

## *Accesibilidad peatonal a la red de metro de Madrid: efectos del Plan de Ampliación 1995-99*

Javier GUTIÉRREZ PUEBLA

Carlos CRISTÓBAL PINTO

Gabriel GÓMEZ CERDÁ

### 1. INTRODUCCIÓN

La accesibilidad peatonal de la población al transporte público (en nuestro caso, la red de metro) es un factor determinante en la elección modal por parte de los individuos. Si la parte inicial del viaje (el acceso desde la vivienda hasta la parada o estación más próxima) es fácil, el viajero se mostrará más favorable a utilizar el transporte público (Tyler, 1996). Esta cuestión adquiere una particular importancia en el actual marco de promoción del uso del transporte público en el contexto de un objetivo de movilidad sostenible (Comisión Europea, 1995; Greene y Wegener, 1997). También es importante tener en cuenta que el transporte público es esencial para la movilidad de numerosos grupos sociales y, en consecuencia, para garantizar su acceso a puestos de trabajo, equipamientos y servicios. Por lo tanto, no se trata simplemente de una cuestión sectorial (el transporte) y ambiental (sus efectos sobre el medio), sino también de justicia social (Tyler, 1996). Al igual que en la localización de otros servicios públicos, en este caso es importante no sólo el principio de eficiencia, sino también el de equidad (ver McAllister, 1976; Morrill y Symons, 1977; Moreno, 1995; Talen y Anselin, 1998).

En este trabajo se analiza la accesibilidad peatonal de la población del municipio de Madrid a la red de metro, comparando la situación previa al plan de ampliación (año 1995) con la resultante de la ejecución del mismo (1999). El plan de ampliación de metro 1995-1999 comprende las siguientes actuaciones: prolongaciones de las líneas 1 (Miguel Hernández – Congosto), 4 (Esperanza – Parque de Santa María), 7 (Avenida de América – Pitis) y 9 (Pavones – Arganda del Rey); construcción de las nuevas líneas 8 (Mar de

Cristal – Campo de las Naciones — Aeropuerto) y 11 (Plaza Elíptica – Pan Bendito); y conexión de las antiguas líneas 10 y 8 para constituir la nueva 10 de carácter diametral (Fuencarral – Aluche). En total son 28 las nuevas estaciones, que lógicamente deben producir cambios importantes en la accesibilidad peatonal a la red. De lo que se trata en este trabajo es de medir la magnitud de tales cambios.

Existen numerosas medidas de accesibilidad, que responden a distintas conceptualizaciones y objetivos de análisis (Pirie, 1979; Koenig, 1980; Jones, 1981; Reggiani, 1998). Un indicador muy sencillo es el que se conoce como medida de oportunidades acumuladas, que consiste simplemente en contabilizar la cantidad de población o actividad económica que queda dentro de un determinado límite de distancia o de tiempo con respecto a uno o varios puntos seleccionados. Si estos puntos representan la localización de equipamientos o servicios, el indicador de oportunidades acumuladas es expresivo de la cantidad de demanda potencial existente en su entorno. En nuestro caso los puntos seleccionados son las estaciones de la red de metro y lo que se calcula es la cantidad de población dentro de varias franjas definidas en función de unos radios de cobertura prefijados.

Dado que el estudio abarca la totalidad del municipio de Madrid, se ha optado por utilizar un nivel de desagregación espacial intermedio para la población (las secciones censales) y un cálculo de distancias simple (distancias euclidianas), suficiente para simular los movimientos peatonales de acceso a la red de metro en grandes espacios urbanos como el que aquí nos ocupa (Ruiz y Serra, 1994; Cristóbal y García Pastor, 1994). Sólo en análisis micro es posible georreferenciar toda la población a nivel de portal, calcular las distancias peatonales a través de la red e incluso trabajar con distancias percibidas en lugar de con distancias reales (Escobar, 1994 y 1996).

A partir del cálculo de distancias euclidianas en torno a la localización de los vestíbulos de las estaciones (por los que han de pasar todos los viajeros que acceden a ellas), se distinguen en este trabajo las siguientes franjas de cobertura: de 0 a 300 metros, de 300 a 600 y más de 600 metros. Sin duda la elección de las isolíneas de referencia es una cuestión importante cuando se trabaja con medidas de oportunidades acumuladas (Pirie, 1979). En este caso se justifica por el hecho de que, a una velocidad de 4,5 km/hora y aceptando un índice de rodeo medio de 1,2 (característico de un viario ortogonal), las isolíneas de los 300 y 600 metros se corresponden aproximadamente con unos tiempos de 5 y 10 minutos, respectivamente, que constituyen barreras psicológicas en los desplazamientos peatonales. A partir de estas franjas de cobertura se calcula la cantidad de población residente, desagregada a nivel de sección censal. De lo que se trata es de comprobar en última instancia los efectos del plan de ampliación en términos de población servida por la red. El análisis se realiza utilizando un Sistema de Información Geográfica. Los

resultados se presentan a distintos niveles de desagregación espacial: red en su conjunto, distritos, barrios y estaciones.

## 2. DATOS DE PARTIDA Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

### *Capas de información*

En un análisis de demanda de transporte como el que aquí se aborda es necesario considerar tres elementos fundamentales: las estaciones de metro (puntos de oferta), la distribución de la población (demanda potencial) y la distancia que separa a la demanda potencial de los puntos de oferta. La herramienta más adecuada para este tipo de análisis es un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el que es posible realizar cálculos de distancias y donde los datos, estructurados en capas temáticas, pueden ser combinados para derivar nueva información. En nuestro caso se ha partido de las siguientes capas de información:

- *Oferta*: En dos capas de puntos se refleja la localización de cada una de las estaciones de la red de metro en los años 1995 y 1999, respectivamente. La capa de 1995 cuenta con 126 estaciones y la de 1999 con 154 (28 estaciones más).
- *Demanda*: En una capa de polígonos se representa el seccionado censal, con los datos de población del padrón de 1996. Dado que la población no se distribuye uniformemente en el interior de cada sección censal, se ha utilizado una capa de usos del suelo (de la Consejería de Obras Públicas de la Comunidad de Madrid) para asignar la población de cada sección censal a las superficies ocupadas por suelo residencial.
- *Distancias*: Dos capas derivadas para cada situación temporal reflejan las distancias (*buffers* de 300 y 600 metros) a las estaciones y sus áreas de influencia (polígonos de Thiessen).
- *Capas de referencia*: Se ha contado también con las capas que contienen la delimitación oficial de los barrios y distritos del municipio de Madrid, con el fin de ofrecer los resultados finales por barrios y por distritos.

### *Metodología de análisis*

Para llevar a cabo el análisis de población servida por las estaciones según radios de cobertura en las dos situaciones temporales consideradas, se han seguido los siguientes pasos:

- *Ajuste de la distribución de la población:* Superponiendo el mapa de usos del suelo al seccionado censal se ha conseguido afinar la distribución de la población en cada sección censal, ajustándola sobre las áreas de uso del suelo residencial, en detrimento de los usos industriales y de los espacios no edificados.
- *Áreas de influencia de las estaciones:* Para delimitar las áreas de influencia se han generado polígonos de Thiessen a partir de las capas de puntos que representan la localización de las estaciones, tanto en 1995 como en 1999. Esta primera delimitación de áreas de influencia es bastante realista en el centro de la ciudad, donde existe una elevada densidad de estaciones de metro, pero no en la periferia, ya que allí donde no existe competencia entre estaciones un polígono de Thiessen puede extenderse a lo largo de kilómetros hasta el límite externo del área de estudio.
- *Franjas de cobertura en las áreas de influencia de las estaciones:* Las franjas de cobertura de 0 a 300 y de 300 a 600 metros, generadas también a partir de las capas de puntos que representan la localización de las estaciones en los dos horizontes considerados, ofrecen una visión más realista desde el punto de vista de las distancias, al delimitar las áreas próximas a las estaciones. Sin embargo, dichas franjas frecuentemente se superponen, especialmente en los espacios más céntricos de la ciudad, donde existe una menor distancia entre estaciones. Por lo tanto, no marcan el límite entre las áreas de influencia de estaciones vecinas, lo que es imprescindible para realizar un análisis de la población residente en cada una de esas franjas estación por estación. Esto, sin embargo, se obtiene superponiendo las dos capas anteriores (polígonos de Thiessen y radios de cobertura), de lo que resulta una nueva capa que recoge tanto las franjas correspondientes a los radios de cobertura especificados como los límites entre las zonas de influencia de las estaciones.
- *Población residente en las áreas de influencia según radios de cobertura:* El cálculo de la población residente en cada uno de los radios de cobertura, estación por estación, se obtiene superponiendo las capas anteriores con el seccionado censal ajustado. Si una sección censal está completamente comprendida dentro de un cierto radio con respecto a una estación de metro, toda la población de la sección es asignada a esa franja y esa estación. Pero cuando una sección queda partida por el límite entre las áreas de influencia de dos estaciones, su población se reparte entre las dos áreas de influencia de forma proporcional a la superficie de la sección que queda dentro de cada una de ellas. Lo mismo ocurre cuando una sección queda partida por el límite entre dos franjas de cobertura.

- *Población residente según radios de cobertura por barrios y distritos:* En cuanto a la diferenciación por barrios y distritos, es necesario realizar una superposición de la capa anterior con la de barrios y la de distritos, respectivamente, y asignar la población de los polígonos resultantes al barrio o distrito en que se encuentran incluidos, operando de forma análoga a lo expresado anteriormente cuando un polígono queda fragmentado entre dos barrios o distritos. De esta forma se puede obtener finalmente la cantidad de población residente en cada uno de las radios de cobertura tanto por barrios como por distritos.

### 3. RESULTADOS

#### *Municipio de Madrid*

Como resultado de la ampliación de la red de metro 1995-1999 se produce un importante aumento de la población residente en la proximidad de las estaciones de la red. La situación de 1999 muestra que un 33,80% de la población se encuentra dentro de la franja de 0 a 300 metros, un 35,46% dentro de la de los 300 a 600 metros y el 30,74% restante habita a una distancia superior a los 600 metros con respecto a las estaciones. En 1995 los porcentajes correspondientes a esas tres franjas eran de un 27,90%, un 31,26% y un 40,83%, respectivamente (cuadro 1).

La cantidad de población residente en el radio de 0 a 600 metros pasa de un 59,16% del total de la población del municipio en 1995 a un 69,26% en 1999 (cuadro 1), lo que significa un incremento de unos 289.000 habitantes en términos absolutos (cuadro 2). El aumento de población residente en la franja de mayor accesibilidad, es decir, de 0-300 metros (169.000 habitantes), es mayor que el que se produce en la franja de 300-600 (120.000 habitantes), lo que indica que las mejoras no sólo son cuantitativas (más población con acceso a la red de metro), sino también cualitativas (el grupo de población con mejor acceso a la red de metro es el que más crece).

**Cuadro 1**  
**Población residente según radios de cobertura en torno a las estaciones antes y después de la ampliación de la red: total del municipio de Madrid**

<i>Radios de cobertura</i>	<i>Población</i>			
	<i>Absoluta</i>		<i>Relativa (%)</i>	
	<i>1995</i>	<i>1999</i>	<i>1995</i>	<i>1999</i>
0-300 m	799.749	969.060	27,90	33,80
300-600 m	896.300	1.016.964	31,26	35,46
>600 m	1.170.801	880.826	40,83	30,74
Total	2.866.850	2.866.850	100,00	100,00

**Cuadro 2**  
**Cambios en la cantidad de población residente según radios de cobertura en torno a las estaciones antes y después de la ampliación de la red: total del municipio de Madrid**

<i>Radios de cobertura</i>	<i>Diferencias 1999-1995</i>	
	<i>Absoluta</i>	<i>Relativa (%)</i>
0-300 m	169.315	21,17
300-600 m	120.332	13,42
>600 m	-289.647	-24,73

Por otro lado, es importante resaltar que el aumento en el número de estaciones entre 1995 y 1999 (un 22,2%) es muy parecido al aumento de población con acceso a la red registrado entre ambas fechas (17,0%) y casi idéntico al de aquellos que residen en la primera franja (21,2%). Esto a pesar de que en 1995 la red estaba muy desarrollada, con lo que las zonas que concentraban más demanda ya estaban dentro del radio de cobertura de las estaciones. Ello demuestra que en general las nuevas estaciones se localizan adecuadamente en relación a la población residente, lo que es un elemento clave cuando se evalúa la rentabilidad económica y social de la ampliación de la red.

*Distritos*

La situación de la red en 1995 muestra espacios no cubiertos de una cierta extensión. Hay tres distritos (Vicálvaro, Villa de Vallecas y Villaverde) que no están servidos por esta red y un cuarto (Barajas) que tiene más de un 99% de población fuera de la franja de los 600 metros. Otros distritos que tienen una parte importante de su población fuera de esa franja son Hortaleza, Moncloa-Aravaca, Usera, Fuencarral-El Pardo y Puente de Vallecas. Todos ellos son distritos periféricos (situados fuera de la almendra central). Los distritos mejor servidos son lógicamente los que ocupan localizaciones más céntricas, ya que allí la red de metro es mucho más densa.

**Cuadro 3**  
**Población de los distritos en el radio de cobertura de 0 a 600 metros (en %)**

<i>Distritos</i>	<i>1999</i>	<i>1995</i>	<i>Diferencia</i>
Arganzuela	82,34	82,34	0,00
Barajas	26,93	0,46	26,47
Carabanchel	69,47	56,62	12,85
Centro	98,96	98,96	0,00
Chamartín	100,00	92,90	7,10
Chamberí	99,80	91,51	8,29
Ciudad Lineal	67,86	67,86	0,00
Fuencarral-El Pardo	68,49	37,72	30,77
Hortaleza	58,84	12,45	46,39
Latina	56,82	54,62	2,20
Moncloa-Aravaca	66,21	31,73	34,48
Moratalaz	77,54	77,21	0,33
Puente de Vallecas	45,35	45,35	0,00
Retiro	96,17	96,17	0,00
Salamanca	98,45	98,34	0,11
San Blas	77,26	77,26	0,00
Tetuán	93,51	85,71	7,80
Usera	36,58	36,58	0,00
Vicálvaro	75,73	0,00	75,73
Villa de Vallecas	51,33	0,00	51,33
Villaverde	0,00	0,00	0,00
TOTAL Municipio de Madrid	69,28	59,16	10,12

Los datos de 1999 difieren sustancialmente con respecto a los de 1995. En 1999 sólo un distrito (Villaverde) queda fuera de la cobertura de la red y sólo dos distritos (Barajas y Usera) tienen más de un 60% de su población fuera del radio de los 600 metros. Los cambios más importantes son los registrados en Vicálvaro (que mejora 75,7 puntos porcentuales), Villa de Vallecas (51,3%), Hortaleza (46,3%), Moncloa-Aravaca (34,4%) Fuencarral-El Pardo (30,7%) y Barajas (26,4%) (cuadro 3).

La magnitud de los cambios también puede apreciarse en el cuadro 6, donde se expresa la distribución de distritos según el porcentaje de población cubierta en el radio de 600 metros. El intervalo más favorable no experimenta cambios (los siete distritos centrales son los que superan el 80% de población cubierta tanto en 1995 como en 1999), pero los cambios son muy considerables en los demás escalones, indicando que la ampliación de la red ha producido un aumento de la equidad entre los distritos.

**Cuadro 4**  
**Número de distritos según el porcentaje de población cubierta en el radio de 600 metros: 1995 y 1999**

<i>Población en el radio de cobertura de 600 m (%)</i>	<i>Número de distritos</i>	
	<i>1995</i>	<i>1999</i>
0-20	5	1
20-40	3	2
40-60	3	4
60-80	3	7
80-100	7	7
TOTAL	21	21

Ese aumento de la equidad puede verificarse también aplicando el coeficiente de variación a los datos de población cubierta en el radio de 600 metros. La evolución de este coeficiente desde 59,76 en 1995 hasta 36,89 en 1999 indica claramente que a nivel de distritos la ampliación produce una mayor equidad en el acceso de la población madrileña a la red de metro.

## *Barrios*

El análisis por barrios muestra mayores diferencias que el análisis por distritos, ya que en este caso los datos están más desagregados espacialmente. Los barrios que en 1999 tienen una mayor proporción de población dentro de la franja comprendida entre los 0 y los 300 metros son los de Justicia (97,4%), Trafalgar (95,5%), Sol (89,5%), Lista (88,1%), Universidad (86,9%), Embajadores (83,5%) y Goya (82,5%). Todos ellos, barrios muy céntricos, superan el 80% de población en esa franja tanto en 1995 como en 1999.

En el extremo opuesto, los barrios cuya población queda totalmente fuera de la franja de los 600 metros, con una localización claramente periférica, desciende desde 30 en 1995 hasta sólo 19 en 1999. Los barrios que permanecen en esta desfavorable situación son Aravaca, Atalaya, Butarque, Casco Histórico de Vallecas, Costillares, Cuatro Vientos, El Goloso, El Pardo, El Plantío, Entrevías, Fuentelarreina, Los Ángeles, Los Rosales, Orcasitas, Orcasur, San Andrés, San Cristóbal, San Fermín y Valdemarín.

Los mayores beneficios resultantes de la ampliación de la red se producen en barrios que partían de una situación de muy baja accesibilidad. Los mayores aumentos de población en la franja comprendida entre los 0 y los 600 metros se registran en los barrios de Valdezarza, Casco Histórico de Barajas, Casco Histórico de Vicálvaro y Ambroz, todos ellos con mejoras de más de ochenta puntos porcentuales. Son barrios que han pasado de no tener metro a tener a la mayor parte de su población servida por dicha red.

Si se contabiliza el número de barrios según intervalos de población cubierta en la franja de los 600 metros (cuadro 5), se observa que se produce un significativo descenso en el número de barrios peor servidos y un apreciable incremento en el número de barrios con mejor accesibilidad. Entre ambas fechas el número de barrios con menos de un 40% de población cubierta cae desde 46 hasta 38, mientras que el número de los que tienen más de un 60% de su población cubierta aumenta desde 69 hasta 81.

**Cuadro 5**  
**Número de barrios según el porcentaje de población cubierta en el radio de 600 metros: 1995 y 1999**

<i>Población en el radio de cobertura de 600 m (%)</i>	<i>Número de barrios</i>	
	<i>1995</i>	<i>1999</i>
0-20	37	29
20-40	9	7
40-60	13	11
60-80	16	18
80-100	53	63
TOTAL	128	128

Finalmente, si se calcula el coeficiente de variación entre barrios sobre el porcentaje de población cubierta en la franja de los 600 metros, se observa también una disminución del coeficiente de variación por efecto de la ampliación, desde 67,84 en 1995 hasta 55,45 en 1999, lo que significa que las disparidades entre barrios han disminuido en 12,39 puntos.

### *Estaciones*

La construcción de nuevas estaciones en localizaciones próximas a algunas ya existentes ha producido una reducción en el área de influencia de éstas últimas y por lo tanto de la población residente en dicha área. Es el caso sobre todo de Moncloa, Ríos Rosas, Opañel, Iglesia, Carabanchel y Quevedo, cada una de las cuales ha perdido más de 5.000 habitantes en su área de influencia, que lógicamente han pasado al área de influencia de alguna de las nuevas estaciones.

Por lo demás, la cantidad de población en el área de influencia de cada estación es muy variable. Superan los 25.000 habitantes en su área de influencia (franja de 0 a 600 metros dividida entre estaciones a partir de polígonos de Thiessen) las estaciones de Artilleros, Barrio del Pilar, Delicias y Usera. De entre las nuevas estaciones superan los 20.000 habitantes en su área de influencia las de Islas Filipinas, Francos Rodríguez, Canillas, Parque de Santa María y Peñagrande.

Las estaciones con poca población en su área de influencia responden a circunstancias muy distintas: estaciones como Sol, Sevilla, Callao, Colón o Serrano tienen áreas de influencia muy pequeñas (por encontrarse en zonas con alta densidad de estaciones) y entornos muy terciarizados; Ciudad Universitaria da servicio al campus de las Universidades Complutense y Politécnica; Atocha Renfe y Pitis facilitan el intercambio modal ferrocarril-metro; Campo de las Naciones da servicio al recinto ferial y Aeropuerto permite la conexión con Madrid tanto a los pasajeros como a los empleados de la gran terminal aeroportuaria. Por su parte, Valdebernardo se ubica en un barrio que en 1996 contaba con poca población pero donde estaba previsto un importante desarrollo urbanístico.

Además de conocer la cantidad de población residente en el área de influencia de cada estación es importante analizar si esa población se localiza o no en las proximidades de la estación. Eso se puede calcular a partir del porcentaje de población residente en la primera franja (de 0 a 300 metros) con respecto a la suma de las dos franjas (de 0 a 600 metros). El valor obtenido para el conjunto de la red es de 48,8%, lo que significa que la cantidad de población es casi igual en ambas franjas.

Las estaciones que presentan un valor superior al obtenido para el conjunto de la red suelen ser céntricas: se encuentran muy poco espaciadas y por lo tanto presentan interferencias en sus áreas de influencia. Chueca, Santo Domingo, Príncipe de Vergara, Bilbao, Sol, Tirso de Molina y Noviciado tienen más del 90% de la población de su área de influencia en la primera franja; por encima de 80% se sitúan también Tribunal, Antón Martín, Iglesia, Retiro, Lavapiés, Callao, Lista, Gran Vía, Goya, San Bernardo y Cruz del Rayo. Los valores más bajos suelen darse en estaciones periféricas que no están primordialmente orientadas a dar servicio a la población residente, como Aeropuerto, Atocha RENFE y Campo de las Naciones.

#### 4. CONCLUSIONES

La ampliación de la red de metro 1995-1999 produce una significativa mejora en términos de accesibilidad. La cantidad de población residente en el radio de 0 a 600 metros pasa de un 59,16% del total de la población del municipio en 1995 a un 69,26% en 1999, lo que significa un aumento de unos 289.000 habitantes en términos absolutos. El aumento de población residente en la franja de mayor accesibilidad, es decir, de 0-300 metros (169.000 habitantes), es mayor que el que se produce en la franja de 300-600 (120.000 habitantes), lo que indica que las mejoras no sólo son cuantitativas, sino también cualitativas.

El análisis de la población servida según radios de cobertura ofrece diferencias importantes entre distritos y entre barrios. La situación de la red en 1995 muestra la existencia de espacios no cubiertos cuya extensión se reduce en 1999. Los mayores beneficios resultantes de la ampliación de la red se producen lógicamente en barrios y distritos que en 1995 no estaban servidos por la red de metro. El coeficiente de variación de la población cubierta en el radio de 600 metros presenta una evolución favorable, tanto a nivel de distritos como de barrios, lo que indica claramente que la ampliación aumenta la equidad en el acceso a la red de metro.

La cantidad de población en el área de influencia de cada estación es muy variable. Las estaciones con poca población en su área de influencia responden a circunstancias muy distintas: algunas tienen áreas de influencia muy pequeñas y entornos muy terciarizados; otras dan servicio a diversas áreas de actividad como la universidad, el recinto ferial y el aeropuerto; otras son estaciones de intercambio modal ferrocarril-metro; y en otras, por último, están previstos desarrollos urbanísticos importantes.

La proporción de población en la primera franja (0-300 metros) con respecto al total de las dos franjas (0-600) es también muy variable. Los valores más altos se dan en numerosas estaciones del centro, que se encuentran muy poco espaciadas y por lo tanto presentan interferencias en sus áreas de influencia; los más bajos suelen darse en estaciones que no están primordialmente orientadas a dar servicio a la población residente, sino a áreas de actividad.

En resumen, la ampliación de la red de metro produce no sólo un importante aumento de su eficiencia, entendida en términos de población servida (máxime si se tiene en cuenta que el aumento porcentual de la cantidad de población servida es similar al aumento porcentual del número de estaciones), sino que también se refleja en un aumento de la equidad entre distritos y barrios (disminuyen las desigualdades entre distritos y barrios en cuanto a los porcentajes de población servida).

## BIBLIOGRAFÍA

- Bosque, J. y Moreno, A. (1990): "Facility locations analysis and planning: a GIS approach". Utrecht, *First European Conference on Geographical Information Systems*, pp. 87-94.
- Comisión Europea (1995): "Medidas encaminadas a mejorar la movilidad urbana en las ciudades europeas". *Estudios de Transporte y Comunicaciones*, 68, pp. 99-121.
- Cristóbal Pinto, C. y García Pastor, Antonio (1994): "Coverage of rail transport networks (metro and commuter railways) in the city of Madrid, using a Geographic

- Information System". University of Warwick, *PTRC European Transport Forum, Proceedings of Seminar N*, pp. 61-69.
- Escobar, F. J. (1994): "Aplicación del análisis de redes a la localización de centros de salud en Alcalá de Henares". Madrid, *III Congreso de AESIG*, 1-4, pp. 1-15.
- Escobar, F. J. (1996): *Los Sistemas de Información Geográfica en la localización de servicios sociales: centros de salud y clubes de jubilados en Alcalá de Henares*. Alcalá de Henares, Universidad de Alcalá (Tesis Doctoral).
- Greene, D. L. y Wegener, M. (1997): "Sustainable transport". *Journal of Transport Geography*, 5, 3, pp. 177-190.
- Jones, S. R. (1981): *Accessibility measures: a literature review*. Crowthorne, Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 967.
- Koenig, J. G. (1980): "Indicators of urban accessibility: theory and application". *Transportation*, 9, pp. 145-172.
- McAllister, D. M. (1976): "Equity and efficiency in public facility location". *Geographical Analysis*, 8, pp. 47-63.
- Morril, R. L. y Symons, J. (1977): "Efficiency and equity aspectos of optimum location". *Geographical Analysis*, 9, pp. 215-225.
- Pirie, G. H. (1979): "Measuring accessibility: a review and proposal". *Environment and Planning A*, 11, pp. 299-312.
- Reggiani, A. (Ed.) (1998): *Accessibility, trade and locational behaviour*. Aldershot, Ashgate.
- Ruiz, E. y Serra, J. (1994): "Aplicaciones básicas de un SIG para estudios territoriales en el área metropolitana de Barcelona: población, economía y territorio". Madrid, *III Congreso de AESIG*, V-2, pp. 1-8.
- Talen, E. y Anselin, L. (1998): "Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds". *Environment and Planning A*, 30, pp. 595-613.
- Tylor, N. (1996): "On accessibility". London, University of London (working paper).

## RESUMEN

En este trabajo se analiza la accesibilidad peatonal de la población del municipio de Madrid a la red de metro (población servida), comparando la situación previa al plan de ampliación (año 1995) con la resultante de la ejecución del mismo (1999). La cantidad de población residente en distintas franjas de cobertura en torno a las estaciones (de 0 a 300 metros, de 300 a 600 y más de 600 metros) se calcula a partir de los datos del padrón de 1996, desagregados a nivel de sección censal. El análisis se realiza utilizando un Sistema de Información Geográfica.

**Palabras clave:** Accesibilidad, transporte urbano, metro, Sistemas de Información Geográfica.

## ABSTRACT

This article analyses the accessibility of the population of Madrid to the metro network (in terms of covered population) by comparing the situations before and after the metro extension plan 1995-1999. Covered population within several fringes (0-300 meters, 300-600 meters and more than 600 meters) is calculated on the basis of the census sections (data of 1996). A Geographic Information System (GIS) has been used to carry out this study.

**Key words:** Accessibility, urban transport, metro, Geographic Information System.