversos experimentos de geocodificación automatizada, utilizando siempre como referencia el mapa callejero digital de la ciudad, llamado *Ibercarta Barcelona* (MAPTEL NETWORKS, 2005). El primero de esos experimentos fue realizado en marzo de 2006, y contó con el apoyo de la Dra. Elisabet Rosa Trias, Profesora Titular de la *Universitat de Barcelona* y Albert Broggi, Director de Aula Barcelona. Como resultado, fue posible elaborar un mapa temático de puntos sobre la base digital antes mencionada. (Ver Figura 2).

En aquella ocasión, se utilizó como fuente una hoja de cálculo Excel (*Directori d'Innovació de la Regió Metropolitana de Barcelona*) que incluía una lista con 116 Centros de Conocimiento a ser localizados dentro del Región Metropolitana. De ese total, solamente 79 registros estaban situados dentro del municipio (*Barcelona Ciutat*), y de estos fueron efectivamente localizados 66, obteniéndose así 83,54 % de aciertos. Se

hace necesario destacar que tanto en este caso, como en todos los experimentos que se realizaron para este estudio, no se realizó ningún procedimiento de estandarización sobre los datos contenidos en la lista original.

Figura 2. Detalle del mapa digital de la Ciudad de Barcelona mostrando el resultado de la geocodificación de los Centros de Conocimiento. (Elaboración propia).

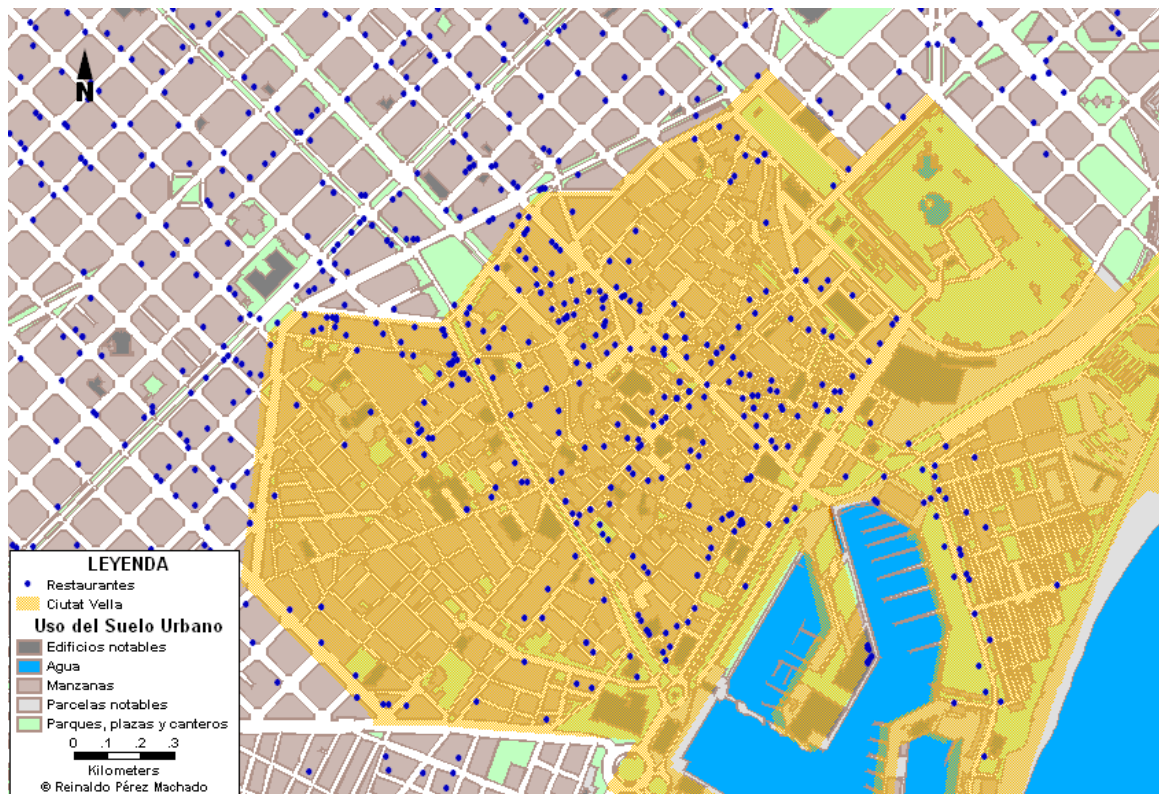


El segundo intento de aplicación de la tecnología fue realizado en colaboración con el geógrafo Sergio Moreno Redón y utilizando los datos que fueron empleados en el mapa “*L’oferta de serveis de massatge i relax*” (MORENO REDÓN, 2003), publicado en el Atlas Comercial de Barcelona, obra dirigida por el Profesor Carles Carreras i Verdguer. Los resultados obtenidos no fueron más significativos por causa de la naturaleza de los servicios ofrecidos, con ubicación poco precisa, y también porque el listado fue creado en una hoja de cálculo (Excel) y no en un sistema de gestión de bases de datos. A pesar de todo se localizaron 176 de los 208 registros disponibles, alcanzando 84,62 % de aciertos, lo que constituyó el mayor índice alcanzado en este trabajo.

En el tercer ensayo de aplicación de la tecnología, sí se utilizó una base de datos (esta en formato Access), conteniendo 2.589 registros correspondientes a “Restaurantes que aceptan ticket” situados dentro del municipio de Barcelona. Del total procesado sin ningún tipo de tratamiento previo, tanto en la lista como en el mapa callejero de referencia, fueron localizados satisfactoriamente 2.160 establecimientos, lo que constituye el 83,43 % del total analizado. Es importante señalar que este listado de establecimientos fue utilizado inicialmente como fuente para la creación del mapa homónimo (ARIÑO i BARRERA, 2003), publicado también en el Atlas Comercial de Barcelona. Solo que en aquella ocasión los datos fueron tratados por la sumatoria de los establecimientos contenidos en los barrios censales y representados cartográficamente mediante coropletas. Un futuro estudio a partir de los resultados de geolocalización que

fue ejecutada (ver Figura 3), permitiría descubrir, según nuestra opinión, patrones de distribución espacial y asociaciones cualitativas que se encuentran mascarados probablemente por la agregación de los puntos dentro de las áreas de referencia utilizadas en el mapa publicado en el atlas, así como por restricciones de escala.

Figura 3. Detalle del mapa digital mostrando la localización de los “Restaurantes que aceptan ticket”. En destaque el Distrito *Ciutat Vella*, en Barcelona. (Elaboración propia).



Continuando con las pruebas de geocodificación, se utilizó una tabla (Excel), conteniendo 1.200 registros correspondientes a “*Quioscs*” situados dentro de *Barcelona Ciutat*. Del total procesado sin ningún tipo de tratamiento previo, fueron localizados satisfactoriamente 996 establecimientos, lo que constituye 83 % del total analizado. Este listado de establecimientos fue utilizado inicialmente como fuente para el análisis de datos primarios durante la ejecución del Atlas Comercial de Barcelona.

También es posible utilizar la geocodificación para estudios urbanísticos y sociales históricos, como el que se realizó en el *Departament de Geografia Humana de la Universitat de Barcelona*, para representar, cartográficamente, la actividad económica de la ciudad de Valls en el año 1885 (FRAGO i CLOLS, 2007), aunque es conocida y notoria la dificultad para establecer las localizaciones de las industrias, talleres, comercios y servicios, por causa de las diversas ocasiones en que el nomenclátor de las calles de esta ciudad cambió desde esa fecha. Por ese motivo, se ejecutó la geocodificación en este caso de forma manual y aproximada (Lluís Frago i Cloles, comunicación personal), aunque no se descarta la posibilidad de su automatización.

Poco antes de terminar su estancia en Barcelona, en marzo de 2007, el autor fue consultado por investigadores del *Departament de Història Contemporània* de la propia *Facultat de Geografia i Història de la Universitat de Barcelona*, sobre la posibilidad de

realizar la localización automática (geocodificación) de las direcciones de los domicilios provenientes del vaciado del Padrón Municipal de Habitantes relativo a los trabajadores de algunas industrias localizadas en la ciudad de Barcelona en los años 1930, 1940, 1945 y 1950. Se realizó una prueba, seleccionando 1.156 registros del total de 6.623 contenidos en la base original, que fueron sometidos al proceso de geocodificación automática, utilizando como referencia un callejero digital actualizado. Como resultado, se consiguieron localizar 638 registros, lo que representa el 55,2 % de la muestra utilizada. Este resultado es muy significativo, si se tiene en cuenta que no se sometió la base de datos a ninguna técnica de estandarización, ni tampoco se crearon versiones de los mapas callejeros de la ciudad de Barcelona para los años señalados.

Estas acciones conformarán los procedimientos correctos a ser ejecutados, separando los registros de cada fecha para ser procesados con su base correspondiente, en el caso de que la realización del proyecto sea autorizada. Una vez concluidas todas las tareas de geocodificación según el corte temporal, los mapas resultantes serán de gran utilidad para determinar el patrón espacial y temporal de la distribución de los domicilios para cada industria, consiguiéndose calcular con bastante precisión, por ejemplo, cuánta distancia recorrían los trabajadores para desplazarse desde su residencia hasta la casa, separándolos por sexo, o por lugar de procedencia. Suponiendo, naturalmente, que estos datos se encuentren reflejados en el catastro municipal. Otra posibilidad es la de tratar los datos del vaciado, que individualmente representan domicilios, como conjuntos dentro de los límites de los barrios censales, este procedimiento se ha utilizado para realizar el excelente trabajo monográfico: Barcelona 1930: un atlas social (OYÓN, MALDONADO y GRIFUL, 2001).

Consideraciones finales

Se han explicado las características fundamentales del recurso de la Geocodificación, como parte integrante de las relativamente recientes Tecnologías de la Información Geográfica, ofreciendo detalles de como se utiliza este recurso técnico y cuales son los requisitos para poder implementarlo, lo que en la opinión del autor, contribuye positivamente al desarrollo de la Geografía Urbana contemporánea. La idea de pormenorizar los requerimientos principales para lograrlo, se debe a que de hecho esas particularidades no se detallan corrientemente en la literatura técnica ni en la académica. Específicamente, se presentaron las particularidades del proceso de geocodificación para la ciudad de Barcelona, en cuanto a las posibilidades de aplicación práctica de esa tecnología y de algunos de sus productos derivados. Los experimentos realizados con el Mapa Callejero de la Ciudad de Barcelona (MAPTEL NETWORKS, *op. cit.*) y con los diferentes listados de direcciones postales demostraron que, aún sin hacer ningún procesamiento para estandarizar (“limpiar” o “padronizar”) las listas, el índice de aciertos fue superior a 83 %, con excepción de un caso histórico.

Notas

- [1] Consecuentemente, el proceso de geocodificación propiamente dicho es exclusivo de los SIG vectoriales, o sea aquellos que se rigen por ese modelo de datos tratando espacios continuos y no discretos como los que siguen el modelo de datos gráfico matricial o “*raster*”
- [2] O un código similar, por ejemplo 0, 1 y 2, que significa lo mismo, esto depende únicamente del patrón adoptado por el fabricante del programa de geocodificación utilizado. Algunos, prefieren inclusive, almacenar el ángulo real que el vector de dirección indica, o sea el azimut expresado en grados.
- [3] En el ejemplo utilizado, este nombre de campo (y todos los que siguen), es reservado y obligatorio a los efectos de la geocodificación. Existen paquetes SIG con módulos de geocodificación donde los



campos necesarios son seleccionados por el usuario indicando directamente en la tabla de atributos, o sea que permiten nombres variables.

- [4] El autor desea manifestar aquí su agradecimiento a la Empresa Maptel Networks, y en especial al Señor Carlos Baquero Arribas, Director de Operadoras cuando se inició el estudio sobre Geocodificación en el Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona (abril de 2006), por haber facilitado el trámite efectivo y préstamo del Mapa Callejero de la Ciudad de Barcelona, en concepto de Evaluación de Productos Cartográficos, sin el cual este trabajo nunca hubiera podido realizarse.

Bibliografía

- ARIÑO i BARRERA, A. (2003): "Els restaurants que accepten "ticket" En: Carreras i Verdaguer, C. (Dir.): *Atles Comercial de Barcelona*. Ajuntament de Barcelona, Cambra Oficial do Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona i Universitat de Barcelona. 381 pp. ISBN: 84-7609-676-3.
- CERDÀ, I. (1860) *Reforma y Ensanche de Barcelona. Plan Económico. Resumen y fiel extracto del que ha propuesto para la realización de su Proyecto el ingeniero de caminos, canales y puertos D. Ildefonso Cerdá*. Barcelona: Imprenta Narciso Ramírez. 511 p.
- ESRI. (2004). *ArcGIS 9. Geocoding in ArcGIS*. (On line). Environmental Systems Resarch Institute – ESRI. Redlands, California. 185 pp. ISBN: 9781589481121 <http://www.gvmcregis.org/help/esri_manuals/ArcGIS_Desktop/Geocoding_in_ArcGIS.pdf> [9 de agosto de 2007].
- FRAGO i CLOLS, LL. (2007). *De la tradició a la post-modernitat: La metamorfosis del centre a les capitals comarcals catalanes*. Projecte de tesis doctoral. Mapa "Activitat econòmica a la ciutat de Valls, el 1885", en: <<http://www.ub.es/observatoricomerc/novetats/Valls1885.html>> [21 de enero de 2007].
- MAPINFO CORPORATION. (2007). *MapMarker España Server. Version 4 Developers Guide*. (On line). Troy, New York. MapInfo Corp. August 2007. 64 pp. <http://reference.mapinfo.com/software/mapmarker_emea/english/4.0/MM_ESP_402_Developer.pdf> [7 de octubre de 2007].
- MAPTEL NETWORKS, (2005): *Ibercarta Barcelona. Mapa Callejero de la Ciudad de Barcelona* (en formato SHP). Propiedad de Maptel Networks. S.A.U. Plaza Santa María Soledad Torres Acosta, 1, 5ª planta. 28004. Madrid.
- MORENO REDÓN, S. (2003): "L'oferta de serveis de massatge i relax" En: Carreras i Verdaguer, C. (Dir.): *Atles Comercial de Barcelona*. Ajuntament de Barcelona, Cambra Oficial do Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona i Universitat de Barcelona. 381 pp. ISBN: 84-7609-676-3.
- OYÓN, J.L., MALDONADO, J. y GRIFUL, E. (2001): *Barcelona 1930: un atlas social*. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. 183 pp. ISBN: 84-8301-468-8.
- PÉREZ MACHADO, R. P. (2008): "Procesos de Geocodificación Urbana: Los casos de São Paulo y Barcelona". En: [RCG] *Revista Catalana de Geografia* [on line]. Barcelona. Revista Catalana de Geografia (Revista digital de geografia, cartografia i ciències de la Terra). IV època / volum XIII / núm. 33 / febrer 2008. <<http://www.rcg.cat/articles.php?id=113>> [2 de abril de 2008].
- RODRÍGUEZ ESPINOSA, V. M. (2004): "Evaluación del sistema de recogida de RSU. Localización de contenedores de RSU en Alcalá de Henares, España". En: Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez (Coordinadores): *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. RA-MA Editorial. Madrid. España.



- U. S. CENSUS BUREAU (2007). *Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing system - TIGER*. (On line). United States Census Bureau. August 2007. <<http://www.census.gov/geo/www/tiger/>> [2 de diciembre de 2007].
- YAHOO! (2008). *Yahoo! Map Web Services – Geocoding API*. (On line) Yahoo! Developer Network. Yahoo! Inc. <<http://developer.yahoo.com/maps/rest/V1/geocode.html>> [16 de abril de 2008].