



**Análisis económico y mediambiental de  
construcción, mantenimiento y consumo de tres  
modelos urbanos: centro histórico,  
ensanche y suburbano**

**Autor:** Maria Rosa Cervera Sardá

**Institución:** Universidad de Alcalá

**Otros autores:** Javier Gómez Pioz (Cervera&Pioz Arquitectos); Victoria Kertesz  
Cubillan (Universidad Simon Bolivar)

## Resumen

El cada vez mayor impacto que el fenómeno urbano tiene en cuestiones energéticas y medioambientales requiere un conocimiento cada vez más preciso de las variables derivadas de la construcción, mantenimiento y uso de la ciudad. Es por ello que en esta ponencia realizamos un ejercicio de análisis y estimación de datos de diferentes modelos urbanos a fin de proceder a un estudio comparado sobre las inversiones, consumos y emisiones derivadas de cada uno de los diversos patrones de asentamientos. Se han seleccionado tres áreas geográficas de España, Madrid, Barcelona y Campo de Gibraltar, y dentro de ellas tejidos urbanos correspondientes a centro histórico, ensanche, ciudades suburbanas dentro de la corona metropolitana y poblaciones de carácter rural con diverso grado de población, ceso y metodología de análisis económico y medioambiental llevados a cabo para conocer edensidad y actividad. Consideramos que la novedad de este estudio proviene del prol real impacto de una ciudad en un cierto espacio de tiempo, con la valoración comparada de costes iniciales de inversión en estructuras e infraestructuras, costes de mantenimiento y de uso en el ciclo de vida y emisiones de CO2 resultantes de los diversos modelo de ocupación del territorio.

**Palabras claves:** Análisis económico y medioambiental urbano, ciudad sostenible, comparación modelos de ciudad.

## 1. PRESENTACIÓN DEL TEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL MISMO

Uno de los problemas a los que se tiene que enfrentar la humanidad en el siglo XXI es el de definir el mejor modo de asentamiento en el planeta para una población en proceso de crecimiento exponencial, tanto en lo que a número de individuos como a consumo de recursos se refiere. Esta situación, completamente nueva en la historia por la escala del fenómeno, demanda un conocimiento en profundidad del impacto de los diversos modelos de ocupación del territorio a fin de definir la manera viable de hacer ciudad en el futuro inmediato. El proceso de urbanización parece imparable, y casi podríamos decir que infinito de seguir con las actuales prácticas, mientras que los recursos son categóricamente finitos. En el caso de España el 77% de la población vive actualmente en áreas urbanas y se estima que para el 2020 se alcanzará el 79%. Aunque el ritmo de crecimiento actual es más lento que la media mundial partimos de una población urbana mayor que dicha media. En cualquier caso la conclusión es clara, tres cuartas partes de la población viven en áreas urbanas y esta cifra seguirá en aumento. Para completar esta visión tenemos que decir que el crecimiento anual urbano supera claramente al crecimiento de la población. Según el Observatorio de la Sostenibilidad de España (OSE) las distancias dentro de las áreas urbanas aumentarán, de seguir la tendencia, un 40% entre los años 1995 y 2030. Esto implica depredación del territorio, incremento de la dispersión y disminución de la concentración de actividad, dependencia del automóvil, dramático impacto ambiental, reducción de las áreas agrícolas<sup>1</sup>, etc. A grandes rasgos, las áreas urbanas están ocupando cada vez más superficie y las escalas son cada vez mayores.

Dadas las circunstancias parece haber ya claro consenso, al menos entre los medios teóricos y académicos, que la única vía posible es la del modelo compacto. Sin embargo consideramos que todavía falta un cruce de datos sobre los costos económicos y medioambientales que los diferentes modelos urbanos implican para conocer en profundidad su impacto y conveniencia. Por ello nos hacemos la pregunta ¿Cuánto cuesta una ciudad? Es decir, cuánto cuesta un modelo urbano considerando los costos de construcción de sus edificios, estructuras, e infraestructuras, los de mantenimiento de las mismas y los gastos derivados del modo de uso que supone dicho modelo.

Consideramos que la novedad de esta ponencia consiste precisamente en la sumatoria de datos sobre estos tres aspectos: construcción, mantenimiento y uso. No obstante, entendemos el estudio aquí presentado como una aproximación a una metodología de análisis y valoración y los resultados obtenidos como orientativos dada la dificultad para dar una respuesta incuestionable por la diferencia de variables a considerar, el modo de definir los costos económicos y los medioambientales y las bases de datos heterogéneas con la consiguiente dificultad de homogeneización y comparación.

<sup>1</sup> Según una exposición organizada por "El Consejo de Arquitectura, Urbanismo y Medioambiente (CUAE)" 60000 ha de las superficies agrícolas son urbanizadas anualmente, de las cuales la mitad lo son para uso residencial [http://www.ladyverd.com/articulo/1271/exposicion\\_habitar\\_de\\_otra\\_forma.htm](http://www.ladyverd.com/articulo/1271/exposicion_habitar_de_otra_forma.htm).

En el análisis que presentamos se eligieron diferentes barrios de dos ciudades españolas, Madrid, Barcelona y a dos poblaciones de la comarca de Campo de Gibraltar, Algecira y Los Barrios, de tal modo que pretendemos cubrir el estudio de modelos urbanos de centro histórico, ensanche, barrios periféricos y núcleos rurales de diverso carácter. Se definieron variables similares entre localidades para cuantificarlas y así poder comparar distintos tejidos urbanos entre si en distintos contextos y dar de ese modo respuesta entre otras a las siguientes preguntas ¿Cuál es la ocupación del suelo a nivel de porcentajes de construcción y espacio abierto? ¿Cuánto es la inversión anual en infraestructura viaria, de viviendas y de servicios? ¿Cuánto cuesta el mantenimiento de la vialidad y las construcciones que cubren las ciudades? ¿Cuál es el costo anual que deben hacer las familias en cuanto a servicios básicos, incluyendo el transporte?

## 2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

### a. Selección de áreas urbanas y delimitación de las mismas

Los fragmentos urbanos objeto de estudio pertenecen a las dos ciudades de mayor población de España, Madrid y Barcelona, y a una comarca en el sur de España, Campo de Gibraltar, dentro de la Comunidad de Andalucía. De este modo es posible cubrir un amplio espectro de tejidos urbanos que van desde el núcleo histórico hasta la población rural de muy baja densidad. Los fragmentos urbanos considerados han sido decididos con cierto grado de aleatoriedad, de tal modo que no responden a divisiones administrativas o consensuadas de la ciudad. Cada uno de ello refleja una tipología urbana de tal modo que contamos con estructuras de centros históricos de desarrollo previo a la segunda mitad del siglo XIX, de planes de ensanche propios de segunda mitad del XIX y principio del XX, poblaciones dormitorio o suburbanas dentro de la metrópolis típicas de finales de siglo XX y finalmente con dos modelos de población rural en la que Algeciras sería modelo de mayor concentración y Los Barrios núcleo de muy baja densidad. De este modo contamos con tres casos que corresponden a áreas centrales de ciudad y tres que consideramos periféricas o suburbanas.

Las zonas a analizar son las siguientes:

Tipo 1.- Centro Histórico:

Área de Puerta del Sol, Madrid.

Pertenece a lo que es el casco antiguo de la ciudad y como tal su entramado de calles es relativamente irregular, con vías estrechas y altura máxima de hasta 6 plantas, siendo el promedio entre 4 y 5 niveles, incluyendo buhardillas. Es en la actualidad una zona de gran actividad comercial y turística debido a su ubicación y es también sede de instituciones y empresas que conviven con el uso residencial. Para el estudio se ha delimitado un área de 1.376.133 metros cuadrados y contiene una población aproximada de 7.388.



Tipo 2. – Ensanche: Área de Esquerriá dentro del Ensanche de Barcelona.

Tiene una trama cuadrangular regular con estructura de manzanas. Aunque su principal uso es el residencial lo comparte con usos terciarios. Cuenta con una población aproximada de 21.431 delimitada dentro de un área de 1.341.545 metros cuadrados.



Tipo3.- Centro histórico rural: Algeciras en Campo de Gibraltar.

La zona central de Algeciras es un barrio antiguo con estructura de calles angostas e irregulares que en muchas ocasiones se adaptan a la topografía. Comparte usos residenciales con industrial. El número de plantas es de un promedio de 4 y la zona de análisis tiene un área de 1.440.731 metros cuadrados y una población aproximada de 1.946.



Tipo 4.- Área suburbana: Alcobendas en la corona metropolitana de Madrid.

Actualmente Alcobendas tiene un carácter subsidiario del gran Madrid, pudiéndose considerar, a pesar de su gran actividad a nivel municipal, de ciudad dormitorio. De ahí que el uso fundamental sea el residencial compartido con el comercial de barrio. Su trama es reticular en la mayoría de los casos y su altura se encuentra entre los 5 y 6 pisos. Sus calles son mucho más amplias, ya que al poder ser planificadas las carreteras pudieron ser ampliadas a 2 carriles por sentido. Para el diagnóstico se delimitó un área de 1.041.538 metros cuadrados que consta de un aproximado de 828 residentes.



Tipo 5.- Área suburbana: Cerdanyola en la corona metropolitana de Barcelona.

De características globalmente similares a las del área de Alcobendas posee una trama reticular con una altura promedio de 4 pisos. Aunque es un barrio con una predominancia residencial también tiene un alto nivel de uso terciario es decir de servicios y oficinas. Se delimitó en un área de 1.041.895 metros cuadrados con una población aproximada de 1.606.



Tipo 6.- Población rural: Los Barrios en Campo de Gibraltar.

Los Barrios presenta la estructura típica de población de claro carácter rural. Su actividad principal es la agricultura. La trama es originalmente orgánica adaptándose al terreno, pero las nuevas áreas del pueblo han sido planificadas otorgándole un tramado reticular. Sus alturas se mantienen en un promedio entre 2 y 4 pisos, ya que la mayoría de las edificaciones son viviendas unifamiliares. Dadas sus circunstancias tan divergentes de las de la gran ciudad, a fin de que pudiera analizarse en similares condiciones que el resto de áreas estudiadas, la superficie a considerar se triplicó en comparación a los demás barrios. Por ello se delimitó un área de 4.135.831 metros cuadrados, lo que abarca un aproximado de 720 habitantes.



#### **b. Establecimiento de variables urbanas a considerar**

Se han considerado una serie de variables de análisis para poder establecer una comparativa:

- i. Variables referidas a características urbanas:
  1. Densidad (hab/km<sup>2</sup>): número de personas por unidad de área de terreno.
  2. M<sup>2</sup> por cada habitante (m<sup>2</sup>/hab): es, al contrario que la densidad, indicador del espacio que correspondería a cada ciudadano dentro del área en estudio.
  3. Superficie urbanizada /huella de lo construido (km<sup>2</sup>) / área de estudio (km<sup>2</sup>): la huella de lo construido se refiere al área que ocupa lo construido sin tomar en cuenta las alturas y el total edificado contra el resto del terreno del área en estudio.
  4. Vialidad (km<sup>2</sup>): kilómetros o metros lineales dependiendo de la escala, multiplicado por un promedio de 3,5 metros de anchura por carril, tomando 4 carriles para los barrios periféricos y el barrio central Barcelonés de Esquerra (ya que se encuentra en el ensanche de Barcelona), y 2 para los barrios centrales (ya que las ciudades del centro son más densas y las calles más estrechas); haciendo así una estimación de kilómetros cuadrados ocupados por la vialidad dentro del área en estudio.
  5. Rieles (km<sup>2</sup>): kilómetros o metros lineales dependiendo de la escala, multiplicado por la cantidad de vías que requiera el

caso, y de esta manera saber cuántos kilómetros cuadrados ocupa las líneas de trenes dentro del área en estudio.

- ii. Variables referidas a inversiones en construcción de estructuras e infraestructuras:
  1. Costo por construcción (€/m<sup>2</sup>): Estimación del costo de construcción del área en estudio si todas las edificaciones (huella de lo construido por un promedio de pisos dependiendo del barrio, ciudad, etc) fueran construidas desde un principio.
  2. Costos por inversión en red de carreteras (€/ml): Estimación de la inversión que tendría que hacerse en carreteras si fueran construidas nuevamente.
  3. Costos por inversión en redes ferroviarias y metro (€/ml): Estimación de la inversión en la infraestructura ferroviaria y de metro
  4. Costos por red de infraestructura (€/ml): Estimación de la inversión en redes de infraestructuras tales como alumbrado público, red de alcantarillado.
- iii. Variables referidas a costos de mantenimiento de estructuras e infraestructuras:
  1. Gasto por mantenimiento de edificaciones (€/m<sup>2</sup>): Estimación de la inversión anual hecha por mantenimiento en las edificaciones dentro de la zona en estudio considerando su ciclo de vida.
  2. Gasto por mantenimiento en la red de carreteras (€/ml): Estimación de la inversión anual requerida para mantener la infraestructura vial de la zona estudiada en su ciclo de vida.
  3. Gasto por mantenimiento en las vías ferroviarias (€/ml): Estimación de la inversión anual para conservar el estado de los rieles y catenarias en el área en estudio en su ciclo de vida.
  4. Gasto por mantenimiento de la red de infraestructura (€/ml): Estimación del gasto de mantenimiento del alumbrado público y de la red de alcantarillado en su ciclo de vida.
- iv. Variables referidas a gastos por consumos:
  1. Movilidad (€): Gasto que hacen anualmente las personas por transporte público o coche privado dependiendo de la zona en estudio.
  2. Servicios públicos:
    - a. Basura (€): Tasa que pagan las personas anualmente por los residuos urbanos.
    - b. Electricidad (€): Facturación media anual por familia en (€/kWh).
    - c. Agua (€): Facturación media anual por familia (€/l m<sup>3</sup>).
    - d. Gas (€): Facturación media anual por familia (€/kWh).
- v. Variables referidas a emisiones de CO<sub>2</sub>



1. Movilidad (Kg/CO<sub>2</sub>/km): Emisiones que producen los automóviles privados y los transportes públicos (autobús, tranvía, metro y tren).
2. Servicios públicos:
  - a. Basura (Kg/CO<sub>2</sub>/persona): Emisiones anuales por hogar.
  - b. Electricidad (Kg/CO<sub>2</sub>/persona): Emisiones anuales por hogar en uso domestico (lavadora, lavavajillas, cocina, televisión, etc).
  - c. Agua (Kg/CO<sub>2</sub>/persona): Emisiones anuales producidas por el ciclo de vida del agua potable (impulsión, potabilización, depuración, etc).
  - d. Gas (Kg/CO<sub>2</sub>/persona): Emisiones por hogar anualmente por el uso del gas.

### **c. Recopilación de datos: Fuentes y limitaciones**

Las fuentes empleadas para el análisis que aquí se presenta provienen de entidades oficiales, teniendo especial relevancia las disponibles por los Ayuntamientos. Igualmente se han recogido datos de Institutos y entes privados. También se utilizan fuentes primarias y secundarias, es decir, la revisión de literatura, documentación y de prensa para la recolección de datos en base a la cual se generarán los análisis del diagnóstico.

Las limitaciones en la obtención de información han sido varias pero especialmente se deben a los siguientes aspectos: carencia en ocasiones de datos fehacientes lo que ha obligado a estimaciones y supuestos; mediciones heterogéneas que hacen difícil la comparación de datos; diferencia cronológica de los datos según las fuentes consultadas con diversa actualización de la información, complejidad de manejar las diversas variables, etc. Por lo anteriormente dicho este estudio se considera orientativo sin pretender conclusiones categóricas.

## **3. ANÁLISIS Y ESTUDIO COMPARADO DE LOS BARRIOS EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES DEFINIDAS**

### **a. Análisis comparativo en función de las características urbanas**

El primer aspecto a considerar en el análisis de las características urbanas es el relacionado con la densidad de población y la ocupación del territorio. La ciudad de Madrid cuenta con una densidad de 5369 Hb/Km<sup>2</sup>, mientras que Barcelona presenta una densidad mucho más alta de 15975 hb/km<sup>2</sup>. Ello es debido a sus condiciones geográficas que han favorecido un crecimiento contenido en extensión. La densidad media de la comarca de Campo de Gibraltar es mucho más baja que las dos anteriores, 1352 Hb/Km<sup>2</sup>, circunstancia coherente con su carácter rural.

Si invertimos la lectura y consideramos ahora la cantidad de m<sup>2</sup> que corresponden a cada habitante nos encontramos con que en Madrid cada habitante le corresponden 186 m<sup>2</sup>, en Barcelona a cada habitante le corresponden 63 m<sup>2</sup> y en Algeciras 740 m<sup>2</sup>.



Ciudades

- Madrid: 186 m<sup>2</sup> por persona
- Barcelona: 63 m<sup>2</sup> por persona

Adentrándonos en el estudio pormenorizado de los fragmentos urbanos considerados hemos procedido a una medición a través de plano, a través de información aérea de google earth y a través de la propia realidad física de las mismas que se adjunta en los Anexos 1 y 2 al final del documento. A partir de estas mediciones se ha procedido a un estudio comparado y a su valoración según las tablas y conclusiones siguientes:

## Uso del espacio: desglose por Barrios

	Barrios periféricos				Barrios centrales			
	Superficie m2	Vialidad (m2)*	Superficie construida (m2)	Espacio público (m2)	Superficie m2	Vialidad (m2)*	Superficie construida (m2)	Espacio público (m2)
<b>Madrid</b>	<b>Sol, Embajadores</b>				<b>Alcobendas</b>			
	1.376.133	240.772	928.334	207.027	1.041.538	383.390	389.748	268.400
<b>Barcelona</b>	<b>Barcelonès, Esquerra</b>				<b>Vallès Occidental, Cardanyola</b>			
	1.341.545	329.630	799.645	212.270	1.041.895	399.196	443.795	198.904
<b>Campo Gibraltar</b>	<b>Algericas</b>				<b>Los Barrios</b>			
	1.440.731	279.111	287.324	761.475	4.135.831	770.084	677.350	2.688.397

Fuente: Elaboración propia  
\* tomando como 3,5 anchura por canal y 2 canales por sentido (exceptuando Sol y Algericas con un canal por sentido)

Si analizamos la huella de lo construido en dichas ciudades, es decir de la ocupación de suelo por la edificación en relación con el territorio total consumido por la población, nos encontramos con que como mucho es un 25% del total de la superficie urbana. En el gráfico siguiente podemos ver la distribución de consumo de suelo por construcción, vialidad y el remanente espacio público.

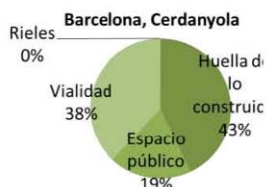
### Definición del espacio por barrio

Barrios centrales



En los **Barrios periféricos** la vialidad ocupa casi el mismo porcentaje que la huella construida

Barrios periféricos



En los **Barrios centrales** la vialidad ocupa ¼ de la huella construida

Fuente: Elaboración propia. 2012

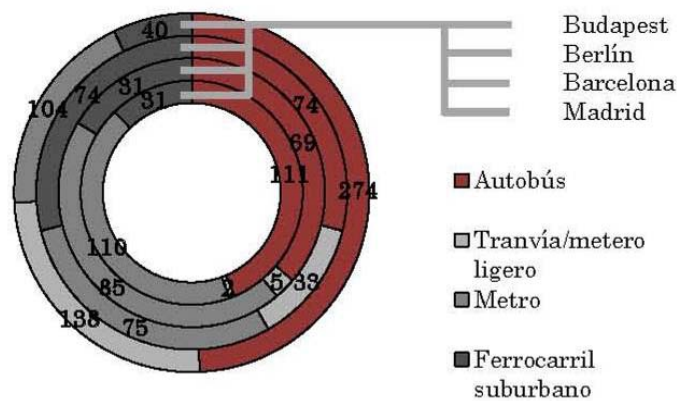
Podemos apreciar el impacto de la ocupación de la vialidad en los barrios periféricos donde se llega a consumir hasta el 40% del total del terreno urbano, en clara diferencia con los barrios centrales. La ubicación periférica, la disponibilidad de terrenos y el carácter residencial estas áreas las hacen mucho más dependientes del vehículo. Por el

contrario cuanto más histórico es un barrio menor es la ocupación de la vialidad. Situación coherente con su origen no dependiente de la red vial.

Si ahora nos fijamos en la huella de lo construido, podemos observar las claras diferencias en modelos de ocupación del territorio. En los barrios centrales la huella de lo construido ocupa un porcentaje mayor de la mitad y en el caso de los barrios periféricos baja a un 40% con excepción de Los Barrios por su condición rural. Por el contrario, en los barrios periféricos, la huella de los viales y carreteras es la que sube hasta alcanzar el 40% frente al 17 o 25% de los barrios centrales. Es aquí cuando se evidencia la importancia que el abusivo protagonismo del vehículo. “En Madrid, cada vehículo dispone de 14,5 metros cuadrados de calzada, mientras que los ciudadanos disponen de solo 8,8 metros cuadrados de acera por persona, 1,6 veces menos.”<sup>2</sup>

El impacto de los rieles de tren o metropolitano es mínimo en lo que se refiere a ocupación de territorio. Por otra parte queremos señalar que este tipo de transporte es el medio favorito de los ciudadanos<sup>2</sup> como podemos observar en el gráfico siguiente en donde se comparan 4 ciudades europeas representándose en gris los distintos medios de transporte ferroviario que en su conjunto sobrepasan la demanda del autobús. Así teniendo en cuenta la preferencia por parte de los ciudadanos y la menor ocupación del suelo y mayor capacidad de transporte se debería incidir en este medio con alta prioridad sobre otros medios de transporte.

Demanda de transporte público por habitante anual



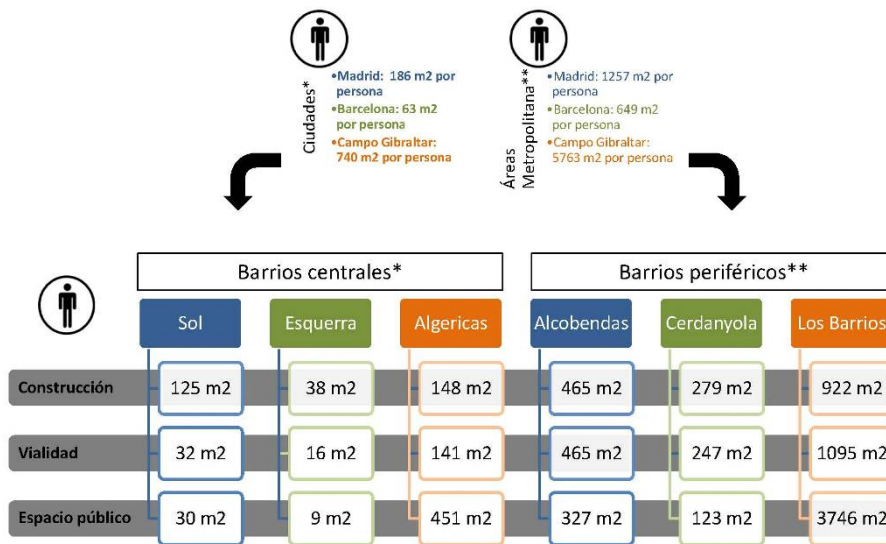
Fuente: Gráfico por elaboración propia. Datos: Informe OMM 2010. 2012

Hay que tener en cuenta que los medios de transporte ocupan espacio tanto cuando se desplazan como cuando están estacionados. Un recorrido domicilio-trabajo en coche consume 90 veces más espacio entre aparcamiento y desplazamiento que el mismo trayecto efectuado en metro o cercanías y 20 veces más que en autobús (Caja Madrid, 2010, pag 36)<sup>2</sup>. La eficacia del tren o autobús es mucho mayor porque al ser un medio colectivo es de uso compartido y ello significa que tiene un uso continuado, mientras que el vehículo particular se utiliza en un porcentaje de 10 al 20% del horario total.

<sup>2</sup> Caja Madrid. (2010). Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental. Madrid: TF Artes Gráficas.

Si nuevamente realizamos una lectura inversa estudiando el porcentaje de m<sup>2</sup> que corresponden a cada ciudadano nos encontramos con lo siguiente distribución.

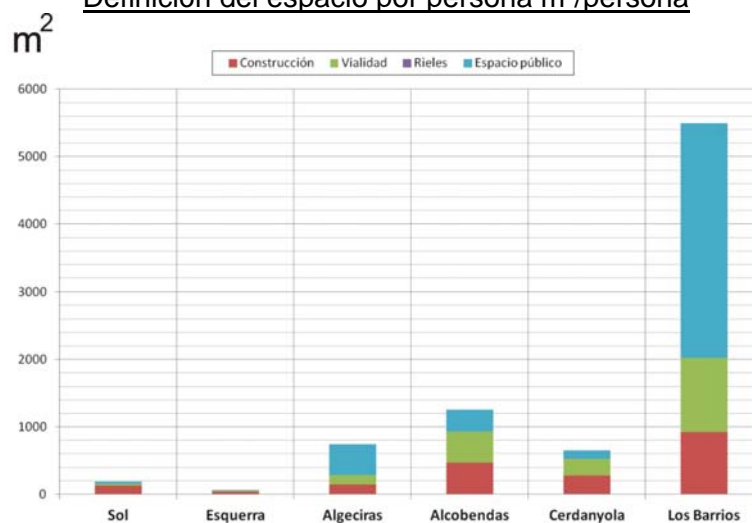
### Uso del espacio por persona



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

El barrio de Esquerra se muestra como el más denso y el de menor espacio por persona. La zona de Sol, en Madrid, que es el que le sigue en menor espacio por ciudadano tiene en común con el anterior su centralidad. Las áreas periféricas muestran una mayor extensión por ciudadano.

### Definición del espacio por persona m<sup>2</sup>/persona



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### b. Análisis a partir de las variables referidas a inversiones en construcción de estructuras e infraestructuras

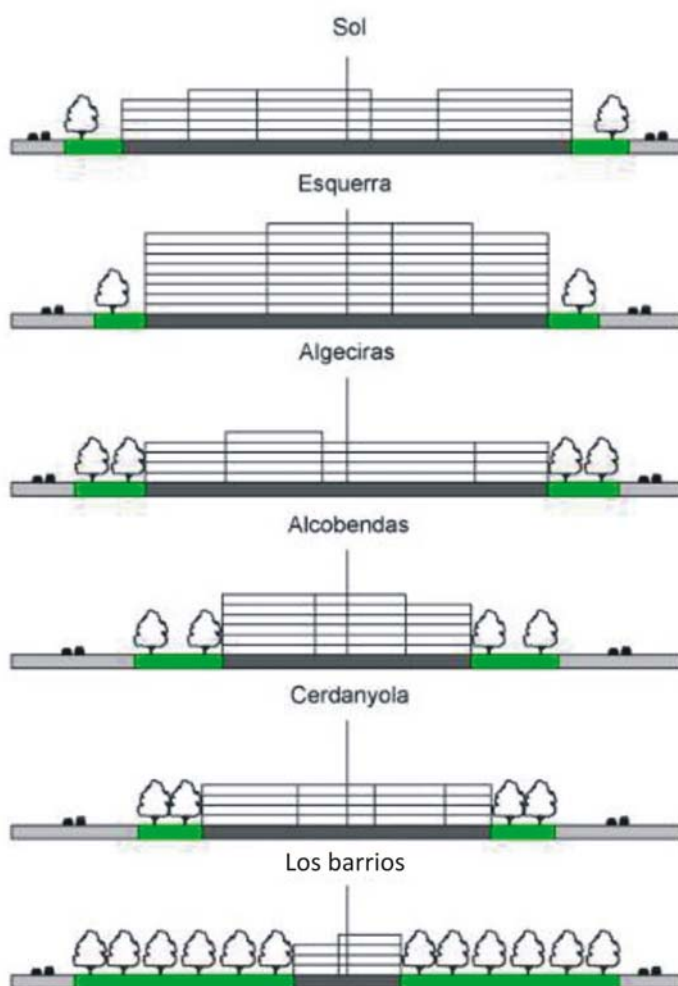
En este grupo se exponen y analizan los costos de las variables antes expuestas para poder establecer un promedio de cuanto es la inversión inicial que deben realizar los barrios en el caso de tener que volver a construir la infraestructura desde un sus cimientos.

#### Estimación de costes de construcción de la edificación

Se ha procedido a una estimación valorada según poblaciones y según situación de los barrios de tal modo que el mayor costo se le ha otorgado al centro de Madrid o al Ensanche de Barcelona y el menor a Los Barrios de Campo de Gibraltar. Por otro lado se ha estimado la superficie total construida en cada zona multiplicando la huella medida por el número promedio de plantas edificadas que se he considerado en cada barrio.

Presentamos un esquema comparado con la ocupación y el número de alturas estimado.

#### Ocupación del suelo



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

#### Estimación de costes de construcción de la edificación respecto a la huella construida

Fuente: Tabla de elaboración propia. Base de datos de precio de construcción: C&P Architects. 2012

\*Tomando como promedio 5,5 pisos (Sol), 8 pisos (Esquerra), 4,5 pisos (Algeciras) por edificación.

\*\*Tomando como promedio 5,5 pisos (Alcobendas), 4 pisos (Cerdanyola), 3,5 pisos (Los Barrios) por edificación.

	Barrios centrales			Barrios periféricos		
	Huella construida (m2)	Precio de construcción (€/m2)	Total (€)*	Huella construida (m2)	Precio de construcción (€/m2)	Total (€)**
Madrid	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	928.334	1.000	4.177.501.367	389.748	800	1.714.892.887
Barcelona	Esquerra			Cerdanyola		
	799.645	1.000	6.397.163.654	443.795	800	1.420.144.392
Campo Gibraltar	Algeciras			Los Barrios		
	872.171	800	3.139.814.208	677.350	600	1.422.435.928

#### Estimación de costes por construcción de red de carreteras y viales urbanos

Cada año se pierde territorio verde debido al crecimiento de nuestras ciudades y con ellas de las carreteras que sirven de comunicación entre urbes. Según “El Libro Blanco del Transporte” que se publicó en el 2010 cada día se pierden 10 hectáreas de territorio por la construcción de nuevas carreteras, y entre 1970 y 2000 se ha triplicado el número de carreteras en la Unión Europea. En España actualmente está vigente el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020, en el cual su principal objetivo es mejorar y nivelar las condiciones de la infraestructura vial por medio de la creación de Autopistas libres, Autovías y Autopistas de Peaje, a su vez cediendo autoría a carreteras de la red convencional a otras administraciones tales como las Comunidades Autónomas. Esto se ve reflejado a nivel de la Comunidad de Madrid, Provincia de Barcelona y de la Comarca del Campo Gibraltar en donde para el año 2010 la inversión por carretera alcanza los 200.000 millones de euros. Pero dicha inversión no solo se limita a nuevas construcciones sino también incluye el mantenimiento de las existentes.

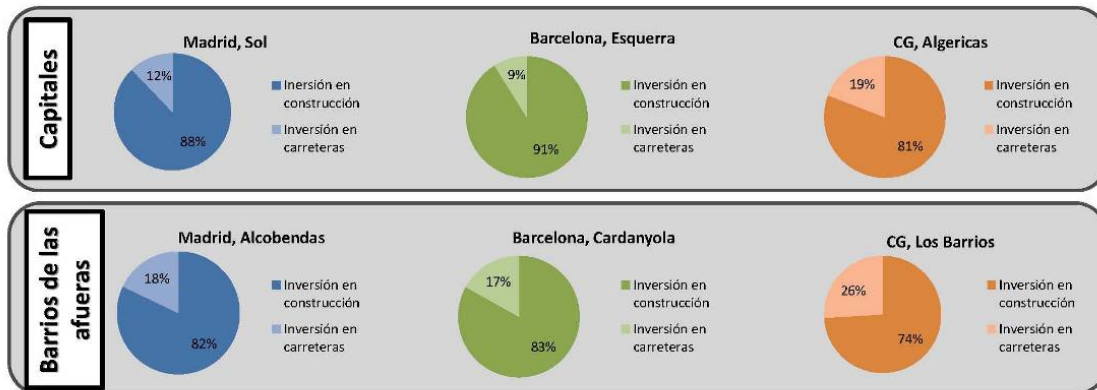
Tras proceder a una estimación de las inversiones realizadas en Madrid y Barcelona se observa que estas son muy parecidas, con un 45% y 42% debido a nuevas construcciones y más de la mitad en mantenimiento. Distinto es el caso de Campo Gibraltar en donde dos terceras partes de la inversión anual se invierten en la construcción de nuevas carreteras, dejando solo un 30% por mantenimiento.

## Inversiones en la Red de Carreteras

Kilómetros de carretera (2005)	
Euros	
Km	6.153.846,15
Fuente: Autopista Madrid-Toledo	
Comparación de precios	
Carretera (ml)	Construcción (m2)
6.153,84	1.000
Fuente: Elaboración propia	

	Ciudades periféricas			Ciudades Centrales		
	Superficie m2	Vialidad (ml)	Total (€)	Superficie m2	Vialidad (ml)	Total (€)
Madrid	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	1.376.133	34.396	211.667.692	1.041.538	27.385	168.523.077
Barcelona	Barcelonès, Esquerra			Vallès Occidental, Cardanyola		
	1.341.545	23.545	144.892.308	1.041.895	28.514	175.470.769
Campo Gibraltar	Algeciras			Los Barrios		
	1.440.731	39.873	245.372.308	4.135.831	55.006	338.498.462

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### Estimación de costes por construcción de red ferroviaria y de metro

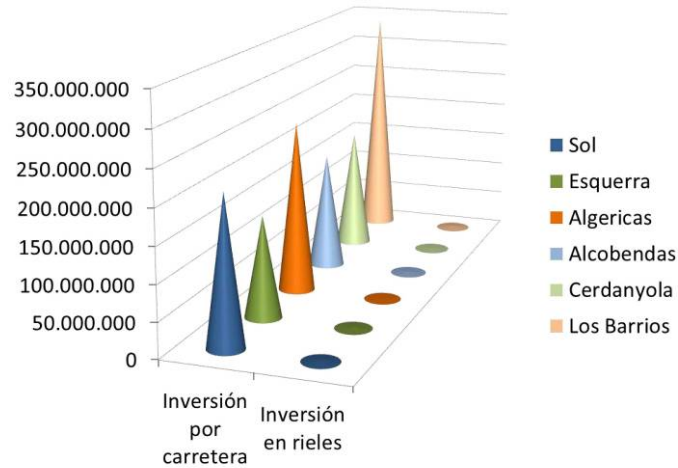
Las inversiones en red ferroviaria y metropolitana tiene una repercusión significativamente menor que la inversión en red viaria como mostramos en la siguiente tabla y gráfico:

#### Inversiones por red ferroviaria

	Barrios centrales			Barrios periféricos		
	Superficie m2	Ferrovial (ml)	Total (€)	Superficie m2	Ferrovial (ml)	Total (€)
Madrid	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	1.376.133	122,53	2.144.317	1.041.538	92,74	1.622.944
Barcelona	Esquerra			Cerdanyola		
	1.341.545	79	1.386.613	1.041.895	62	1.076.896
Campo Gibraltar	Algeciras			Los Barrios		
	1.440.731	47	816.177	4.135.831	134	2.342.957

Fuente: Tabla y cálculo por elaboración propia. Datos: Informe del transporte ferroviario de alta velocidad, Fundación BBVA, 2009. 2012

### Carretera vs. Rieles



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### Estimación de costes por construcción de red alumbrado y saneamiento

La inversión en la red de alumbrado y otras infraestructuras tales como la red de saneamiento es muy poco significativa en comparación con los costos de inversión en construcción y viales, calles y carreteras.

### Mantenimiento en alumbrado público

	Barrios centrales			Barrios periféricos		
	Población	Puntos de luz	Total (€)	Población	Puntos de luz	Total (€)
Madrid	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	7.388	1.428	97.755	828	484	22.357
Barcelona	Esquerra			Cerdanyola		
	21.431	2.497	176.492	1.606	589	41.745
Campo Gibraltar	Algericas			Los Barrios		
	1.946	714	50.607	720	420	19.430

Fuente: Tabla y cálculos por elaboración propia. Dato: La mejora en alumbrado público y privado en España, Gas Natural Fenosa. 2012

En la siguiente tabla tenemos un resumen de la estimación por inversión de construcción en caso de proceder a la nueva instalación de un fragmento urbano completo, incluyendo edificación, redes de transporte y de infraestructuras:



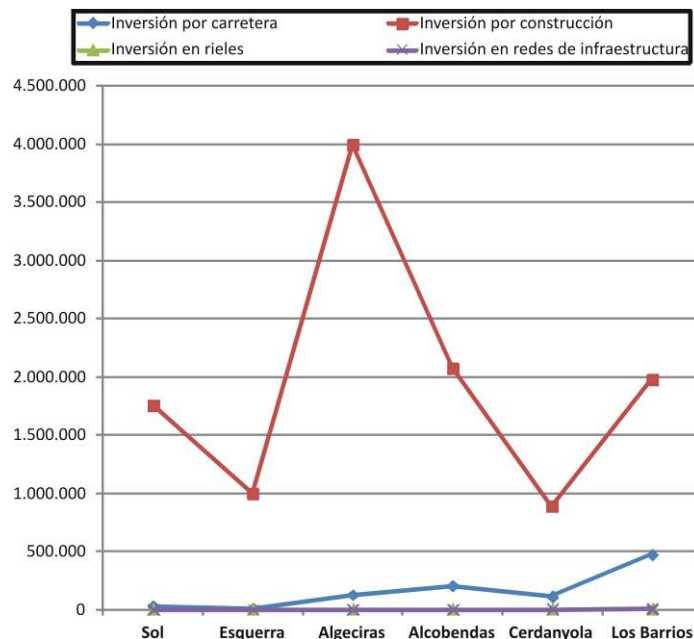
Inversión por infraestructura por persona

	Barrios centrales						Barrios periféricos					
	Población	Inversión por construcción por persona (€)	Inversión por carretera por persona (€)	Inversión en rieles por persona (€)	Inversión en red de servicios por persona (€)	Total de inversión por persona (€)	Población	Inversión por construcción por persona (€)	Inversión por carretera por persona (€)	Inversión en rieles por persona (€)	Inversión en red de servicios por persona (€)	Total de inversión por persona (€)
<b>Madrid</b>	Sol, Embajadores						Alcobendas					
	7.388	1.756.270	28.650	290	24	1.785.245	828	2.071.127	203.530	1.960	103	2.276.863
<b>Barcelona</b>	Barcelonès, Esquerra						Vallès Occidental, Cardanyola					
	21.431	999.081	6.761	65	120	1.006.028	1.606	884.274	109.260	671	1.189	995.520
<b>Campo Gibraltar</b>	Algeciras						Los Barrios					
	1.946	3.995.357	126.091	419	342	4.122.184	720	1.975.605	470.137	3.254	2.482	2.451.451

Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

Si nuevamente procedemos a repercutir dicha Inversión por los habitantes del área considerada nos encontramos con lo siguiente: La mayor inversión es sin duda el costo de construcción de la edificación, seguida de la inversión en viales y carreteras, que es mayor cuanto más dispersa es la estructura urbana. Por último resaltar que el costo de construcción de las infraestructuras ferroviarias o de metro y de las infraestructuras de alumbrado y saneamiento son de escasa repercusión considerado el total.

Inversión por infraestructura por barrio



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### c. Análisis en función de las variables referidas a costos de mantenimiento de estructuras e infraestructuras

En este grupo de valoración se continúa con las mismas variables analizadas en el grupo anterior, realizando ahora una estimación de la inversión por mantenimiento que se ha considerado según el ciclo de vida de cada categoría a evaluar.

#### Estimación de costes de mantenimiento de la edificación

Para la estimación del ciclo de vida de las edificaciones se parte de la obligación de pasar la Inspección Técnica de Edificios a las edificaciones que tengan más de 30 años en Madrid, 45 en Barcelona y 50 en el caso de la Comarca del Campo de Gibraltar.

Se ha considerado un costo promedio de reforma tras un ciclo de 30 años de una décima parte del costo de construcción (se desestiman aquí el mantenimiento superficial referido a pinturas, reposición de pavimentos y pequeñas reparaciones que tienen ciclos menores de entre 5 y 12 años habitualmente, considerándose que un edificio no necesita grandes reformas en ciclos inferiores a 30 ó 50 años según los casos).

En este apartado son los barrios más densos en su construcción los que soportan mayor gasto de mantenimiento de la edificación.

#### Estimación de costes por mantenimiento de red de carreteras y viales urbanos y red ferroviaria

El nivel de mantenimiento de una carretera es sensiblemente mayor que el de la edificación y su ciclo de vida menor, con una expectativa de 40 años. Por ello este apartado es de cierta trascendencia. Por el contrario, el mantenimiento de las redes ferroviarias es mucho menor, lo que compensa sobradamente su mayor coste de inversión inicial, a la par que su expectativa de vida es ligeramente mayor, 50 años.

En las siguientes tablas y gráficos adjuntamos datos sobre costes de mantenimiento:

Inspección técnica de edificios (ITE) (desde el 26 de febrero de 2011 está vigente el Decreto 187/2010)		
Vivienda promedio en España = 97m <sup>2</sup>		
Tipología	Nº Viviendas	Precio por vivienda (€)
	10-14	50.2 – 35.9
80-100m <sup>2</sup>	15-20	36.9 – 27.7
	> 20	26.5

Fuente: [www.anapaez.com/inspeccion-tecnica-de-edificios/?gclid=CMiFuKKZvLACFQ8htAodyIGcoA;](http://www.anapaez.com/inspeccion-tecnica-de-edificios/?gclid=CMiFuKKZvLACFQ8htAodyIGcoA;)  
[www.news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/magazine/8201900.stm](http://www.news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/magazine/8201900.stm)

- ITE**
- A partir del 26 de feb. del 2011.
  - Verifica el estado de las edificaciones y así **prevenir el desastre**.
  - A partir de los 30 años **dependiendo de la ciudad**.

Costos de inversión por mantenimiento		
M <sup>2</sup> de edificación	Reforma; Promedio ITE	Euros (€)
		115; 30,8
Km de carretera (2012)	Incluyendo asfaltado, señales de tráfico, marcas viales...	1.527.778
Km de ferrovía (2005)	Incluyendo señalización, mantenimiento, catenarias y telecomunicaciones	54.038
Alumbrado público - punto de luz (2011)		30,07

Fuente: Las carreteras españolas están al nivel de mantenimiento de los años ochenta, [www.motorpasionmoto.com](http://www.motorpasionmoto.com); Costos de mantenimiento de infraestructura, [www.ferropedia.es](http://www.ferropedia.es); La mejora en alumbrado público y privado en España, gasNatural fenosa

- Los precios de construcción varían dependiendo de su **localización**.
- El metro lineal de carretera es **10 veces** más costoso que el metro cuadrado de construcción.
- El metro lineal de la ferrovía es **28 veces** más económica que la carretera.

Estimación de costes de mantenimiento de la red de alumbrado público

Las inversión por alumbrado publico representa una gran carga administrativa para los ayuntamientos y no es solo por la parte de la inversión inicial, sino que también en lo que se refiere a gastos por mantenimiento. Según un informe de Gas Natural Fenosa del 2012 afirma que “Existen ayuntamientos con costes de mantenimiento próximo a los costes energético viéndose muchos de ellos incapaces de reducir estos costes.”<sup>3</sup>

Podemos observar en la siguiente tabla la comparación entre la inversión inicial por punto de luz y su mantenimiento. Es sorprendente que el mantenimiento equivale al 50% de la inversión inicial, y aunado a ello la expectativa de vida se limita a 3 años, es por lo tanto que su mantenimiento y reparación de rutina es importante para aprovechar al máximo su uso.

Cuadro comparativo de precios por punto de luz (€)

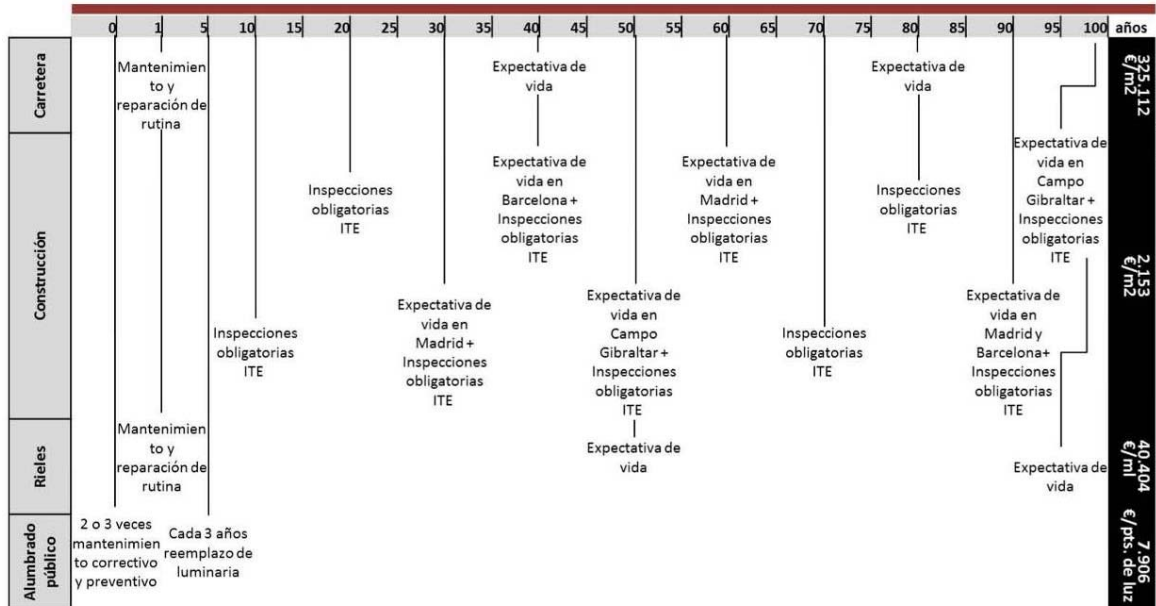
Inversión inicial	Mantenimiento
57,33	30,07

Estimación de costes de mantenimiento considerados por persona

Para realizar esta estimación es necesario considerar un período de tiempo, que hemos definido como 100 años, y tener en cuenta los ciclos de vida  
 Creando una línea de tiempo se señaló la inversión tanto inicial y de mantenimiento cuantas veces fuera necesario transcurrido un plazo de 100 años para todas las variables. Y lo primero que resalta es que por cada metro cuadrado de carretera (325.112 €/m<sup>2</sup>) se podría invertir hasta 8 veces por cada metro lineal de red ferroviaria (40.404 €/ml) en el transcurso de 100 años. Por otro lado cada punto de luz es 4 veces más costoso que la construcción y mantenimiento de un metro cuadrado de una edificación. Como se mencionaba anteriormente el alumbrado público no es rentable, en 100 años se tiene que sustituir 33 veces como mínimo. Como conclusión se puede observar nuevamente la importancia que debería adquirir los trenes puesto que son a largo plazo, más económicos que las carreteras, y que el alumbrado público necesita desarrollar un modo en que lo haga más sostenible.

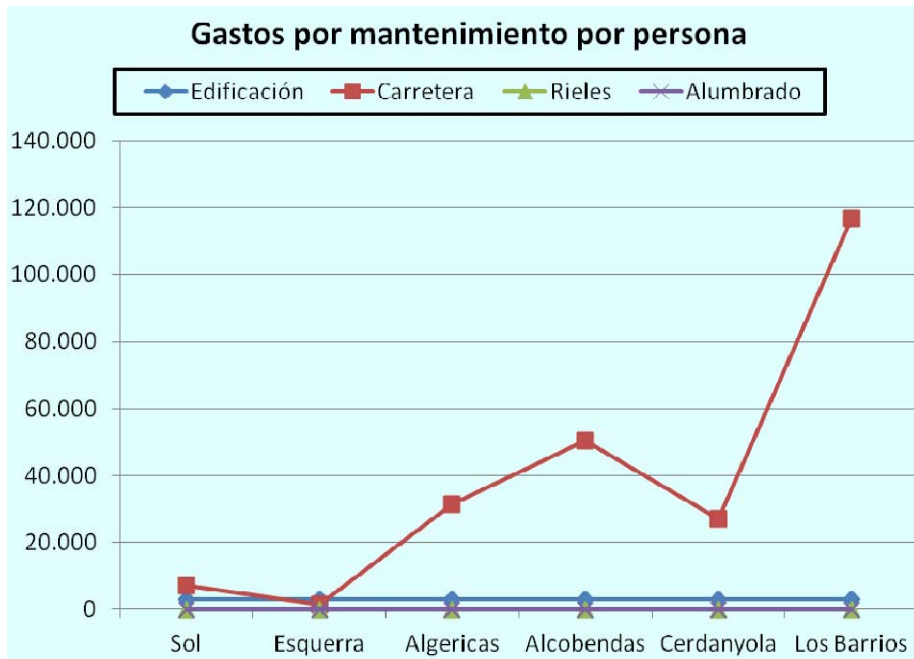
<sup>3</sup> Hormigo, R. (2012). La mejora de la eficiencia del alumbrado público y privado en España. Gas Natural Fenosa.

**Gastos por mantenimiento y reemplazo en 100 años**



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

En el caso de la inversión por mantenimiento también se aplica la misma tendencia que en el caso de inversión inicial, mientras mayor sea la densidad menor serán los costos por habitante. Es por eso que se observa la tendencia de la curva a subir en los últimos tres barrios que son los periféricos.

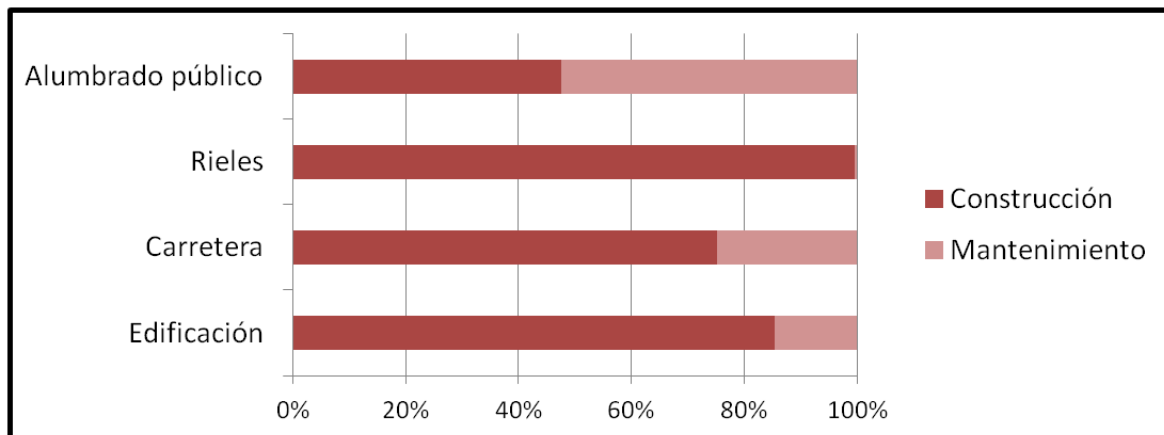


Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### Comparativa entre costos de inversión inicial y mantenimiento

Resulta altamente interesante la comparativa entre costes de inversión y costes de mantenimiento. Una visión global que incluya el mantenimiento ayuda a definir la solución óptima.

#### Construcción vs. mantenimiento



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

#### **d. Análisis en función de la estimación de costes por uso**

En este grupo se definen y se estudian las variables antes expuestas atendiendo a la inversión anual que debe hacer la población por servicio público. Es decir que en vez de analizar la vialidad y la red ferroviaria, en este caso se analiza los gastos por movilidad que deben realizar los usuarios por transitar por dichos espacios; y en el caso del alumbrado público, en este grupo se analiza es el gasto que debe realizar una familia por recibir el servicio eléctrico. De igual modo se procede para otros servicios.

#### Estimación de costes de Movilidad

Basado en el Informe OMM (2010) la distancia de viaje dentro del área metropolitana para las ciudades de Madrid, Barcelona y Campo Gibraltar es de 6 – 6,6 – 3 kilómetros respectivamente. Para poder definir las distancias dentro del centro de la ciudad, y entre las afueras y la ciudad, se crearon distancias hipotéticas. Se puede observar, además, los números de viaje diario en promedio por cada ciudad, esto incluye tanto desplazamientos por motivos laborales como otros motivos alternos. Es interesante ver como en Barcelona el número de viajes promedio diario por persona es mayor que en Madrid. Por último se puede ver la cantidad de coches por cada 100 habitantes por ciudad respectivamente.

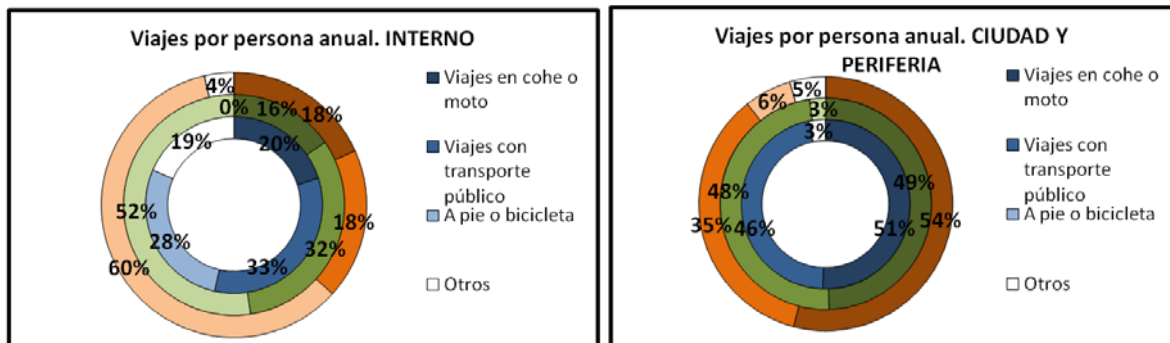
Movilidad. Distancia media de viaje por ciudades



	Tiempo medio de viaje (min)	Distancia media de viaje (km)			Numero de viaje por persona al día	Coche por cada 100 hab*
		Centro	Área Metropolitana	Periferia		
<b>Madrid</b>	28,6	3	6	7,8	2,6	62,10
<b>Barcelona</b>	21,3	3,3	6,6	8,6	3,7	57,25
<b>Campo Gibraltar (1)</b>	16,0	1,5	3	3,9	2,0	47,08

Fuente: Informe OMM 2009; Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) 2009. Elaboración propia  
(1) Se toma Bahía de Cádiz por su similitud, la distancia de viaje es hipotética basado en las características de la ciudad

Movilidad. Porcentajes por tipo de vehículo.



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

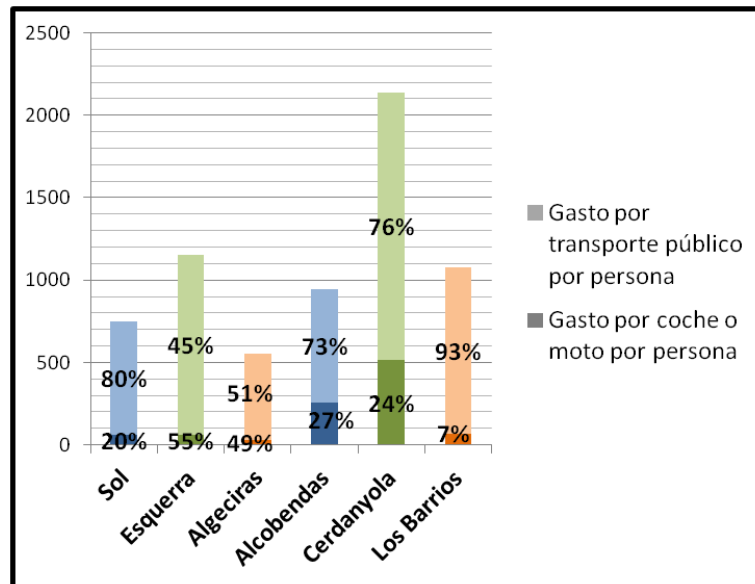
Si comparamos los hábitos de transporte en la ciudad de Madrid y la de Barcelona vemos que en esta última, y dentro de su área municipal, el número de viajes mayor es el realizado a pie o bicicleta, seguido del de transporte público y por último el de vehículo privado. La situación varía ligeramente en Madrid, aumentando la repercusión del transporte privado y público. En el transporte dentro del área metropolitana, incluyendo los barrios suburbanos o poblaciones adyacentes, los hábitos de movilidad son similares en ambas metrópolis con un cierto equilibrio entre el uso del transporte privado y el público y de mínima repercusión el de los viajes a pie o en bicicleta.

Si ahora analizamos los gastos por movilidad por barrio nos encontramos con que como es de prever, Esquerra, barrio central dentro de Barcelona, es el que más gasta en movilidad debido básicamente a la cantidad de su población, seguido por Sol, el cual solo representa un cuarto del gasto de Esquerra. Pero más interesante es el caso de Cerdanyola ubicado en el área metropolitana de Barcelona el cual acerca sus gastos al de Sol aunque su población es mucho más pequeña, esto se debe a que sus distancias son mayores.

Se ha realizado la estimación de repercusión del gasto por persona en movilidad considerando la suma de los costes de gasolina en vehículo propio más los costes del transporte público con los siguientes resultados: el costo mayor lo soportan los ciudadanos de Cerdanyola, barrio periférico, seguidamente los de Esquerra, posiblemente por el mayor número de viajes que realiza el habitante de Barcelona, y

Alcobendas. En definitiva, de todos los barrios de las grandes ciudades el ciudadano que menos invierte en movilidad es el que habita en el casco histórico.

### Gastos en transporte público



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

### Estimación de costes por servicios

En los gráficos siguientes se muestran los costes por servicios. En cuanto a basura, la media de España se encuentra por encima de la media Europea pese a que genera más que la media, recicla menos y utiliza más vertederos. Respecto a los costes de electricidad y según un estudio de la Red Eléctrica de España el sector residencial representa el 20 % del consumo total del país. El consumo promedio por hogar es de 2.992 kWh lo que se traduce a 362€ anuales. El consumo de agua por habitante es de unos 167 Lt. diarios, y según la OMS el consumo máximo debería ser entre 50 y 100 litros, esto quiere decir que España tiene un consumo superior por 3 veces el debido, dicho gasto supone 87€ anuales.

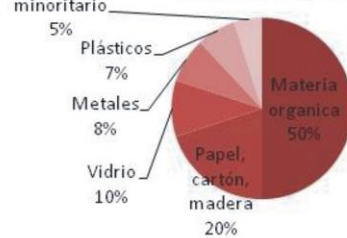
El consumo diario de gas natural por hogar es de 15 kWh que es casi el doble del uso que se le da a la electricidad.

## Basura

	Kg/persona/año	
<b>Europa (2010)</b>	502	37% a vertederos 22% incinerado 24% reciclado 14% compost
<b>España (2010)</b>	535	58% a vertederos 9% incinerados 15% reciclados 18% compost
<b>Estados Unidos</b>	728	

Fuente: Eurostat: municipal waste generation and treatment;  
[http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/specials/por\\_un\\_desarrollo\\_sostenible/newsid\\_2198000/2198397.stm](http://news.bbc.co.uk/1/hi/spanish/specials/por_un_desarrollo_sostenible/newsid_2198000/2198397.stm)

### Contenido de un bolsa de basura promedio, España



## Electricidad

	Anual	Diario
<b>Consumo medio de un hogar español</b>	2.992 kWh	8,2 kWh
<b>Facturación media</b>	362 €	1,0 €

Fuente: Guía de consumo inteligente, Red Eléctrica de España, 2010

## Dotación de agua

	l/persona/día
<b>Cantidad de agua indispensable</b>	5
<b>Consumo promedio</b>	167
<b>Litro de agua</b>	0,001428 €/litro
<b>Facturación promedio</b>	Anual = 87€

Fuente: [vidasostenible.org](http://vidasostenible.org) España; Orden Tarifas 2012 Canal de Isabel II

## Gas

	Anual	Diario
<b>Consumo medio de un hogar español</b>	5.500 kWh	15 kWh
<b>Facturación media</b>	338 €	0,9 €

Fuente: Comisión Nacional de Energía

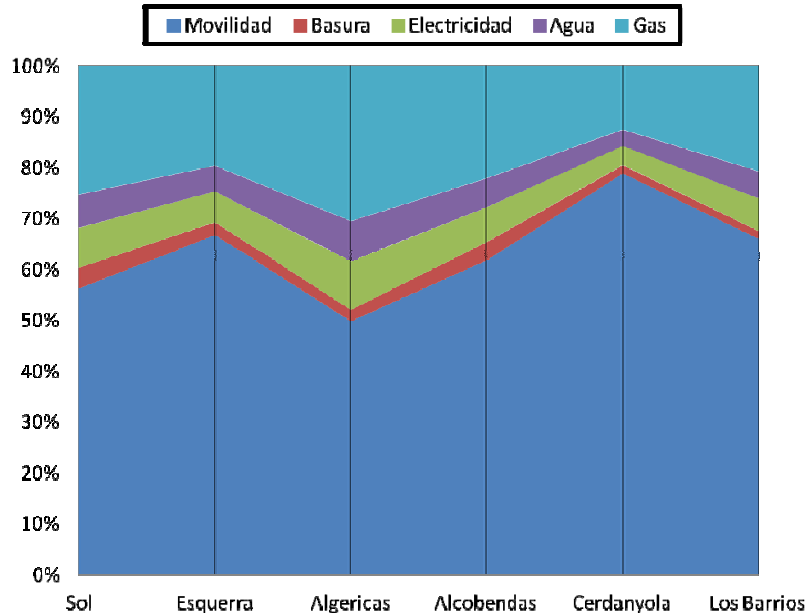


- 20% del consumo eléctrico es gracias al **uso residencial**.
- Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el consumo máx. de agua oscila entre **50 y 100 litros por persona**.
- Gas es más barato debido a que necesita menos procesos para llegar al producto final.

Si consideramos el reparto de costes que para el ciudadano supone el uso de los servicios urbanos y la movilidad en su área urbana nos encontramos con que el esfuerzo económico mayor es el que se debe al transporte y seguidamente el que se debe al gas para calefactor. Los consumos de electricidad, agua y basura son sensiblemente inferiores a la suma de los anteriores.



Gastos por servicios públicos por barrios (%)



Fuente: Gráfico de elaboración propia. 2012

**e. Análisis comparado en función de las emisiones de CO2**

Se analizan en este apartado las variables que afectan a las emisiones de CO2. En el conjunto de las emisiones de España es la energía la que mayor peso tiene debido a la maximización de su uso para coches, transporte público, calefacción, iluminación, con usos a gran escala. Es importante recalcar que sus emisiones han descendido en los últimos años por el cambio de la estructura de los combustibles utilizados como fuentes de energía primaria para la generación de electricidad. Por otro lado mencionar que los residuos es la única actividad que sigue aumentando debido al incremento de los residuos tratados, lo que se podría considerar como positivo.

Emisiones por grupo de actividad en España (2008)

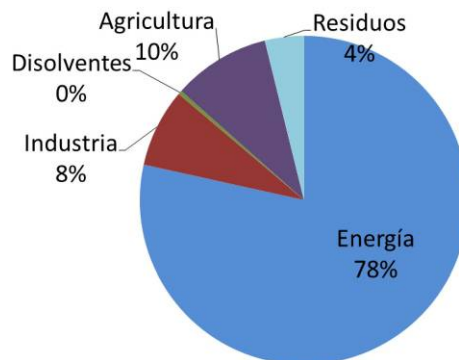


Gráfico por elaboración propia. Datos: Inventario de Gases de efecto Invernadero de España, 2010, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Emisiones de CO2 debidas a la movilidad y el transporte

A partir de los datos sobre desplazamientos diarios y kilómetros recorridos podemos realizar una estimación de las emisiones de CO2 por vehículo privado según ciudades

Emisiones por vehículo por ciudad

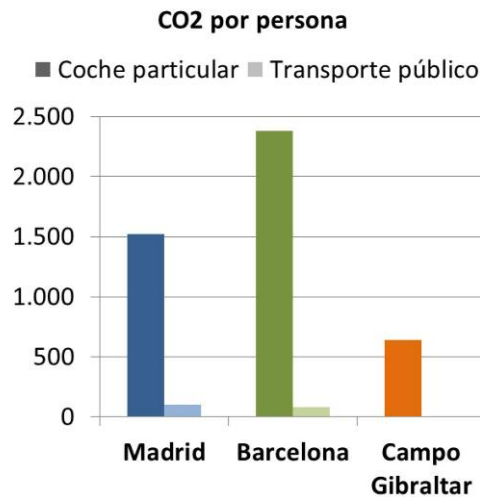
	Población	Índice de motorización	# de viajes anual por personas*	Distancia media de viaje (km)	Emisiones de Co2 por persona diaria (gr/CO2/km)	Total Anual por persona (gr/CO2/km)	Total Anual por Ciudad (kg/CO2/km)
Madrid	3.255.944	62,1	650	6	2340	1.521.000	79.747.034
Barcelona	1.621.500	57,25	925	6,6	2574	2.380.950	67.435.989
Campo Gibraltar	116.209	47,08	500	3,3	1287	643.500	1.588.370

\*número de viajes por persona por días laborales

Fuente: Tabla y cálculos por elaboración propia. Datos: Informe OMM 2010; OSE 2009. 2012

De igual modo procedemos a una estimación de emisiones de CO2 por persona debidas al transporte público. Si comparamos las emisiones debidas a transporte privado y público se observa el muy bajo impacto de este último que apenas llega al 10% del primero.

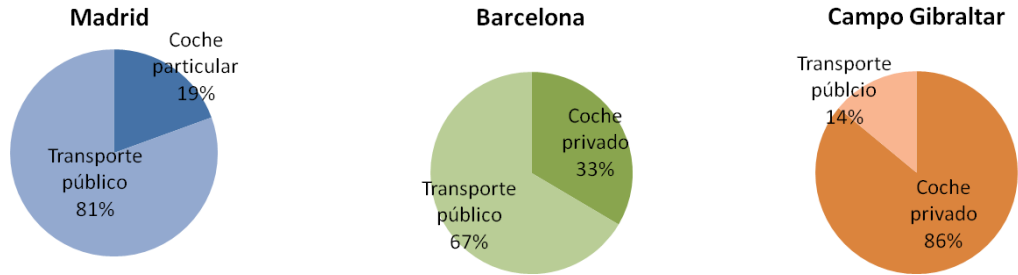
Comparación de las emisiones de CO2 entre coche y transporte público por persona



Fuente: Elaboración propia. 2012

Si ahora comparamos las emisiones de las tres áreas urbanas estudiadas observamos que las poblaciones de Campo de Gibraltar, con escaso uso del transporte público, emiten por vehículo privado, mientras que las dos grandes ciudades de Madrid y Barcelona las emisiones por transporte público son mayores. No obstante esta apreciación, queremos resaltar que la mitad del petróleo consumido en el transporte lo es por el de carácter privado.

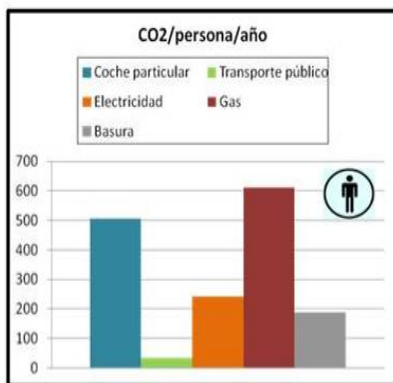
### Emisiones de CO2 debidas a los consumos de diversos servicios urbanos



Fuente: Elaboración propia. 2012

En lo que se refiere a la electricidad se ha considerado lo siguiente: Un hogar promedio consume 8,2 kilovatios hora diarios, lo que al final produce 2,3 kilogramos de CO2. Ell sobrepasa las emisiones producidas por basura diarias. En total anualmente un hogar español puede llegar a emitir 834,8 kilogramos de CO2, lo que se acerca alarmantemente a las emisiones realizadas por coche privado anual en Madrid (390 gr/CO2/km x 6,6km distancia promedio de viaje diario x días del año = 854 kg/CO2).

### Emisiones por servicio público



#### Basura

Kg/persona/año		
España	535	57% a vertederos 10% incinerados 33% reciclados
Proceso de fermentación por hogar originan anualmente	650	Kg/CO2

Fuente: <http://www.edecito.es/mas-de-medio-tosebda-de-basura-po-la-habitante-yano/> ; <http://eideseebaeo.wordpress.com>

#### Electricidad

	Anual	Diario
Consumo medio de un hogar español	2.992 kWh	8,2 kWh
Emisiones de Co2 media por hogar	834,8 Kg	2,3 Kg

Fuente: Guía de consumo inteligente. Red Eléctrica de España, 2010

#### Gas natural

	Anual	Diario
1 kWh = 0,4 Kg/CO2		
Consumo medio de un hogar español	5.500 kWh	15 kWh
Emisiones de CO2 media por hogar	2.200 Kg	6 Kg

Fuente: Comisión Nacional de Energía. La electricidad es cosa de todos. COFEC

#### Agua

Ciclo de vida del agua potable (impulsión, potabilización, depuración etc.)		
	Anual	Diario
Consumo medio por persona	60.955 litros	167 litros
Emisiones de CO2 por m3 de agua consumida		4 Kg
Emisiones de Co2 por agua caliente a 65°C		40 Kg

Fuente: <http://www.eco2.es/fckis/agua.htm>

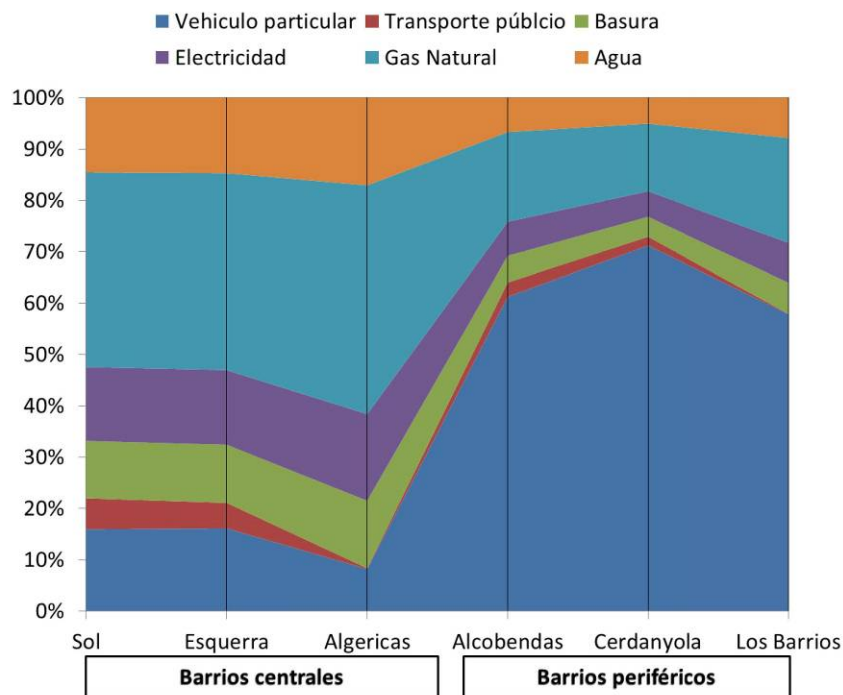
- Basura: prevención, reutilización, valorización material (compostaje y reciclaje), valorización energética (incineración con recuperación energética), y la eliminación (incineración y vertedero)
- Las emisiones de electricidad y gas varían a lo largo del año dependiendo de las estaciones.
- El tratamiento del agua genera emisiones.

Fuente: Elaboración propia. 2012

Las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al gas son elevadas por el consumo del mismo durante los meses de invierno. A ello se suma las necesidades de calentamiento de agua y de de cocina. Se considera que se emite 0,4 kg de CO<sub>2</sub> por cada Kilovatio hora.

Se presentan datos de las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la distribución y tratamiento de aguas para su consumo considerando una emisión de 4 kg de CO<sub>2</sub> por metro cúbico consumido.

### Emisiones totales de CO<sub>2</sub> por transporte y servicios públicos



Fuente: Elaboración propia. 2012


Al realizar la comparativa de emisiones por usos observamos que el transporte privado es la fuente mayor de emisiones por lo que cualquier estrategia para su reducción debe ser considerada. Además es evidente como el impacto es mucho mayor en las áreas urbanas que tienen carácter periférico o suburbano como Alcobendas o Cerdanyola. Por el contrario las emisiones debidas al transporte público son mínimas lo cual ratifica una vez más los criterios ya establecidos a favor de los mismos.

El uso de gas para la calefacción durante los meses de invierno es la otra gran fuente de emisiones.

#### 4. CONCLUSIONES

Tras los análisis y estimaciones anteriores se ha procedido a la elaboración de un cuadro de síntesis de todas las variables por cada uno de los distintos fragmentos urbanos analizados en Madrid, Barcelona y Campo de Gibraltar. Con esta cuantificación se pretende conocer cuáles son los barrios que utilizan más eficientemente el territorio, cuales cuentan con menor inversión inicial y de mantenimiento, en cuales se realizan menores gastos por familia y persona, que zonas son las menos contaminantes. Para ello se asignaron valores a las variables, asignando la mayor puntuación (4 puntos) a aquellas que se consideraron más importantes: localización, movilidad y emisiones. Se ha grafiado con colores el grado de bondad de cada zona, de tal modo que el verde representa la mejor puntuación, seguido del amarillo y por último del rojo.

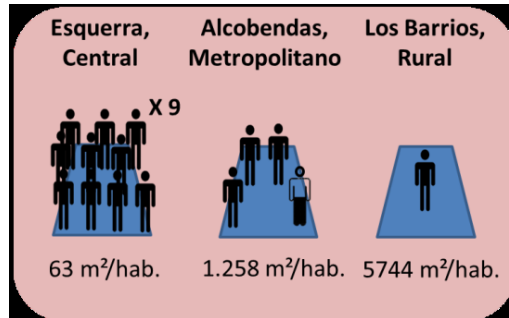
Tabla de puntuación por persona por barrio

	Sol	Esquerra	Algeciras	Alcobendas	Cerdanyola	Los Barrios	Puntuación	
								
Localización	4	4	4	2	0	0	/4	
Densidad	0,8	1	0,4	0,2	0,6	0	/3	
	<b>4,8</b>	<b>5</b>	<b>4,4</b>	<b>2,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0</b>	<b>/5</b>	
Inversión y Mantenimiento	Inversión: Carretera	2,4	3	1,2	0,6	1,8	0	/3
	Inversión: Construcción	1,8	2,4	0	0,6	3	1,2	/3
	Inversión total	2,4	3	1,8	0	1,2	0,6	/3
	Mantenimiento: Carretera	2,4	3	1,2	0,6	1,8	0	/3
	Mantenimiento: Construcción	2,4	3	1,2	1,8	0,6	0	/3
	Mantenimiento total	2,4	3	1,2	0,6	1,8	0	/3
		<b>13,8</b>	<b>17,4</b>	<b>6,6</b>	<b>4,2</b>	<b>10,2</b>	<b>1,8</b>	<b>/18</b>
	Movilidad	Tiempo de traslado	2,4	3,2	4	0	0,8	1,6
Distancia de viaje		3,2	2,4	4	0,8	0	1,6	/4
Utilización del coche o moto		2,4	4	3,2	0,8	1,6	0	/4
Gastos por movilidad		3,2	1,6	4	0,8	0	2,4	/4
		<b>11,2</b>	<b>11,2</b>	<b>16,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>5,6</b>	<b>/16</b>
Gastos por servicio público		0,4	1,2	2	0	0,8	1,6	/2
Emisiones CO2	3,2	2,4	4	0,8	0	1,6	/4	
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>37,2</b>	<b>32,2</b>	<b>9,6</b>	<b>14</b>	<b>10,6</b>	<b>/45</b>	

Fuente: Elaboración propia

El resultado confirma lo esperado dado que los barrios centrales son los que alcanzan mayor puntuación. En concreto el Ensanche de Barcelona es el que ocupa la primera posición en esta valoración dada su optimización en el ratio entre el número de habitantes y el uso del territorio.

Metros cuadrado por persona

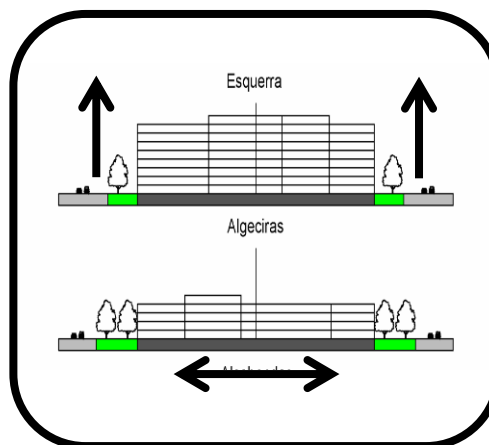


Fuente: Elaboración propia

Si observamos las inversiones iniciales y las de mantenimiento, nuevamente es el área de Esquerra la que mayor puntuación acumula. El barrio central de Madrid es que le sigue debido al prorrateo de gastos entre un mayor número de ciudadanos.

Cuando se ve la inversión por persona en la parte de construcción, Sol, Esquerra y Algeciras ocupan el mismo espacio, pero es Esquerra el que mejor ha aprovechado el espacio vertical permitiendo así el aumentando de su densidad sin ocupar más espacio y a su vez invirtiendo menos por persona.

Inversión por persona



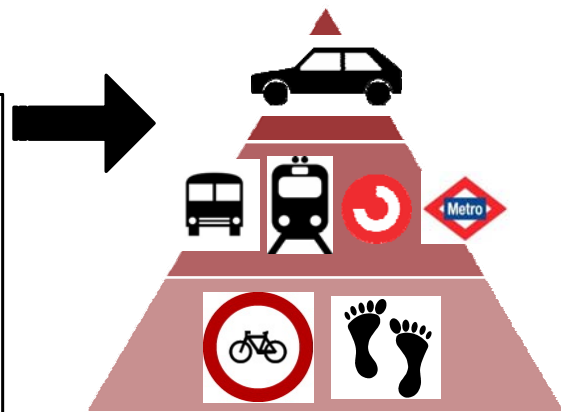
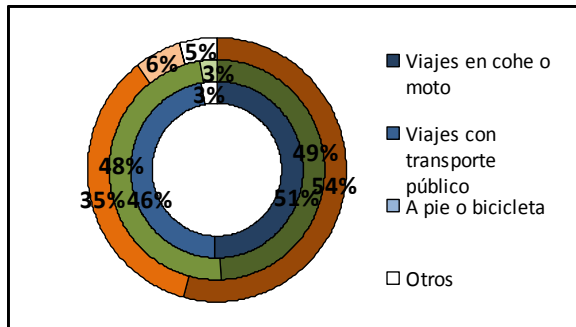
Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a mantenimiento es obvio que los barrios de urbanización menos densa y con menor población alcanzan la situación más desfavorable. Es de destacar la notable repercusión que tiene el mantenimiento de la red vial y de la red de alumbrado como se explica en el apartado 3.c de este trabajo.

Analizando la movilidad por persona en los distintos barrios, se evidencia la conveniencia de evitar la dispersión y tratar de concentrar a la población en donde las actividades se

encuentran para de esta forma encontrar los principales motivos de viaje en un radio que pueda recorrerse a pie o bicicleta. En este caso es el barrio de Algeciras el que mejor puntuación ha obtenido. Esto se debe principalmente a que recuerda, a una mayor escala, los barrios antiguos en donde el coche no era necesario y las actividades se encontraban en un radio de acción conveniente. Las zonas urbanas que se encuentran en el centro son los que menos tiempo invierten en movilizarse ya que las distancias son mucho más cortas, siendo Algeciras el que tiene la movilización más eficiente. Pero por otro lado Madrid y Barcelona aunque no tuvieron las mejores puntuaciones hay que tener en cuenta que compensan las grandes distancias con variedad en la oferta de medios de transporte, oferta que Campo Gibraltar no posee, en parte por su menor desarrollo. Lo cierto es que aunque Madrid y Barcelona tengan más opciones, el tiempo que se invierte movilizándose es considerable.

Viajes por persona anual



Fuente: Elaboración propia

## 5. ANEXOS

Anexo N° 1: Cálculos de la vialidad por barrio

Fuente: Elaboración propia. 2012

\*Tomando como 3,5 m anchura por canal y 2 canales por sentido (exceptuando Sol y Algeciras con un canal por sentido)

	Barrios centrales			Barrios periféricos		
	Superficie (m2)	Vialidad (ml)	Vialidad (m2)*	Superficie (m2)	Vialidad (ml)	Vialidad (m2)*
<b>Madrid</b>	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	1.376.133	34.396	240.772	1.041.538	27.385	383.390
<b>Barcelona</b>	Esquerra			Cerdanyola		
	1.341.545	23.545	329.630	1.041.895	28.514	399.196
<b>Campo Gibraltar</b>	Algeciras			Los Barrios		
	1.440.731	39.873	279.111	4.135.831	55.006	770.084

Anexo N° 2: Cálculos de vía ferroviaria por barrio

Fuente: Elaboración propia. 2012

\* Tomando 13m de anchura para tres carriles y 9m de anchura por 2 canales para Campo Gibraltar debido a su menor alcance de servicio

	Barrios centrales			Barrios periféricos		
	Superficie (m2)	Red ferroviaria (ml)	Red ferroviaria (m2)*	Superficie (m2)	Red ferroviaria (ml)	Red ferroviaria (m2)*
<b>Madrid</b>	Sol, Embajadores			Alcobendas		
	1.376.133	123	1.593	1.041.538	93	1.206
<b>Barcelona</b>	Esquerra			Cerdanyola		
	1.341.545	79	1.030	1.041.895	62	800
<b>Campo Gibraltar</b>	Algeciras			Los Barrios		
	1.440.731	46	420	4.135.831	134	1.205