

**PROVISIÓN DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA EN  
MEDIO URBANO DE BAJA DENSIDAD. MARCO  
INSTITUCIONAL, FINANCIACIÓN Y COSTES**

**ÁNGEL M. PRIETO<sup>1</sup>**

[alpiste@usal.es](mailto:alpiste@usal.es)

[angel.prieto@irnasa.csic.es](mailto:angel.prieto@irnasa.csic.es)

**JOSÉ L. ZOFÍO<sup>2</sup>**

[jose.zofio@uam.es](mailto:jose.zofio@uam.es)

**INMACULADA ÁLVAREZ<sup>2</sup>**

[inmaculada.alvarez@uam.es](mailto:inmaculada.alvarez@uam.es)

<sup>1</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC

<sup>2</sup> Departamento de Análisis Económico: Teoría Económica e Historia Económica,  
Universidad Autónoma de Madrid

# Provisión de infraestructura pública en medio urbano de baja densidad.

## Marco institucional, financiación y costes

Archivo: TERUEL CEDDAR AGER (Prieto,Zofio,Alvarez).doc

Angel M. Prieto<sup>\*a</sup>, José L. Zofio<sup>b</sup> y Inmaculada Álvarez<sup>b</sup>,

<sup>a</sup> IRNASA-CSIC. *Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Cordel de Merinas 40-52, E-37008 Salamanca, Spain.*

<sup>b</sup> *Departamento de Análisis Económico: Teoría Económica e Historia Económica, Universidad Autónoma de Madrid, E-28049 Cantoblanco, Madrid, Spain.*

### Abstract.

Este trabajo plantea la provisión de infraestructura pública local desde una perspectiva técnica y económica en asentamiento urbanos, municipios, que bajo el denominador de “áreas dispersas”, se catalogan como *desfavorecidas* por la Unión Europea y *excéntricas y/o remotas* por la OCDE y *desfavorecidas, periféricas y en peligro real de despoblamiento* por el saber popular. Analiza cómo se comportan los municipios en la provisión de infraestructura física, las transferencias de Estado para financiarlas y la racionalidad de la provisión mediante funciones de costes con el objeto de obtener tamaños mínimos y densidades deseables u óptimas para la provisión de infraestructura básica local. Los resultados muestran, mediante indicadores de eficacia y de eficiencia las posibilidades de provisión urbana incurriendo en menores costes.

**Palabras clave:** *Infraestructura Urbana, Densidad Urbana, Economías de Escala y de Densidad, Función de Costes Translogarítmica, Frontera Estocástica.*

“El concepto de ámbito urbano (donde confluyen lo social y lo físico) es posiblemente una de las representaciones más imprecisas y relativas en las ciencias sociales y urbanas, razón por la cual sigue persistiendo un importante debate y una actividad creativa permanente sobre el establecimiento de definiciones y la disposición de contenidos en este afán por instituir ámbitos urbanos con una cierta proyección operativa”, MFOM (2000:23)

---

\* Correspondencia Ángel M. Prieto Tel: +34 923219606; fax: +34 923219609; e-mail: alpiste@usal.es; angel.prieto@irnasa.csic.es

<sup>b</sup> José L. Zofio: Tel. +34 914972406; fax: +34 914976930, e-mail: jose.zofio@uam.es

<sup>b</sup> Inmaculada Álvarez: Tel: +34 914972858; fax: +34 914976930; e-mail: inmaculada.alvarez@uam.es

## Introducción

La cuestión de cómo los gobiernos locales deberían asignar los recursos entre las distintas entidades locales, desemboca en el desarrollo de una estructura de valoración de las necesidades de gasto local desde múltiples perspectivas; desde factores geográficos, demográficos, pasando por los costes de producción de la infraestructura, su gestión y financiación, hasta llegar a una medida de necesidad para la población, el servicio público y la calidad. Todo un programa de investigación y desarrollo ha surgido desde diferentes disciplinas, que nosotros abordamos desde una doble perspectiva: técnica, en cuanto a la provisión de infraestructura física municipal y económica, en cuanto a los costes de proveerla, que se integra en una misma base analítica de eficacia y eficiencia.

En la actualidad existe una corriente de opinión entre políticos y estudiosos de la provisión de servicios públicos locales de que “el tamaño no lo es todo” para los gobiernos locales, especialmente para municipios rurales y/o remotos. Como consecuencia, la aún escasa literatura académica en este contexto ha explorado modelos de gestión municipal en contraste al énfasis de la fusión (Sancton, 2000, Dollery y Crase, 2004). No obstante se reconoce que un tamaño de jurisdicción mínimo deseable es necesario para una “gestión eficiente del gasto, de modo que los costes de prestación no excedieran con mucho a otros municipios similares”, Suárez-Pandiello, 2007. Las orientaciones políticas basadas en criterios de “elección” y “nuevo regionalismo” muestran que una adecuada prestación de servicios no requiere grandes aglomeraciones de población y viviendas, sobre todo en el tipo de infraestructuras consideradas en este estudio, cuyas condiciones de provisión tecnológicas y de costes, hacen que se deban proveer a cada habitante y vivienda puerta a puerta: abastecimiento de agua, saneamiento y depuración, superficie viaria urbana y alumbrado –*infraestructura básica*. Para su provisión se necesita articular los principios constitucionales de legalidad formal y control con los de gestión, eficacia y eficiencia, de la actividad pública; que desde una perspectiva técnica, permita una jerarquía municipal tanto para la provisión como para el reparto de los Fondos de Cooperación Local que el Estado y los niveles subcentrales de organización, destinan a su financiación; y que desde una perspectiva económica investigue el tamaño óptimo de la provisión mediante las economías derivadas del tamaño y de la densidad. El análisis se realiza básicamente usando información de la Comunidad Autónoma de Castilla y León y de La Rioja, que presentan variada tipología de tamaños urbanos y formas de poblamiento (densidades y núcleos de población)

El artículo se desarrolla en los siguientes apartados. En el apartado 1, se aborda brevemente la perspectiva formal de la provisión de bienes públicos locales, con objeto de mostrar su magnitud relativa. Se analiza el contexto legal de los instrumentos financieros y funcionales en que se apoya la provisión de infraestructura a municipios y otras entidades locales; incidiendo en el tipo de Fondo de Cooperación, sus Entidades financiadoras y en la distribución de la financiación por tamaño poblacional del municipio. En el 2, se presenta un modelo de evaluación de la eficacia municipal en la provisión, utilizando los datos de la Encuesta de

Infraestructura y Equipamientos Locales – EIEL<sup>1</sup>, MAP (2006) –; la cual permite conocer la realidad municipal en la provisión física. El modelo obtiene indicadores sintéticos de eficacia y permite incorporar variables discrecionales y estándares de provisión para simular y evaluar los efectos de la puesta en marcha de determinadas políticas de gasto en torno a la asignación de los fondos destinados a la cooperación local. En el 3, enfoque económico, se especifica una función de costes y se discute la capacidad de ahorro en infraestructura. Mediante métodos econométricos, la función se estima en promedio y en términos de frontera estocástica. Estas estimaciones permiten determinar analíticamente el tamaño óptimo urbano, las economías de densidad y de escala y el grado de ineficiencia en el uso de los recursos disponibles en el ámbito de la circunscripción municipal. Para ello, mediante el desarrollo de una base de precios unitarios por tipos de infraestructura, se obtiene el stock de capital municipal asumiendo el valor de adquisición de una tecnología de “mejor práctica técnica en el mercado”. Este planteamiento modela la racionalidad Gobiernos locales implicados en la provisión y la analiza en términos de ahorro de stock. Se separa de los análisis más tradicionales y abundantes en la literatura económica, basados en la gestión de los servicios proporcionados por la infraestructura. Una amplia literatura para los gobiernos locales alemanes se encuentra en Kalb (2010) En el apartado 4 se esbozan algunas conclusiones y, por último, las referencias bibliográficas en el apartado 5.

## 1. La perspectiva formal de la provisión de bienes públicos locales.

Tal como se ha indicado en el resumen, el objetivo de este trabajo se centra en mostrar cómo se comportan los municipios en la provisión de infraestructura en los poblamientos y territorios urbanos catalogados como desfavorecidos, periféricos y *en peligro real de despoblamiento*<sup>2</sup>. La Ley 7/85, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local (LRBRL), otorga a los municipios autonomía para proveer servicios y sobre ellos recae la responsabilidad de organizar y gestionar la población y el territorio. A su vez, la Constitución, art. 31.2, declara: *El gasto público realizará una asignación equitativa de los recursos públicos y su programación y ejecución responderá a los criterios de eficiencia y economía*. Esta declaración, sin carácter operativo, determina un marco jurisdiccional de prestación que necesita conciliar la perspectiva legal (mecanismos normativos) y económica (recursos escasos) en la provisión, que permita establecer un gradiente o jerarquía municipal, con garantía de mínimos obligatorios, según población, en el territorio nacional<sup>3</sup>; que no obstante, exige conocer el nivel real de provisión (eficacia) y el coste (eficiencia).

Para abordar el principio de eficacia, el Ministerio de Administraciones Públicas (MAP) inicia en los años ochenta, un Programa de Cooperación Económica Local del Estado con las Entidades Locales, dirigido a mejorar el sistema de financiación para las infraestructuras y equipamientos de las Corporaciones Locales, dentro de un marco general de financiación de los Entes Territoriales. En este Programa, se articula todo un *Operativo Local* en el que intervienen distintos gobiernos subcentrales actuando tanto como entes financiadores como receptores de fondos. En este Operativo, las relaciones entre Entes Locales y el Estado se establecen mediante los órganos de cooperación y los instrumentos financieros. El Programa considera la EIEL

---

<sup>1</sup> La finalidad de la Encuesta según el RD 835/2003, de 27 de junio, es “conocer la situación de las infraestructuras y equipamientos de competencia municipal, formando un inventario de ámbito nacional, de carácter censal, con información precisa y sistematizada de los municipios con población inferior a 50.000 habitantes”.

<sup>2</sup> Puede consultarse Escalona y Díez (2005) y

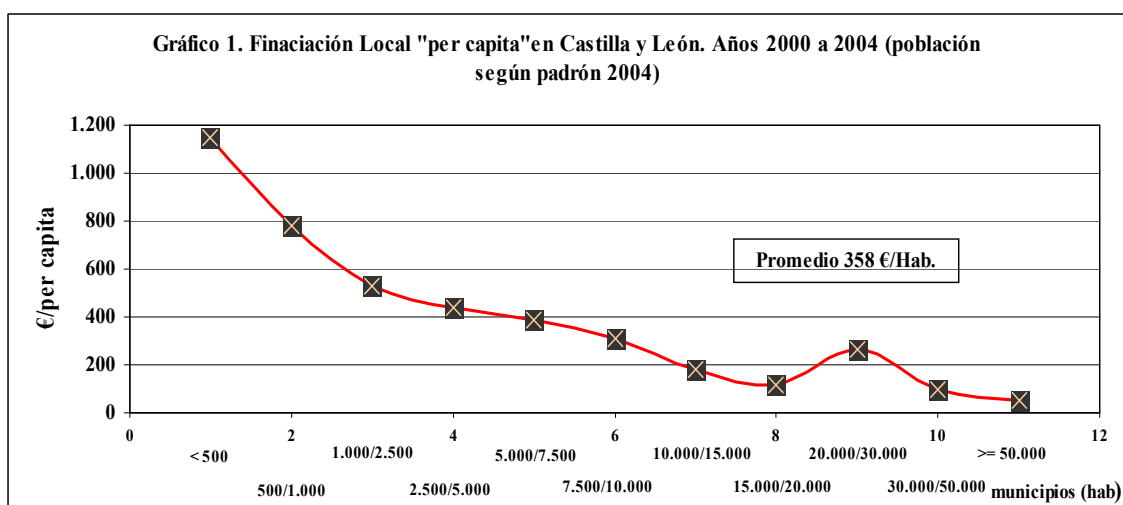
[http://www.elpais.com/articulo/reportajes/Sonando/Hurdes/elpepusocdmg/20100606elpdmngrep\\_11/Tes](http://www.elpais.com/articulo/reportajes/Sonando/Hurdes/elpepusocdmg/20100606elpdmngrep_11/Tes), para una muestra de la problemática sobre la provisión de infraestructuras en este tipo de áreas.

<sup>3</sup>La perspectiva normativa ha sido abordada por Herrero, Rubial y Herrera (2006) en torno al concepto de *servicios públicos fundamentales*; definidos como aquellos cuya prestación mínima ha de garantizarse por los poderes públicos en todo el territorio nacional.

como instrumento funcional junto con los Planes Provinciales de Cooperación y constituye la base para conocer la realidad municipal en la provisión de servicios públicos locales<sup>4</sup>.

La Cooperación Económica del Estado a las inversiones de las Entidades Locales, se articula básicamente en torno a los Planes Provinciales de Cooperación para la prestación de servicios de competencia municipal. Establece la distribución territorial de las subvenciones destinadas a su cofinanciación en base, entre otras, a las necesidades de infraestructura básica entendida como abastecimiento de agua, alcantarillado, superficie viaria urbana y alumbrado y depuración de aguas residuales. Estas necesidades de infraestructura tienen carácter obligatorio en cualquier circunscripción; y sus características técnicas le confieren una estructura de red “puerta a puerta”, en contraste con la infraestructura de tipo “focal” –hub– tal como centros asistenciales, hospitales, parques de bomberos, etc.<sup>5</sup> El apéndice 1 muestra la obligatoriedad y el umbral de población por tipo de obra.

El gráfico 1 y cuadro 1a, presentan la financiación de todas las obras realizadas en infraestructura y equipamientos de las entidades locales de Castilla León en el lustro de 2000 a 2004. Como puede observarse, el promedio es de 358 €/hab., pero con una gran dispersión según el tamaño. Los municipios de hasta 500 hab. reciben 1.147 €/hab., frente a los menos de 100€/hab. en los municipios mayores de 30.000 hab<sup>6</sup>. Las posibilidades de cooperación económica realizada a través de los Fondos de Financiación se muestran en el cuadro 1a. Los municipios reciben financiación de las Diputaciones, Junta de Castilla y León y Admón. Central y, ocasionalmente, otras Entidades. El cuadro 1a además muestra las incompatibilidades entre Entidades y Fondos. Las filas presentan la financiación de las obras donde ha intervenido el Fondo y las columnas la financiación de cada Entidad.



<sup>4</sup> Prieto y Zofio (2003) analizan la Cooperación Económica Local desde la perspectiva de la población y el territorio como condicionantes de la prestación de servicios públicos.

<sup>5</sup> Puede consultarse Frank (1989) para una revisión de la literatura desde una perspectiva ingenieril de planificación urbana del uso del suelo y Schmalensee (1978) y López y Salas (2002) para los efectos sobre los costes de distribución de servicios públicos en presencia de monopolio natural y la financiación de servicios públicos en territorios con desigual densidad de demanda, respectivamente.

<sup>6</sup> Esta distribución municipal origina, por ejemplo, una dotación de 165 m<sup>2</sup> por habitante de infraestructura de pavimento en calles en los municipios de menos de 100 Hab. frente a los aproximadamente 15 m<sup>2</sup> en los de más de 20.000 Hab. lo que incide en la cooperación económica destinada a solventar la provisión de servicios de infraestructura, a igualdad de déficit.

Como puede observarse, las Diputaciones cofinancian el 36,4% del total, 441,5 millones de €; consecuencia de que actúan como órgano de intervención para el Estado, y en parte para la Comunidad Autónoma. Además, refleja los resultados de sus competencias más específicas: asistencia, cooperación y prestación de servicios públicos de carácter municipal. Ello ha supuesto 290,23 millones de € de su propio plan –PRO–, que representa el 72,5% de 400,33 Mio. de € de la financiación a través de este Fondo y donde los municipios sólo financian el 12,9% (51,50 millones de €)

Cuadro 1a. Fondos y entidades financiadoras de las obras en infraestructura y equipamientos. Castilla y León 2000 a 2004. Millones de € corrientes.

Fondos de cooperación	Municipios	Diputaciones	Junta de Castilla y León	Admón. Central	Entidades Locales	Otras	Total obras <sup>(a)</sup>
FCL	121,10	62,88	221,00	.....	12,93	.....	417,92
POL	35,23	21,02	.....	119,01	.....	.....	175,27
PPC	70,15	67,39	.....	82,83	.....	.....	220,38
PRO	51,50	290,23	23,03	30,16	.....	5,42	400,33
<b>Total €</b>	<b>277,98</b>	<b>441,53</b>	<b>244,03</b>	<b>232,01</b>	<b>12,93</b>	<b>5,42</b>	<b>1.213,89</b>
(%)	22,90	36,37	20,10	19,11	1,07	0,45	100

<sup>(a)</sup> Financiación total de las actuaciones en infraestructura y equipamientos en Castilla y León.

Fuente: Prieto y Zofio (2006). Diputaciones Provinciales y Dirección General de Administración Territorial.

FCL.- Fondo de Cooperación Local; POL.- Programa Operativo Local Objetivo 1; PPC.- Planes Provinciales de Cooperación; PRO.- Planes Propios de las Diputaciones.

Pero lo más destacable de esta cooperación, 1.213,89 millones de € y 486 €/Hab. y 891,5 millones de € dedicada a municipios en el lustro, reside en su distribución por tamaño poblacional, que refleja el comentado problema de áreas *desfavorecidas, periféricas y en peligro real de despoblamiento*: municipios menores de 1.000 Hab., 87,7%, pero sólo 20,3% de población; y, en este caso, 75,9% de las obras y 57,3% de su coste. De este 57,3% (510,7 millones de €), los municipios hasta 1.000 Hab. financian con sus recursos un 29% (145,4 millones de €); por lo que su dependencia financiera es del 71%. Estas magnitudes incitan a profundizar en los principios de descentralización y subsidiaridad a través del tamaño municipal. La inclusión en estas magnitudes del 10,1% de los municipios, 1.000 a 5.000 Hab., primer umbral competencial, apenas las modifica: han recibido el 70% del coste total sus obras en lustro analizado.

Cuadro 1b. Financiación de la cooperación económica local. Millones de € (%), 2000 a 2004

Municipios con financiación	Estructura municipal			Fuentes de financiación de las obras (€)					
	Núm. (%)	Hab. (2004) (%)	Num. Obras (%)	Total (%)	Muni. (%)	DIP. (%)	JCyL (%)	Admón. Central (%)	Total
Umbral competencial según LRBR									
<= 1.000 Hab.	87,7	20,3	75,9	57,3	28,9	29,5	19,3	22,3	100
1.000 a 5.000	10,1	17,2	18,1	23,8	31,6	26,0	16,3	26,1	100
5.000 a 20.000	1,6	11,3	4,1	9,0	29,5	27,9	13,2	29,3	100
20.000 a 50.000	0,3	6,9	0,8	3,2	54,8	50,9	41,3	33,6	100
Hab. >= 50.000	0,4	44,4	1,1	6,7	43,3	4,2	44,8	7,7	100
Total municipios: nº y	2.241	2.493.000	20.993	891,7	274,9	234,0	182,7	199,9	.....

millones de €.									
Municipios no finan., 7		100		100	30,8	26,2	20,5	22,4	100

## 2. La perspectiva técnica en la provisión de infraestructura municipal

La cooperación económica local y sus instrumentos son consecuencia de la organización territorial del Estado y supone una restricción presupuestaria para la provisión. Desde la perspectiva técnica, el municipio, su circunscripción, bajo cuya responsabilidad recae la organización de la población y el territorio, supone una fricción para la provisión. La EIEL permite obtener la necesaria información (cuantitativa y cualitativa) para conocer la realidad técnica de las infraestructuras en los municipios, cualquiera que sea la Entidad titular o gestora, por ejemplo, depósitos de agua. Con esta información y mediante los principios de gestión e investigación de operaciones, es posible determinar indicadores sintéticos de la eficacia con que cada unidad de provisión, municipio, gestiona/provee la infraestructura. Prieto y Zofío (2001) desarrollan una metodología para calcular indicadores sintéticos de eficacia en provisión de infraestructura básica municipal<sup>7</sup>. Este indicador contempla la capacidad relativa que cada unidad de decisión, UD, tiene de alcanzar la frontera de provisión. La frontera puede definirse, en todo o en parte, mix, como la formada por aquellas UD's de mejor comportamiento observado y/o por métodos de planificación urbana tales como el "método urbanístico de estándares actualizado"<sup>8</sup>; en un intento de evitar que la falta de información sobre un estándar de servicio pueda originar que su consumo sea más alto que el mismo (políticas territoriales derivadas de diversos escalones urbanos) Mediante la utilización de este indicador se aborda el proceso de evaluación de la provisión y se priorizan las actuaciones emprendidas para corregir los déficit. La frontera se obtiene mediante métodos no paramétricos derivados del "Análisis Envoltente de Datos" –DEA<sup>9</sup>.

El modelo derivado de la metodología de Análisis Envoltente de Datos para obtener un indicador sintético de eficacia es el siguiente:

Denominamos  $u = 1, \dots, U$  unidades de análisis (municipios);  $m = 1, \dots, M$  provisiones (infraestructura);  $y_{mu}$ .- cantidad de provisión  $m$  en  $u$ ; "o" .- unidad analizada,  $u_o$

Establecemos como objetivo minimizar el déficit de cada variable de provisión  $D_{mo}$  en el siguiente modelo de programación:

$$\min - \left( \sum_{m=1}^M D_{mo} \right) \quad (1)$$

s.a.

<sup>7</sup> Aquí se utiliza el concepto de eficacia en el sentido de resultado respecto a objetivos, en contraposición del término eficiencia como relación entre fines y medios (output/input), utilizada en la perspectiva económica de costes, apartado 3. Una discusión sobre estos términos así como la definición de outputs en la administración pública puede encontrarse en Bramley (1990: C5)

<sup>8</sup> El denominado "método urbanístico de estándares actualizado" adopta una perspectiva de oferta. Se apoya en los principios del urbanismo funcional, que mediante la combinación de escalones jerárquicos urbanos (vecindario, barrio, barrio-ciudad, ciudad, ciudad-región) se establecen recomendaciones sobre parámetros rotacionales, población, viviendas y densidad que deben ofertarse en los escalones urbanos MFOM (2000)

<sup>9</sup> DEA es una metodología desarrollada para medir la eficacia y eficiencia relativa de un conjunto de unidades de decisión, que usan múltiples inputs/outputs, iniciada por Farrell (1957) y acuñada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978)

$$\sum_{m=1}^M y_{mu} z_u - D_{mo} = y_{mo}, \quad m = 1, \dots, M,$$

$$\sum_{u=1}^U z_u = 1,$$

$$z_u \hat{A}_u^+,$$

donde el indicador sintético  $E^A(y_o)$  se obtiene de la expresión:

$$E^A(y_o) = 1 + \frac{\min_{m=1}^M (D_{mo} / R_m)}{M} \times 100 \quad (2)$$

$E^A(y_o)$  es el indicador de eficacia ajustado al rango de las variables de provisión y está acotado entre cero y uno.  $R_m = y_m^{\max} - y_m^{\min}$ , rango  $y_m$ ;  $z_u$  es la variable de intensidad con que cada  $u$  explica  $u_o$ .

El modelo permite establecer un orden jerárquico de municipios según  $E^A(y_o)$ , para cada tipo de frontera de mejor comportamiento o “mejor práctica técnica”.  $u_o$  será eficaz si  $E^A(y_o) = 1$ ; es decir, si todos sus déficit,  $D_{mo}$ , son nulos. El cuadro 2 presenta el resultado para la infraestructura de abastecimiento de agua de los municipios de La Rioja, particularizado para uno de ellos. El indicador de eficacia es **80,3%** (**19,7%** de ineficacia). Su mayor problema se encuentra en la variable capacidad de depósitos, pues el 47,9% de la ineficacia se concentra en esa variable; mientras no tiene problemas en el estado de los depósitos,  $y_3 = 0,0$ .

Cuadro 2. Eficacia en la provisión de abastecimiento de agua

Sector: Abastecimiento de agua	Indicador de eficacia (%)		Peso relativo del déficit de cada variable, ( $y_o$ ), en la ineficiencia del sector (%)				
	Eficacia $E^A(y_o)$	Ineficacia $1 - E^A(y_o)$	Capacidad depósitos ( $y_1$ )	Red de distribución ( $y_2$ )	Estado de la infraestructura		
$u = 174$ municipios $m = 5$ variables de provisión					Depósitos ( $y_3$ )	Conducciones ( $y_4$ )	Red de distribución ( $y_5$ )
<b>Mun # [<math>u_o</math>] 80,3</b>		<b>19,7</b>	<b>47,9</b>	<b>22,1</b>	<b>0,0</b>	<b>3,6</b>	<b>26,4</b>
Máximo	100	0	100	100	100	100	100
Minino	31,1	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Media	85,4	14,6	5,1	1,4	14,0	17,2	52,6
Desviación	17,6	17,6	15,5	9,3	26,9	27,9	40,1

Fuente: EDIL-Rioja (2009): Programa para la evaluación y desarrollo de las infraestructuras locales.

### 3. La perspectiva económica.

El trabajo pionero de Tiebout (1956) ponía de manifiesto las tensiones provocadas entre demandantes y gestores debido al tamaño de la jurisdicción y la dimensión espacial de los servicios. La investigación de un tamaño óptimo urbano, cuando se proponen políticas para la racionalización de una aglomeración urbana, cualquiera que sea su dimensión, ha sido el centro de muchos debates y controversias sobre fusiones basados en conceptos de economías derivadas del tamaño, contrarrestadas por la mayor rigidez de las burocracias, Dollery y Fleming (2006); y aunque pueda no existir una dimensión óptima debido al carácter multidimensional de la



provisión, hay un amplio acuerdo sobre la necesidad de una base mínima de habitantes imprescindible para reducir costes. Para los servicios intensivos en capital, tales como abastecimiento de agua, redes de saneamiento, depuración y superficie urbana viaria, pueden existir significativas economías de escala si el coste de los activos fijos se extienden a mayor número de usuarios (población o viviendas)<sup>10</sup>. Desde esta perspectiva, la reforma estructural mediante fusión puede recoger las economías de escala debidas a mayores tasas de utilización de los activos fijos del municipio y oportunidades para explotar los beneficios de la especialización. Las deseconomías provienen de dificultades organizativas por la despersonalización entre residentes y su municipalidad. Hughes y Edwards (2000) muestran que la fuerza dominante de ineficiencia es la inapropiada escala de operaciones o el tamaño de la jurisdicción.

La perspectiva formal de provisión, sobre todo, en lo que respecta a la autonomía de los municipios para organizar y gestionar la población y el territorio da lugar, en cada jurisdicción concreta, a una dotación de suelo de naturaleza urbana que según la definición del Catastro Inmobiliario, es un suelo ya transformado por contar con los servicios urbanos establecidos por la legislación urbanística o, en su defecto, por disponer de acceso rodado, abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales y suministro de energía eléctrica (<http://catastro.meh.es/>). La evidencia muestra que a muy bajos niveles de densidad, a medida que aumenta la población, para un área urbana dada –aumento de densidad– mayor puede ser el ahorro de infraestructura. La cuestión de hasta qué nivel de densidad ocurre el ahorro es una cuestión empírica y dependerá de múltiples factores. Por ejemplo, ahorro de infraestructura puede originarse cuando la población aumenta debido al aumento de viviendas sobre la misma superficie —crecimiento urbano en altura. No obstante, si el aumento de población (y de viviendas), está asociado a mayor número de asentamientos urbanos (núcleos), lo que implica aumentar el área de servicio, la provisión de infraestructura puede experimentar deseconomías. Por tanto, modelos de desarrollo urbano extensivo<sup>11</sup> pueden conducir a mayor necesidad de infraestructura, Carruthers (2002). Bajo este razonamiento surgen cuatro dimensiones para el análisis de las economías de escala y de densidad de los modelos urbanos: la población, las viviendas, la superficie urbana y el número de núcleos de la circunscripción de provisión<sup>12</sup>. En el anexo 2 se muestra el diagrama del modelo para el análisis de las economías mencionadas.

En esta perspectiva, se obtiene el stock de infraestructura de cada municipio. Para ello, se elabora una base de precios que recoge el precio de cada una de las variables físicas de provisión, definidas técnicamente mediante la EIEL (superficie viaria, redes, alumbrado, etc.) y tiene como objetivo recoger empíricamente qué la determina dentro de un área urbana; es decir las condiciones objetivas basadas en la morfología del territorio, que configura la infraestructura municipal de tipo red provista puerta a puerta. La elaboración se basa en las características técnicas de una Unidad de Obra a ejecutar; obteniendo el valor de las variables físicas que la componen; sin considerar para ello aquellos elementos que legalmente o por el avance de los sistemas constructivos han quedado obsoletos. La base recoge la tecnología de “mejor práctica técnica observada en el mercado” y genera un efecto normalizador al unificar criterios, códigos y conceptos en el marco de actuación del plan de obras y servicios del municipio. Es por tanto un instrumento de información a efectos de financiar la Unidades de Obra. Su estructura puede considerarse vigente en un periodo de tiempo aceptable para el análisis. El anexo 3 presenta el

---

<sup>10</sup> Una amplia revisión de la literatura sobre economías de escala y de densidad para estas provisiones intensivas en capital puede consultarse en Prieto, Zofío y Álvarez (2009)

<sup>11</sup> Como “proxy” de modelos urbanos extensivos, García y Tomas (2003) usan el número de comunidades servidas, Mizutani y Urakami (2001) la longitud de las tuberías y Kim y Clark (1988) la longitud de las líneas de transmisión. Prieto, Zofío y Álvarez (2009) introducen explícitamente una variable de densidad.

<sup>12</sup> El modelo podría incluir la cooperación local como restricción presupuestaria; pero la información disponible de solo un lustro, ver cuadro 1a, no permite separar las transferencias corrientes de las de capital, ni las dedicadas a equipamientos de las de infraestructura; lo que implica suponer que se satisface endógenamente desde una perspectiva teórica.

precio de la infraestructura de red de distribución de agua y las fuentes de información para su elaboración.

### 3.1. Economías de escala, de densidad y densidad óptima municipal

#### 3.1.1. La función de costes translogarítmica:

La perspectiva económica se analiza mediante una función de producción de infraestructura, que mediante su formulación dual permite especificar una función de costes con la que determinar las economías de escala y de densidad. Consideramos una función de costes translogarítmica (Christensen et al. (1971, 1973). Para cada uno de los sectores considerados se busca el óptimo en la función de costes (3), que incorpora el coste de provisión de la infraestructura ( $C$ ) como la variable dependiente y los siguientes regresores: i) los destinatarios de la infraestructura (outputs  $Y_g$ ) son población y vivienda ( $Y_1$  e  $Y_2$ ); ii) precios de la infraestructura (input) de las variables físicas de provisión,  $P_i$ , y iii) dos variables de control de densidad,  $Z_k$ , que tienen en cuenta el número de núcleos,  $Z_1$  y el tamaño del área urbana,  $Z_2$ .

Dadas las anteriores variables, la función de costes translogarítmica sigue la expresión<sup>13</sup>:

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{g=1}^Y \alpha_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \beta_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \delta_k \ln Z_k + \\ & + \frac{1}{2} \left[ \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y \alpha_{gh} \ln Y_g \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z \delta_{kl} \ln Z_k \ln Z_l \right] + \\ & + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z \theta_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z \omega_{ik} \ln P_i \ln Z_k. \end{aligned} \quad (3)$$

Considerando la información adicional que proporciona el lema de Shephard, dualidad, respecto a la demanda óptima de factores que minimiza el coste:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i (P_i / C)} = \frac{P_i X_i}{C} = S_i, \quad (4)$$

donde  $X_i$  y  $S_i$  son, respectivamente, la cantidad física del stock de provisión y la proporción que representa el gasto de la variable input  $i$ , sobre el coste total, el conjunto de ecuaciones de demanda de factores que se obtiene es:

$$S_i = \beta_i + \underset{j=1}{\overset{P}{\mathbf{a}}} \mathbf{b}_{ij} \ln P_j + \underset{g=1}{\overset{Y}{\mathbf{a}}} \mathbf{f}_{gi} \ln Y_g + \underset{k=1}{\overset{Z}{\mathbf{a}}} \mathbf{w}_{ik} \ln Z_k, \quad i = 1, \dots, P. \quad (5)$$

Culminado el proceso de estimación de la función de costes<sup>14</sup>, es posible indagar sobre la existencia y magnitud de las economías de escala –EE– y de densidad –ED–. La definición

<sup>13</sup> Al objeto de que cumpla con las condiciones de regularidad relativas a la homogeneidad de grado uno en precios, es necesario que se verifiquen las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^P \beta_i = 1; \quad \sum_{i=1}^P \beta_{ij} = 0, \quad j = 1, \dots, P; \quad \sum_{i=1}^P \varphi_{gi} = 0, \quad g = 1, \dots, Y; \quad \sum_{i=1}^P \omega_{ik} = 0, \quad k = 1, \dots, Z,$$

mientras que las restricciones de simetría para los efectos cruzados se corresponden con:

$$\alpha_{gh} = \alpha_{hg}, \quad g, h = 1, \dots, Y; \quad \beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad j, i = 1, \dots, P; \quad \delta_{kl} = \delta_{lk}, \quad k, l = 1, \dots, Z.$$

<sup>14</sup> El sistema de ecuaciones formado por la función de costes (3) y de demanda de factores (5) puede estimarse mediante el sistema de ecuaciones aparentemente no relacionadas, SURE (Zellner, 1962). Se sigue el procedimiento habitual de normalizar las variables respecto a su media, Greene (1999:599), lo

específica que realizamos de las primeras informa de la variación que se produce en el coste de provisión ante variaciones en igual proporción en las variables de provisión  $Y_g$ ,  $g=1,2$  relativas a la cuantía de población ( $Y_1$ ) ó vivienda ( $Y_2$ ):

$$\begin{aligned}
 EE &= 1 / \frac{\sum_{g=1}^Y \ln C}{\sum_{g=1}^Y \ln Y_g} = \\
 &= 1 / \left( \sum_{g=1}^Y \frac{a_g}{a_g} + \frac{1}{2} \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^{g-1} a_{gh} \ln Y_h + \sum_{g=1}^Y a_{gg} \ln Y_g + \frac{1}{2} \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^{g-1} a_{gh} \ln Y_h + \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P f_{gi} \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z q_{gk} \ln Z_k \right) \frac{\dot{u}}{\bar{u}}
 \end{aligned} \tag{6}$$

de forma que si el valor de (6) es superior, igual o inferior a la unidad se observan economías crecientes, constantes y decrecientes (deseconomías) a escala<sup>15</sup>. Definimos a continuación las economías de densidad también cómo la inversa de la variación que acontece en el coste cuando se alteran las variables representativas de la densidad relativa de la población y la vivienda,  $Z_k$ ,  $k=1,2$ , reflejadas en este caso por el número de núcleos donde se asienta la población en un municipio,  $Z_1$ , y la superficie urbana,  $Z_2$ :

$$\begin{aligned}
 ED &= - 1 / \frac{\sum_{k=1}^Z \ln C}{\sum_{k=1}^Z \ln Z_k} = \\
 &= - 1 / \left( \sum_{k=1}^Z d_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^{k-1} d_{kl} \ln Z_l + \sum_{k=1}^Z d_{kk} \ln Z_k + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^Z \sum_{l=k+1}^Z d_{kl} \ln Z_l + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z q_{gk} \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z w_{ik} \ln P_i \right) \frac{\dot{u}}{\bar{u}}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Si un incremento en la densidad supone una reducción en el coste, existirán economías de densidad. EN (7), valores negativos más pequeños que -1, indican que incrementando la densidad la necesidad de infraestructura se reduce en menor proporción (deseconomías de densidad). Por el contrario, valores negativos mayores que -1 implican economías de densidad (aumentar la densidad reduce el coste en mayor proporción). Valores negativos más alejados de -1 mostrarán mayores economías de densidad, tal como se presenta en el cuadro 3.

El objetivo final es determinar la densidad asociada a la escala óptima de producción. La propuesta de Mizutani y Urakami (2001) para determinar la escala óptima de producción (provisión) es minimizar el coste medio,  $CMd$ , que puede generalizarse al caso de  $g$  productos (variables de provisión). Siendo  $Y_g$  la cuantía de población ( $Y_1$ ) ó vivienda ( $Y_2$ ), es posible obtener la función de coste medio tomando antilogaritmos de (3) y dividiendo por la población  $Y_1$ :

---

que permite interpretar los coeficientes obtenidos como las elasticidades en el punto medio de la muestra. El soporte informático ha sido el programa STATA.

<sup>15</sup> La propuesta de medir las economías de escala (6) se corresponde con las introducidas por Panzar y Willig (1977), y es inversa a la sugerida posteriormente por Caves et al. (1984, 1985). La razón reside en el desacuerdo mostrado por diversos autores (Xu et al., 1994; Jara-Díaz y Cortés, 1996; Oum y Zhang, 1997) con la definición que realizan Caves et al. de economías de escala, que no mantiene constante la densidad de provisión, como sería el caso de (6) de incluir la variables de provisión  $Z_k$ , que no se correspondería con la noción *ceteris paribus* normalmente aceptada de este concepto, ver gráfica del modelo en anexo 2.

$$\begin{aligned}
CMd_{Y_1} &= C/Y_1 = (1/Y_1) \times \exp(\ln C) = \\
&= (1/Y_1) \times \exp\left(\alpha_0 + \sum_{g=1}^Y a_g \ln Y_g + \sum_{i=1}^P b_i \ln P_i + \sum_{k=1}^Z d_k \ln Z_k + \right. \\
&+ \frac{1}{2} \sum_{g=1}^Y \sum_{h=1}^Y a_{gh} \ln Y_g Y_h + \sum_{i=1}^P \sum_{j=1}^P b_{ij} \ln P_i P_j + \sum_{k=1}^Z \sum_{l=1}^Z d_{kl} \ln Z_k \ln Z_l + \\
&+ \sum_{g=1}^Y \sum_{i=1}^P f_{gi} \ln Y_g \ln P_i + \sum_{g=1}^Y \sum_{k=1}^Z q_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \left. \sum_{i=1}^P \sum_{k=1}^Z w_{ik} \ln P_i \ln Z_k \right) \quad (8)
\end{aligned}$$

Diferenciando (8) con respecto a la primera variable de provisión,  $Y_1$ , e igualando a cero, obtenemos la condición de primer orden:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial CMd_{Y_1}}{\partial Y_1} = \frac{\partial (C/Y_1)}{\partial Y_1} = (1/Y_1^2) \times \exp(\ln C) \times \left[ \alpha_1 + a_{11} \ln Y_1 + \sum_{h=1}^{Y-1} a_{1h} \ln Y_h + \sum_{i=1}^P f_{1i} \ln P_i + \sum_{k=1}^Z q_{1k} \ln Z_k \right. \\
\left. - \exp(\ln C) \right] = 0 \quad (9)
\end{aligned}$$

Mientras se cumple que  $Y_1 \neq 0$  y  $\exp(\ln C) \neq 0$ , el coste medio mínimo implica:

$$\alpha_1 + \alpha_{11} \ln Y_1 + \sum_{h=1}^{Y-1} \alpha_{1h} \ln Y_h + \sum_{i=1}^P \varphi_{1i} \ln P_i + \sum_{k=1}^Z \theta_{1k} \ln Z_k - 1 = 0 \quad (10)$$

Siguiendo el mismo procedimiento podemos obtener la expresión del óptimo para la variable de densidad  $Z_2$  que minimiza el coste medio. La contrapartida a (10), correspondiente a la condición de primer orden para  $Z_2$ ,  $\partial CMd_{Z_2} / \partial Z_2 = \partial (C / Z_2) / \partial Z_2$  es:

$$\delta_2 + \delta_{22} \ln Z_2 + \sum_{l=1}^{Z-1} \delta_{2l} \ln Z_l + \sum_{g=1}^Y \theta_{g2} \ln Y_g + \sum_{i=1}^P \omega_{i2} \ln P_i - 1 = 0 \quad (11)$$

El sistema formado por las ecuaciones (3) y (5) se resuelve bajo el supuesto de que permanecen constantes en su punto medio las variables no optimizadas, por ejemplo los precios de los inputs  $P_i$ . Las ecuaciones (10) y (11) conjuntamente determinan la ratio de densidad óptimo  $Y_1/Z_2$  (Hab./Km<sup>2</sup>)

### 3.1.2. Resultados de la estimación

La estadística descriptiva y los parámetros estimados del sistema de ecuaciones se presentan en el anexo 4a y 4b. Se observa que el ajuste del modelo es el adecuado en función de los valores del test  $F$  de significatividad y el  $R$ -cuadrado. El valor de los coeficientes asociados a población ( $Y_1$ ) y vivienda ( $Y_2$ ) es positivo y significativo e inferior a la unidad, lo que nos confirma la existencia de economías a escala, ya que incrementos en alguna de las variables de provisión en un uno por ciento incrementaría el coste en menor proporción. Obsérvese que este incremento, al mantener las variables relativas al número de núcleos y a la superficie constantes, se corresponde con un incremento en la densidad. Por otra, los valores de dichos coeficientes difieren en los distintos sectores como consecuencia de sus diferentes características tecnológicas.

Respecto a las elasticidades de precios,  $P_i$ , estas no hacen sino replicar de forma adecuada el peso mostrado por cada variable en las ecuaciones de su participación en el coste, ecuación (5), según la estadística del anexo 4a. Por último, resaltar que las características de la provisión,  $Z_k$ , representadas por la densidad, también presentan los signos esperados, y significativos, en los tres sectores; de forma que un incremento en el número de núcleos ( $Z_1$ ) y en la superficie urbana

( $Z_2$ ) incrementaría el coste de provisión, pero en menor proporción. No obstante, obsérvese que en este caso este incremento se corresponde con una reducción en la densidad de población pues incrementa el número de núcleos y superficie manteniendo constante la población y vivienda. Al objeto de mostrar cómo evoluciona el coste cuando se *incrementa* la densidad, se interpretan las elasticidades asociadas a estas variables (Anexo 4b).

Según las especificaciones presentadas en el epígrafe anterior, el cuadro 3 muestra las economías de escala (EE) y de densidad (ED) por rangos de densidad de población: Hab./Km<sup>2</sup> ( $Y_1 / Z_2$ ). La existencia y magnitud de las economías de escala ha sido contrastada no solo para la totalidad de municipios sino también para los tres cuantiles –terciles– en que se divide la muestra en función de la densidad de población.

Los resultados obtenidos muestran que existen economías de escala crecientes y significativas en los tres sectores analizados. Un valor EE superior a la unidad implica rendimientos a escala crecientes, lo que significa que un incremento del uno por ciento en el stock de infraestructura satisface las necesidades de más de un uno por ciento en términos de habitantes y viviendas., pero a menor coste *per capita*. Dividiendo la muestra en terciles, observamos como las economías de escala decrecen a medida que se incrementa la densidad de población. Para S1, un 1% de aumento en población y vivienda reduciría la necesidad de stock en 0,603%; su inversa,  $1,659 = 1/(0,213+0,390)$ , anexo 4b.

Las economías de densidad, ED, también presentan valores elevados y significativos, lo que implica una fuente de reducción en costes. En este caso, una reducción del uno por ciento en el número de núcleos,  $Z_1$ , junto con una reducción en la misma proporción en la superficie urbana,  $Z_2$ , permite reducir el coste en el sector S1 en 0,353% [ $-0,353 = - (0,152+0,201)$ ], donde  $1/-0,353$  equivale a  $-2,833$ , que es el valor de las economías de densidad según (7). Para S2 y S3, los valores son  $-2,091$  y  $-1,463$ , respectivamente. Cuanto más se aleja ED de  $-1$ , mayores son las economías de densidad.

Cuadro 3. Economías de escala y densidad por rangos de densidad de población (Hab./Km<sup>2</sup>).

<b>S1. Abastecimiento de agua</b>				
Rangos	Economías de Escala (EE)	Economías de densidad (ED)	Ponderaciones en ED	
			$Z_1$ (núcleos)	$Z_2$ (superficie)
Total municipios (n° = 1.793)	1,659 (0,041)*	-2,832 (0,029)*	0,431	0,569
Tercil1 T1	1,289 (0,155)*	-7,136 (0,126)*	0,162	0,838
Tercil2 T2	1,136 (0,390)*	-3,031 (0,387)*	0,457	0,543
Tercil3 T3	1,008 (0,387)*	-1,533 (0,370)*	0,616	0,384
<b>S2. Saneamiento y depuración</b>				
Rangos	Economías de Escala (EE)	Economías de densidad (ED)	Ponderaciones en ED	
			$Z_1$	$Z_2$
Total municipios (n° = 1.139)	2,027 (0,044)*	-2,091 (0,027)*	0,871	0,129
T1 y T2	3,011 (0,082)*	-1,603 (0,070)*	0,926	0,074
T3	1,311 (0,473)*	-3,549 (0,454)*	0,742	0,258
<b>S3. Pavimentación y alumbrado</b>				
Rangos	Economías de Escala (EE)	Economías de densidad (ED)	Ponderaciones en ED	
			$Z_1$	$Z_2$
Total municipios (n° =1.311)	5,312 (0,078)*	-1,463 (0,053)*	0,654	0,346
T1 y T2	20,091 (0,308)*	-1,120 (0,290)*	0,770	0,229
T3	2,409 (0,253)*	-1,972 (0,225)*	0,446	0,554
Notas: Errores estándar entre paréntesis (véase Bohrnstedt y Goldberger (1969) para más detalles).				

\*Parámetro significativo al 5%.

Fuente: Anexo 4b.

La reducción que se observa en las economías de escala a medida que se incrementa el tamaño de los municipios, nos sugiere que en el rango en el que se agotan dichas economías se encuentra el tamaño óptimo que proporciona el mínimo coste medio (menor stock por habitante). Cabe destacar que la variable de densidad de población respecto de la superficie urbana representa uno de los principales objetivos en la planificación urbana, MFOM (2000). Resolviendo las ecuaciones (10) y (11) en conjunto obtenemos la densidad óptima, que se presenta en el cuadro 4, junto con la máxima densidad en cada uno de los terciles en que se divide la muestra y el número de municipios que se encuentran por debajo del óptimo. Los resultados muestran que el valor de la densidad de población óptima que obtenido en el sector S1 es de 3.098 habitantes por km<sup>2</sup>, mientras que en S2 y S3 es de 4.430 y 2.801, respectivamente. Estos valores se sitúan en el rango superior de la distribución, lo que demuestra que la mayor parte de los municipios tienen densidades inferiores, si la provisión de infraestructura analizada tuviera como referencia el paradigma de racionalidad económica coste-eficiencia: el porcentaje de municipios que se encuentran por debajo de la densidad óptima es elevado. Estos resultados se encuentran próximos a lo definido para una “unidad de barrio” por MFOM (2000:28), en sus acotaciones y aportaciones teóricas sobre el ámbito urbano; donde la población se sitúa en torno a 5.000 hab. y una densidad de 4.000 hab./Km<sup>2</sup>.

Cuadro 4. Óptimo de densidad de población (Hab./Km<sup>2</sup>) en la provisión de infraestructura  
Función promedio

Sector	Densidad óptima	T1	T2	T3	# municipios por debajo de la densidad óptima
<b>S1. Abastecimiento de agua</b>	3.098,4	1.566,4	2.232,5	5.175,8	1.612 (89,9%)
<b>S2. Saneamiento y depuración</b>	4.429,7	2.445,4	3.340,4	5.097,2	1.038 (91,1%)
<b>S3. Pavimentación y alumbrado</b>	2.801,0	1.943,9	2.545,6	8.503,2	995 (75,9%)

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3. La frontera de costes

Los cuadros (3) y (4) se basan en la estimación de una función de costes, significativa en el punto medio de la muestra, ajustada a las observaciones y variables consideradas; asumiendo que cada el comportamiento del Gobierno local es eficiente en la provisión, con independencia de si alcanza o no las dimensiones óptimas latentes. Para contrastar este supuesto de eficiencia, a continuación utilizamos la función de costes en términos de frontera estocástica –*Stochastic Frontier Analysis, SFA*–, lo que permite determinar si la eficiencia disminuye con el tamaño del municipio. Esto constituye una aproximación a la frontera eficiente de provisión (frontera de stock de infraestructura). Para ello, combinamos el análisis de las economías de escala y de densidad con el de la ineficiencia o distancia hasta la frontera; tal como se hace para calcular el indicador de eficacia  $E^A(y_o)$  del apartado 2, pero esta vez asumiendo la forma funcional, translogarítmica (3), para evaluar el comportamiento. Siguiendo a Kumbhakar y Lovell (2000) se estima la frontera de costes, que mantiene las propiedades mencionadas de homogeneidad en precios, normalizando el coste y los precios por uno de ellos,  $P_p$ , según la expresión:

$$\begin{aligned}
\ln \frac{C}{P_p} = & a_0 + \overset{Y}{\underset{g=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} a_g \ln Y_g + \overset{P-1}{\underset{i=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} b_i \ln \frac{P_i}{P_p} + \overset{Z}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} d \ln Z_k + \\
& + \frac{1}{2} \overset{Y}{\underset{g=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{Y}{\underset{h=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} a_{gh} \ln Y_g Y_h + \overset{P-1}{\underset{i=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{P-1}{\underset{j=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} b_{ij} \ln \frac{P_i}{P_p} \frac{P_j}{P_p} + \overset{Z}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{Z}{\underset{l=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} d_{kl} \ln Z_k \ln Z_l + \\
& + \overset{Y}{\underset{g=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{P-1}{\underset{i=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} f_{gi} \ln Y_g \ln \frac{P_i}{P_p} + \overset{Y}{\underset{g=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{Z}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} q_{gk} \ln Y_g \ln Z_k + \overset{P-1}{\underset{i=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} \overset{Z}{\underset{k=1}{\overset{\circ}{\alpha}}} w_{ik} \ln \frac{P_i}{P_p} \ln Z_k + v_i + u_i,
\end{aligned} \tag{12}$$

donde las variables son las mismas de la ecuación (3). Puesto que se estima una frontera de costes estocástica, suponemos que el término de error de la función se descompone aditivamente en dos componentes: el error aleatorio  $v_i$ , y el término de ineficiencia  $u_i$  ( $u_i \geq 0$ ). Las estimaciones se llevan a cabo por el método de Máxima Verosimilitud propuesto por Aigner et. al. (1977), mediante el módulo *frontier* del programa STATA. Este procedimiento necesita de los siguientes supuestos sobre el residuo compuesto:  $v_i$  se distribuye según una normal  $N(0, \sigma_v^2)$  y  $u_i$  sigue una distribución exponencial<sup>16</sup> con varianza  $\sigma_u^2$ .

La ineficiencia en costes se expresa en términos de la ratio:

$$E_{T_i}^A = \frac{C_i^*}{C_i^{*F}} = \exp(\hat{u}_i), \text{ con } C^* = C / P_p, \tag{13}$$

donde  $C_i^*$  es el coste total observado y  $C_i^{*F}$  es el coste situado en la frontera (menor coste correspondiente al i-ésimo municipio) Del mismo modo que para  $E^A(\mathbf{y}_o)$ , los valores iguales a la unidad indican que el municipio se encuentra sobre la frontera, es eficiente, mientras que aquellos que incurrn en ineficiencia, se alejan de la frontera, presentan valores superiores a la unidad.

En el anexo 5 se muestran las fronteras de costes correspondientes a los sectores S1 y S2. El valor de los parámetros es el habitual, siendo significativos, así como el modelo en su conjunto. En cuanto a las varianzas del residuo compuesto, observamos que ambas son significativas y que la proporción que representa la varianza de la ineficiencia sobre el error compuesto es superior al 50%,  $I = \frac{s_u}{s_v}$ . Por último, el contraste sobre la significatividad de la varianza de la

ineficiencia confirma lo adecuado de una tecnología frontera representada por la función translogarítmica en ambos sectores<sup>17</sup>. La densidad óptima se obtiene de las expresiones (10) y (11) utilizadas para la función promedio (3); pero ahora utilizando la función frontera (12), cuyos parámetros se encuentran en el anexo 5.

Cuadro 5. Óptimo de densidad de población (Hab./Km2) y grado de ineficiencia en costes.  
Función frontera

<sup>16</sup> Con distintos supuestos distribucionales (normal truncada y semi-normal) los resultados obtenidos son similares.

<sup>17</sup> En el análisis de fronteras de costes se ha suprimido el sector de pavimentación y alumbrado (S3) puesto que los contrastes rechazan la significatividad de la varianza de la ineficiencia, lo que nos indica que la estimación adecuada en este caso no es la de una frontera estocástica, sino la de una función de costes en promedio.

	<b>S1. Abastecimiento de agua</b>	<b>S2. Saneamiento y depuración</b>
Observaciones	1.669 (100%)	999 (100%)
Densidad	2.725 ( $Y_1/Z_2$ )	3.440 ( $Y_1/Z_2$ )
Media (ineficiencia)	1,170	1,141
Desviación Típica	0,122	0,153
Mínimo	1,048	1,033
Máximo	2,981	3,902
Observaciones	1.252 ( <b>75%</b> inferior al óptimo)	618 ( <b>61,9%</b> inferior al óptimo)
Densidad	$Y_1/Z_2 \leq 2.725$	$Y_1/Z_2 \leq 3.440$
Media (ineficiencia)	1,185	1,169
Desviación Típica	0,142	0,213
Mínimo	1,050	1,031
Máximo	3,058	4,315
Observaciones	417 (25,0% superior al óptimo)	381 (38,1% superior al óptimo)
Densidad	$Y_1/Z_2 > 2.725$	$Y_1/Z_2 > 3.440$
Media (ineficiencia)	1,098	<b>1,005</b>
Desviación Típica	0,037	0,001
Mínimo	1,041	1,004
Máximo	1,428	1,005

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 5 presenta los niveles de ineficiencia obtenidos, en línea con los trabajos de Simar (1992) y Coelli y Battese (1996), a partir de la expresión (13), para la totalidad de municipios; y dividiendo la muestra en municipios con densidades por encima y por debajo del óptimo ( $\text{Hab./Km}^2$ ). Los óptimos obtenidos han sido de 2.725  $\text{Hab./Km}^2$  en el sector del abastecimiento de agua (S1) y 3.440  $\text{Hab./Km}^2$  en el sector de saneamiento y depuración (S2). Las ineficiencias en costes que se observan en S1 es de 17% y en S2 de 14%; similares a los valores obtenidos en los trabajos de Filippini et al. (2004, 2008), en su análisis aplicado a los sectores de abastecimiento de agua y electricidad en Eslovenia. Desagregando por rangos según la densidad óptima, se observa que un gran porcentaje de municipios se encuentran por debajo de estos valores, **75%** y **62%**, siendo los que incurren en una mayor ineficiencia; mientras que la ineficiencia se reduce en aquellos municipios que superan la densidad óptima. En efecto, por ejemplo para S2, el grado de eficiencia media es la unidad (**1,005**, mostrando que estos municipios son frontera) Por lo tanto, la provisión de la infraestructura básica se lleva a cabo de manera más eficiente en aquellos municipios que poseen mayor densidad de población.

Por último, a semejanza del cuadro 3 (función de costes promedio), se presentan las economías de escala (EE) y de densidad (ED) –ecuaciones (6) y (7)– por rangos de densidad de población ( $\text{Hab./Km}^2$ ,  $Y_1 / Z_2$ ), cuadro 6. La existencia y magnitud de las economías de escala ha sido contrastada no solo para la totalidad de municipios sino también dividiendo la muestra en municipios con densidades inferiores y superiores a la densidad de población óptima ( $\text{Hab./Km}^2$ ). Al igual que sucede con las economías del cuadro 3, las de escala son crecientes y significativas en ambos sectores. Por rangos en función de la densidad de población, observamos como las economías de escala se agotan o se reducen considerablemente en aquellos municipios que superan el valor de la densidad óptima.

Cuadro 6. Economías de escala y densidad por rangos de densidad de población ( $\text{Hab./Km}^2$ ).  
Función frontera

<b>S1. Abastecimiento de agua</b>			
Rangos	Economías de	Economías de	Ponderaciones en ED



	Escala (EE)	densidad (ED)	$Z_1$	$Z_2$
Total municipios (n° = 1.669)	1,866 (0,046)*	-2,744 (0,030)*	0,504	0,496
$Y_1/Z_2 \leq 2.725$ (inferior al óptimo)	2,004 (0,061)*	-2,568 (0,042)*	0,541	0,459
$Y_1/Z_2 > 2.725$ (superior al óptimo)	-2,144 (1,149)	-0,584 (1,095)	0,722	0,278
<b>S2. Saneamiento y depuración</b>				
Rangos	Economías de Escala (EE)	Economías de densidad (ED)	Ponderaciones en ED	
			$Z_1$	$Z_2$
Total municipios (n° = 999)	1,764 (0,051)*	-2,385 (0,032)*	0,899	0,101
$Y_1/Z_2 \leq 3.440$ (inferior al óptimo)	5,288 (0,132)*	-1,237 (0,123)*	0,958	0,042
$Y_1/Z_2 > 3.440$ (superior al óptimo)	1,110 (0,409)*	-4,693 (0,375)*	0,604	0,396
Notas: Errores estándar entre paréntesis (véase Bohrnstedt y Goldberger (1969) para detalles de cálculo)				
*Parámetro significativo al 5%.				

Fuente: elaboración propia.

Respecto a las economías de densidad, en ambos sectores se observa un ahorro en costes al *reducir* las variables de control de densidad, núcleos ( $Z_1$ ) y superficie urbana en  $\text{km}^2$  ( $Z_2$ ). En concreto, una reducción del uno por ciento en el número de núcleos  $Z_1$ , junto con un descenso en la misma proporción en la superficie urbana,  $Z_2$ , permite reducir el coste en el sector de abastecimiento de agua (S1) en  $-0,364\%$  ( $-2,744 = 1/-0,364$ ) y en  $-0,419\%$  en el sector de saneamiento y depuración (S2). En la desagregación por rangos, en el sector de abastecimiento de agua (S1) las economías de densidad se agotan a medida que se incrementa la densidad en población, mientras que en el sector de saneamiento y depuración (S2) el ahorro en costes se mantiene para aquellos municipios con densidades superiores a la óptima. Por último, el peso que tanto la reducción en el número de núcleos ( $Z_1$ ), como la de superficie urbana ( $Z_2$ ) tienen en las economías de densidad (ED) pueden considerarse del mismo orden en magnitud en ambas funciones. En efecto, para S1 es 50% (0,504 y 0,496) y para S2 la reducción del número de núcleos pesa el 90% de las economías de densidad, frente al 10% de la superficie urbana.

#### 4. Conclusiones

Este trabajo resume e integra gran cantidad de información necesaria para el análisis de la provisión de servicios públicos locales: circunscripciones de prestación, Encuesta de Infraestructura y equipamientos Local, base de precios y metodologías derivadas de la investigación de operaciones y del análisis econométrico, aportando un marco de estudio de las economías de escala y de densidad. Esta integración, permite obtener indicadores sintéticos de eficacia y eficiencia municipal basados en dimensiones y densidades óptimas, que permiten orientar la toma de decisiones por los gobiernos locales para la gestión de infraestructura. Puede incorporar aspectos de gestión discrecional, tales como el establecimiento de estándares de provisión; y realizar simulaciones para evaluar los efectos de, por ejemplo, la distribución territorializada de los Fondos de Cooperación Local y la ordenación del territorio asociadas a reducir urbanismos de baja densidad (núcleos y superficie urbana)

Consideramos que la investigación realizada, en el contexto de infraestructura básica, establece importantes consecuencias relativas a la magnitud del sobre coste en proveerla, y concuerda con algunos de los resultados derivados de la revisión bibliográfica. El paralelismo con ellos reside en favorecer la ordenación del territorio que promueva mayores tamaños municipales basados en reducir los asentamientos urbanos incrementando su densidad. Aprovechar las economías derivadas, reforzaría las normativas urbanísticas que implicasen mayor concentración de población y viviendas por hectárea de superficie urbana. Esta perspectiva se plantea en la publicación: La ciudad y los ciudadanos, Ministerio de Fomento, Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, MFOM (2000). En ella, se propone la “unidad de barrio” como el escalón urbano adecuado, superior al vecindario, para articular el ámbito urbano mínimo de provisión, con población y densidad semejantes a las alcanzadas en este trabajo: alrededor de 5.000 habitantes y 4.000 hab./ $\text{Km}^2$  y, en sintonía con Fluvia et. al. (2008:113),

“que los costes per capita sean mayores en el pueblo tiene que ver más ... con el espacio que con el tamaño de población: que el pueblo está más lejos o que tenga más núcleos distintos y dispersos a los que proveer, por ejemplo.”

Con relación a las economías de densidad, su presencia sugiere que, dentro de un mismo municipio, la concentración de la población en un único núcleo urbano y con viviendas en altura contribuiría de forma decisiva a reducir el stock de infraestructura *per capita* necesario para proveer, por ejemplo, saneamiento y depuración de aguas residuales. Naturalmente, de esta conclusión podría inferirse una redistribución de población al objeto de explotar las economías de escala y densidad. No obstante, no pretende realizar un ejercicio de reduccionismo económico, sino mostrar la evidencia del sobre coste que conlleva la actual ordenación del territorio semiurbano en Castilla y León; consecuencia de su propia historia. Es por ello que las recomendaciones relativas a la ordenación del territorio podrían dirigirse hacia nuevos desarrollos urbanísticos, cuya planificación se beneficiaría de este estudio, y sus conclusiones extrapolarse a otras partes del Estado, o a otras estructuras territoriales comparables. Si bien resulta evidente que deben considerarse multitud de criterios para ello, los aspectos económicos constituyen una más de las vertientes importantes, dada la magnitud económica involucrada en la provisión de infraestructura local.

Una de las conclusiones relevantes para la racionalizar el stock de infraestructura, lleva a que los tamaños municipales observados y óptimos se encuentran bastante distanciados, dado que la mayor proporción de municipios se caracteriza por una densidad de población muy inferior a la que resulta óptima en términos de reducción de ahorro de infraestructura. Adicionalmente, el grado de ineficiencia medido mediante el modelo de frontera estocástica, como elemento adicional a la promedio, es mayor entre municipios de menor tamaño; mientras las economías de escala y densidad son muy similares en magnitud a las obtenidas con ambas funciones. Así pues, la densidad no solo condiciona la existencia de economías de escala y de densidad sino también la ineficiencia en el uso de los factores en el proceso de provisión acorde con sus precios.

### **Agradecimientos**

La investigación presentada en este trabajo ha sido realizada con el apoyo económico del Ministerio de Educación y Ciencia, proyecto SEJ2006/1482/ECON y de la Junta de Castilla y León a través de la Dirección General de Administración Territorial. Para el tratamiento de la información se ha elaborado el programa EDIL –Evaluación y Desarrollo de Infraestructuras Locales– en colaboración con la empresa CYLSTAT, S.L. Agradecemos a los servicios técnicos de las Diputaciones, encuadrados en Planes de Cooperación Local, por la ayuda técnica en la elaboración de la Base de Precios de la infraestructura considerada.

### **Bibliografía.**

- Aigner, D.J., Lovell C.A.K., and Schmidt, P. 1977: “Formulation and estimation of stochastic frontier production function models”, *Journal of Econometrics*, 6(1), pp. 21-37.
- Bohrstedt, G., and Goldberger, A. 1969: “On the exact covariance of products of random variables”, *American Statistical Association Journal*, 64 (328), 1, pp. 439-442.
- Bramley, G. 1990: *Equalization grants and local expenditure needs: the price of equality*, Averbury. Aldershot, England.
- Carruthers, J.I. 2002: “The impacts of state growth management programmes: a comparative analysis”, *Urban Studies*, 39 (11), pp. 1956-1982.

- Caves, D.W., Christensen, L.R., and Trethway, M.W. 1984: "Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ", *Rand Journal of Economics*, 15, pp. 471-489.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Trethway, M.W., and Windle, R.J. 1985: "Network effects and the measurement of returns to scale and density for U.S. railroads", en A.F. Daugherty (ed.), *Analytical Studies in Transport Economics*, New York: Cambridge University Press.
- Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. 1978: "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D., and Lau, L.J. 1971: "Conjugate duality and the transcendental logarithmic production function", *Econometrica*, 39, pp. 255-256.
- Christensen, L.R., Jorgenson, D., and Lau, L.J. 1973: "Transcendental logarithmic production frontiers", *Review of Economics and Statistics*, 55, pp. 28-45.
- Coelli, T.J., and Battese, G.E. (1996): "Identification of factors which influence the technical efficiency of Indian Farmers", *Australian Journal of Agricultural Economics*, 40(2), pp. 19-44.
- Dollery, B., and Fleming, E. 2006: "A conceptual note on scale economies, size economies and scope economies in Australian Local Government", *Urban Policy Research*, 2, pp. 271-282.
- Dollery, B., and Crase, L. 2004: "Is bigger local government better? An evaluation of the case for Australian Municipal Amalgamation Programs", *Urban Policy Research*, 22, 3, pp. 265-275.
- EDIL-Rioja. 2009: Programa para la evaluación y desarrollo de las infraestructuras locales. Gobierno de La Rioja. Administraciones Públicas y Política Local. Dirección General de Política Local (herramienta desarrollada en colaboración con CYLSTAT, S.L.)
- Escalona A., y Díez C. 2005: *Retos y problemas de la accesibilidad a servicios en zonas despobladas: un caso en la provincia de Teruel (España)*. Geo Crítica (Scripta Nova), IX, 188.
- Farrell, M. 1957: "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, pp. 253-279.
- Filippini, M., Hrovatin, N., and Zoric, J. (2004): "Efficiency and regulation of the Slovenian electricity distribution companies". *Energy policy*, 32, pp. 335-344.
- Filippini, M., Hrovatin, N., and Zoric, J. (2008): "Cost efficiency of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methods", *Journal of Productivity Analysis*, 29, pp. 169-182.
- Fluvià, M., Rigall-I-Torrent, y Garriga, A. (2008): "Déficit en la provisión local de servicios públicos y tipología municipal", *Revista de Economía Aplicada*, 48 (XVI), pp. 111-132.
- Frank, J.E. 1989: *The costs of alternative development patterns: a review of the literature*, Washington D.C.: Urban Land Institute.
- García, S., and Thomas, A. 2003: "Regulation of public utilities under asymmetric information. The case of municipal water supply in France", *Environmental and Resource Economics*, 26, pp. 145-162.
- Greene, W.H. 1999: *Análisis econométrico*, 3ª edición. Pearson Educación, S.A., Madrid
- Herrero, A., Rubial, L., y Herrera P. 2006: "Los servicios públicos fundamentales", en Corresponsabilidad fiscal y financiación de los servicios públicos fundamentales (ed.) A. Cayón (dir.), Consejo Económico y Social, Colección de estudios 194, pp. 307-343, Madrid.
- Hughes P., and Edwards M. 2000: "Leviathan vs. Lilliputian: A Data Envelopment Analysis of Government Efficiency", *Journal of Regional Science*, 40, 4, pp. 649-669.
- Jara-Díaz, S., and Cortés, C. 1996: "On the calculation of scale economies from transport cost functions", *Journal of Transport Economics and Policy*, 30, pp. 157-170.
- Kalb, A. 2010: *Public Sector and Efficiency. Applications to Local Governments in Germany*. Gabler Verlag, Springer.
- Kim, H.Y., and Clark, R.M. 1988: "Economies of scale and scope in water supply", *Regional Science and Urban Economics*, 18, pp. 479-502.

- Kumbhakar, S.C., and Lovell, C.A.K. (2000): *Stochastic frontier analysis*. Cambridge, Cambridge University Press.
- López, J., y Salas, V. 2002: “Financiación de servicios públicos en territorios con desigual densidad de demanda”, *Revista de Economía aplicada*, X, 28, pp. 121-150.
- MAP 2006: *Encuesta de Infraestructura y Equipamientos Locales, Fase de 2005*, Ministerio de Administraciones Públicas, Madrid.
- MFOM 2000: *La ciudad y los ciudadanos*. Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Centro de Publicaciones, Madrid.
- Mizutani, F., and Urakami, T. 2001: “Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations”, *Papers in Regional Science*, 80, pp. 211-230.
- Oum, T.H., and Zhang, Y. 1997: “A note on scale economies in transport”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 31, pp. 309-315.
- Panzar, J.C., and Willig, R.D. 1977: “Economies of scale in multioutput production”, *Quarterly Journal of Economics*, 91, pp. 481-493.
- Prieto A.M., and Zofío J.L. 2001: “Evaluating Efficiency in Public Provision of Infrastructure and Equipment: the Case of Spanish Municipalities”, *Journal of Productivity Analysis*, 15, pp. 323-340.
- Prieto A.M., y Zofío J.L. 2003: “La eficiencia técnica y económica en la prestación de servicios públicos de infraestructura básica”, en Asociación Castellano Leonesa de Ciencia Regional (ed.), *Prestación descentralizada de servicios públicos. Especial consideración del caso de Castilla y León*, León.
- Prieto A.M., y Zofío J.L. 2006: “La cooperación económica a las inversiones de las Entidades Locales”, en 10º Congreso de Economía de Castilla y León: Competitividad y marco institucional (ed.) Junta de Castilla y León, Consejería de Economías y Empleo, Valladolid.
- Prieto A.M, Zofío, J.L., y Alvarez, I. 2009: “Economías de escala, densidad y alcance en la provisión pública de infraestructura básica municipal”. *Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública*, 3, pp. 59-94.
- Sancton, A. 2000: *Merger mania: the assault on local government*, McGill-Queens’s University Press, Québec–Ontario.
- Schamalensee, R. 1978: “A note of economies of scale and natural monopoly in the distribution of public utility services”, *The Bell Journal of Economics*, 9, pp. 270-276.
- SEIMCYL. 1997: *Mapa Geológico y Minero de Castilla y León*, Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León. Sienculsa, Valladolid.
- Simar, L. 1992: “Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping”, *Journal of Productivity Analysis*, 3, pp. 171-203.
- Suarez-Pandiello, J. 2007: “Insuficiencia relativa, gastos impropios y financiación local”, *Papeles de economía española*, 113, pp. 241-252.
- Tiebout, CH., M. 1956: “A pure theory of local expenditures”, *Journal of Political Economy*, 64, pp. 16-424. (Hacienda Pública Española, 1970, pp. 324-331)
- Xu, K., Windle, R., and Grimm, C. 1994: “Re-evaluation returns to scale in transport”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 28, pp. 275-286.
- Zellner, A. 1962: “An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and test for aggregation bias”, *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp. 977-992.

Anexo 1. Códigos de identificación por tipos de obra incluidas en el Plan Provincial de Cooperación: obligatoriedad de la prestación y umbrales de población

Tipos de obra y servicios/Códigos	Artículo 26 Ley 7/85 (1)		Criterio de obligación según Población (Hab.)	Artículo 25 Ley 7/85 (1)	Servicios de prestación provincial o insular
	Servicios Obligatorios	No Obligatorios según Población		Servicios Municipales	
Casas Consistoriales				12501 (2)	
Otras dependencias de Admón. Gral.				12502	
Adquisición de Equipos Inform.				12525	12725
Protección Civil	22003	22303	20.000		22703
Prevención y extinción de incendios	22004	22304	20.000		22704
Seguridad Lugares Públicos				22526	
Prestación de Serv. Sociales	31005	31305	20.000		31705
Control de Alimentos y Bebidas	41006				41706
Hospitales				41527	41727
Otras Dependencias Sanitarias				41528	41728
Construcción Centros Docentes				42529	
Escuelas Taller				42530	
Alumbrado Público	43007				
Parques Públicos	43008	43308	5.000		
Edificio uso múltiple				43531	43731
Promoción Viviendas				43532	43732
Cementerios	44009				
Recogida de residuos	44010				
Limpieza Viaria	44011				
Alcantarillado	44012				

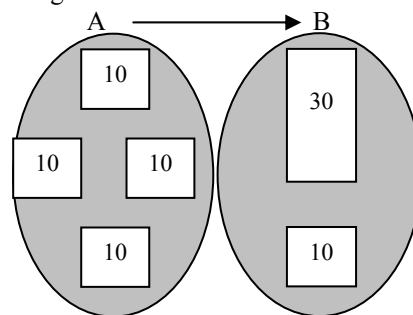
Mercados	44013	44313	5.000		
Tratamiento de Residuos Sólidos	44014	44314			
Tratamiento de Residuos Líquidos	44015	44315			
Protección Medio Ambiente	44018	44318			
Ferías				44534	44734
Biblioteca Pública	45019	45319	5.000		45719
Instalaciones Culturales				45535	45735
Instalaciones Deportivas	45020	45320	20.000		45720
Patrimonio Histórico				45536	45736
Centros Sociales				46537	46737
Accesos Núcleos (difícil acceso)	51021				
Abastecimiento de Aguas	51022				
Pavimentación Calles	51023				
Transporte colectivo urbano	51024	51324			
Ordenación de tráfico				51538	
Red viaria					51739
Estación Autobuses				51540	
Encauzamiento				51541	
Teléfonos					52742
Electrificaciones rurales					52743
Mercados Centrales				62542	
Obras No Clasificadas				00599	00799

Fuente: Elaboración propia. (1) Ley Reguladora de Bases de Régimen Local y RD 1263/2005 por el que se regula la Cooperación Económica Local. (2) Códigos de identificación por tipos de obras incluidas en el Plan Provincial de Cooperación, Orden APU/293/2006.

### Anexo 2. Modelos urbanos. Economías de densidad y escala

Variables	Jurisdicciones A y B				
	A	Densidades de núcleos			B
Núcleos ( $Z_1$ )	4	125	Hab./ $Z_1$	250	2
Habitantes (n°)	500	62,5	Viv./ $Z_1$	125	500
Viviendas (n°)	250	10	Km <sup>2</sup> / $Z_1$	20	250
Área urbana ( $Z_2$ ) (Km <sup>2</sup> )	40	<i>Ceteris paribus</i> : Hab./km <sup>2</sup> , Viv./Km <sup>2</sup>			40

Figura 1.a. Modelos urbanos

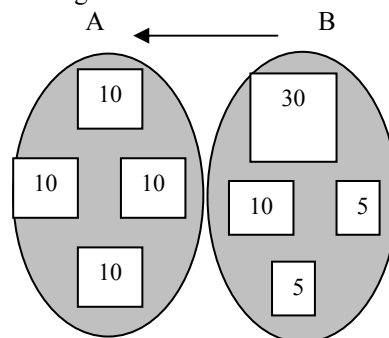


Área extensa    Área compacta

Economías de densidad de núcleos: si el aumento del tamaño del núcleo –población– no es contrarrestado por el aumento de su superficie urbana; ceteris paribus.

Variables	Jurisdicciones A y B				
	A	Densidades de área urbana			B
Núcleos ( $Z_1$ )	4	12,5	Hab./Km <sup>2</sup>	10	4
Habitantes (n°)	500	6,25	Viv./Km <sup>2</sup>	5	500
Viviendas (n°)	250	10	Km <sup>2</sup> / $Z_1$	12,5	250
Área urbana ( $Z_2$ ) (Km <sup>2</sup> )	40	<i>Ceteris paribus</i> : Hab./ $Z_1$ , Viv./ $Z_1$			50

Figura 1.b. Modelos urbanos

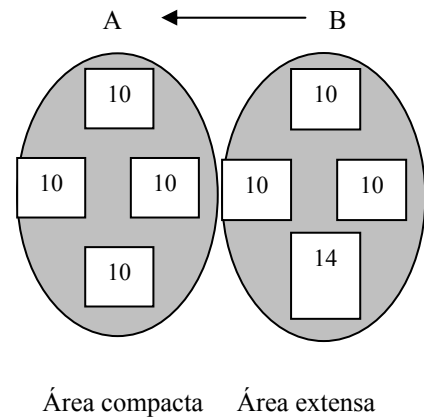


Economías de densidad urbana: si el aumento de la superficie de los núcleos es contrarrestado por el aumento de la densidad urbana; *ceteris paribus*.

Área compacta    Área extensa

Figura 1.c. Modelos urbanos

Tabla 1.c. Economías de escala –EE–: $\Delta$ proporcional en población y viviendas				
Variables	Jurisdicciones A and B			
	A	Densidades de núcleos		B
Núcleos ( $Z_1$ )	4	125	Hab./ $Z_1$	137,5
Habitantes ( $n^\circ$ )	500	62,5	Viv./ $Z_1$	68,75
Viviendas ( $n^\circ$ )	250	10	Km <sup>2</sup> / $Z_1$	11
Área urbana ( $Z_2$ ) (Km <sup>2</sup> )	40	<i>Ceteris paribus</i> : Hab./km <sup>2</sup> , Viv./Km <sup>2</sup>		44
				550 275 44



Economías de escala: si una disminución del área necesaria para mantener la densidad urbana, es más que contrarrestado por el aumento de los tamaños de los núcleos; ambos en población y superficie urbana: *ceteris paribus*.

Para una circunscripción, dado su perímetro urbano (cuadro blanco), si la población aumenta lo hace la densidad. El efecto sobre los costes puede ser ambiguo y en general aumentarán menos que la población. Si el coste por habitante aumenta, puede ser debido a problemas organizativos o a la necesidad de nuevos tipos de infraestructura; pero esto último implica un cambio en la tecnología (una nueva función de producción). La cláusula *ceteris paribus* previene esta situación, pues para determinar las economías ha de mantenerse constante la densidad o la dimensión poblacional del núcleo, en una tecnología dada.

### Anexo 3. Precio de las tareas de ejecución de la infraestructura red de distribución de agua (€)

Obra	Tarea	Ud.	Nº Ud.	Largo	Ancho	Alto	Peso	Precio €	Total €
<b>Red de distribución.</b> Conjunto de tuberías que reparten agua a los usuarios (incluidas las acometidas). EIEL-2005	Rotura de pavimento....	m <sup>2</sup>	1	1	0,35		0,35	3,70	1,30
	Excavación en zanjas....	m <sup>3</sup>	1	1	0,65	1	0,65	7,95	5,16
	Arena o material....	m <sup>3</sup>	1	1	0,60	0,1	0,06	11,00	0,66
	Tubería de PVC junta....	m	1	1			1	13,57	13,57
	Arqueta para red de....	ud	0,033	1			0,033	246,41	8,13
	Válvula de compuerta....	ud	0,033	1			0,033	155,31	5,13
	Boca de riego....	ud	0,02	1			0,02	126,21	2,52
	Acometida domiciliaria....	ud	0,1	1			0,1	75,13	7,51
	Relleno de zanjas....	m <sup>3</sup>	1	1	0,65	0,9	0,585	0,85	0,50
	Hormigón HM/25N/....	m <sup>2</sup>	1	1	0,35		0,35	107,08	37,48
Hidrante....	ud	0,001				0,001	1.800,0	1,80	
Total precio unitario de tareas (€/m)									83,76

Fuente: Elaboración Propia. Precios de “mejor práctica técnica” de 2005 (€ corrientes) de infraestructura en EIEL-2005 y servicios técnicos de Diputaciones provinciales para tareas de ejecución.

Ponderador municipal de tareas según variables geoestructurales:

- Núcleo de mayor altitud (Fuente. INE, Nomenclator 1993)
- Litología/geología. Mapa Litológico de Castilla y León (SIEMCYL, 1997). Atlas Digital de Comarcas de Suelos, SEISnet: [www.microleis.com](http://www.microleis.com)
- Distancia al área comercial. Anuario Comercial de España “laCaixa” y Centro Nacional de Investigación Geográfica, CNIG.

Anexo 4a. Estadísticas descriptivas.

Variables	Media	Std.	Min.	Max.
<b>S1. Abastecimiento de agua (n = 1.793)</b>				
$C_i$ - Coste (Stock)	763.088,5	1.132.196,0	37.065,8	21.300.000,0
$Y_1$ - Población (n°)	463,4	1.149,7	12,0	30.875,0
$Y_2$ - Viviendas (n°)	338,9	634,7	11,0	12.785,0
$P_1$ - Conducciones (€/m)	27,6	4,1	22,1	38,6
$P_2$ - Red de distribución (€/m)	89,8	5,7	83,9	113,8
$P_3$ - Depósitos (€/m3)	431,5	9,1	382,8	449,9
$Z_1$ - Núcleos de población (n°)	1,6	1,2	1,0	6,0
$Z_2$ - Superficie urbana (Km <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,3	0,6	0,007	8,6
$S_1^*$ - Conducciones	0,131	0,123	0,001	0,820
$S_2^*$ - Red de distribución	0,696	0,164	0,119	0,983
$S_3^*$ - Depósitos	0,173	0,115	0,008	0,802
<b>S2. Saneamiento y depuración de aguas residuales (n = 1.139)</b>				
$C_i$ - Coste (Stock)	694.760,1	727.924,8	47.176,5	7.039.996,0
$Y_1$ - Población (n°)	441,5	639,8	21,6	7.140,9
$Y_2$ - Viviendas (n°)	246,6	322,1	16,0	4.241,0
$P_1$ - Alcantarillado (€/m)	86,6	6,1	80,2	112,2
$P_2$ - Emisarios (€/m)	83,6	6,8	68,2	103,5
$P_3$ - Flujo tratado (€/m3)	9,6	0,9	5,8	10,9
$Z_1$ - Núcleos de población (n°)	2,1	2,3	1,0	19,0
$Z_2$ - Superficie urbana (Km <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,2	0,2	0,01	4,6
$S_1^*$ - Alcantarillado	0,489	0,178	0,008	0,948
$S_2^*$ - Emisarios	0,108	0,096	0,001	0,867
$S_3^*$ - Flujo tratado	0,403	0,152	0,002	0,892
<b>S3. Superficie viaria urbana<sup>(2)</sup> y alumbrado (n = 1.311)</b>				
$C_i$ - Coste (Stock)	2.001.118,0	2.694.889,0	186.552,2	36.500.000,0
$Y_1$ - Población (n°)	703,4	2.168,6	52,0	37.020,0
$Y_2$ - Viviendas (n°)	474,0	1.145,0	66,0	21.537,0
$P_1$ - Superficie viaria urbana (€/m2)	31,4	3,1	20,9	40,0
$P_2$ - Puntos de luz (€/lamp)	540,4	53,1	379,7	675,1
$Z_1$ - Núcleos de población (n°)	2,2	2,5	1,0	19,0
$Z_2$ - Superficie urbana (Km <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>	0,3	0,6	0,02	8,6
$S_1^*$ - Superficie viaria urbana	0,926	0,056	0,677	0,992
$S_2^*$ - Puntos de luz	0,074	0,056	0,008	0,323

Fuente: EIEL-2005. Población, viviendas, núcleos inventariados y variables de cada sector.

S1 (depósitos, m3; conducciones, ml; red de distribución, ml)

S2 (alcantarillado, ml; emisarios, ml; flujo tratado de aguas residuales, m3)

S3 (calles, plazas y travesías, m2; puntos de luz, n°)

P. Precios, Base de precios unitarios de tareas necesarias para cada unidad de obra (anexo 3)

S\*#. Participación de cada variable en el coste (ecuación(5))

<sup>(1)</sup> - Superficie catastral urbana

<sup>(2)</sup> - Superficie viaria urbana (calles, plazas y travesías)



Anexo 4b. Determinantes del coste en la provisión de infraestructura básica.

Función promedio

		S1. Abastecimiento de agua		S2. Saneamiento y depuración		S3. Pavimentación y alumbrado	
Variables	Parámetros	Coefficientes	t-Student	Coefficientes	t-Student	Coefficientes	t-Student
Constante	$\alpha_0$	0,078	4,450	0,085	6,540	0,157	6,260
$\ln Y_1$	$\alpha_1$	0,213	7,050	0,374	11,290	0,107	1,750
$\ln Y_2$	$\alpha_2$	0,390	14,120	0,119	4,080	0,081	1,660
$\ln P_1$	$\beta_1$	0,116	34,210	0,475	73,280	0,927	451,400
$\ln P_2$	$\beta_2$	0,703	153,960	0,108	31,250	0,073	35,670
$\ln P_3$	$\beta_3$	0,182	55,630	0,416	73,320	—	—
$\ln Z_1$	$\delta_1$	0,152	7,830	0,417	17,520	0,447	9,460
$\ln Z_2$	$\delta_2$	0,201	9,110	0,062	5,160	0,236	9,750
$(\ln Y_1)^2$	$\alpha_{11}$	-0,091	-0,960	0,363	3,070	-0,147	-0,770
$(\ln Y_2)^2$	$\alpha_{22}$	0,100	1,500	0,018	0,210	-0,192	-2,120
$\ln Y_1 \ln Y_2$	$\alpha_{12}$	-0,114	-0,820	-0,282	-1,830	0,264	1,290
$(\ln P_1)^2$	$\beta_{11}$	0,013	0,920	0,270	6,190	-0,003	-0,600
$(\ln P_2)^2$	$\beta_{22}$	-0,181	-4,180	0,002	0,080	-0,003	-0,600
$(\ln P_3)^2$	$\beta_{33}$	-0,123	-5,170	0,173	6,250	—	—
$\ln P_1 \ln P_2$	$\beta_{12}$	0,022	1,140	-0,049	-1,950	0,003	0,600
$\ln P_1 \ln P_3$	$\beta_{13}$	-0,035	-2,790	-0,220	-7,210	—	—
$\ln P_2 \ln P_3$	$\beta_{23}$	0,158	5,290	0,048	2,970	—	—
$(\ln Z_1)^2$	$\delta_{11}$	-0,096	-2,310	-0,110	-1,090	-0,107	-0,810
$(\ln Z_2)^2$	$\delta_{22}$	0,122	1,760	0,019	0,590	-0,003	-0,080
$\ln Z_1 \ln Z_2$	$\delta_{12}$	0,057	0,900	0,214	3,200	-0,039	-0,490
$\ln Y_1 \ln P_1$	$\varphi_{11}$	-0,058	-6,870	-0,088	-4,340	-0,030	-4,960
$\ln Y_1 \ln P_2$	$\varphi_{12}$	0,080	7,080	-0,002	-0,170	0,030	5,000
$\ln Y_1 \ln P_3$	$\varphi_{13}$	-0,022	-2,720	0,090	5,090	—	—
$\ln Y_2 \ln P_1$	$\varphi_{21}$	0,033	4,030	-0,016	-0,850	-0,006	-1,250
$\ln Y_2 \ln P_2$	$\varphi_{22}$	-0,073	-6,690	-0,025	-2,460	0,006	1,260
$\ln Y_2 \ln P_3$	$\varphi_{23}$	0,040	5,020	0,042	2,500	—	—
$\ln Y_1 \ln Z_1$	$\theta_{11}$	0,137	2,580	-0,130	-1,340	0,044	0,310
$\ln Y_1 \ln Z_2$	$\theta_{12}$	-0,033	-0,700	-0,055	-1,260	-0,110	-2,190
$\ln Y_2 \ln Z_1$	$\theta_{21}$	-0,037	-0,920	0,108	1,430	0,013	0,160
$\ln Y_2 \ln Z_2$	$\theta_{22}$	-0,035	-0,810	-0,042	-1,090	0,126	2,870
$\ln P_1 \ln Z_1$	$\omega_{11}$	-0,003	-0,560	0,121	7,330	0,032	6,490
$\ln P_2 \ln Z_1$	$\omega_{21}$	-0,004	-0,470	-0,006	-0,680	-0,032	-6,540
$\ln P_3 \ln Z_1$	$\omega_{31}$	0,007	1,230	-0,115	-7,990	—	—
$\ln P_1 \ln Z_2$	$\omega_{12}$	0,048	8,420	-0,064	-7,230	0,016	6,580
$\ln P_2 \ln Z_2$	$\omega_{22}$	-0,031	-4,080	0,045	9,510	-0,016	-6,630
$\ln P_3 \ln Z_2$	$\omega_{32}$	-0,016	-2,950	0,018	2,400	—	—
<i>F</i> -test		8,77e+11		4,358,4		16,794,5	
$R^2$		0,854		0,933		0,709	
Observaciones		1,793		1,139		1,311	

Anexo 5. Determinantes del coste en la provisión de infraestructura básica.  
Función frontera

		S1. Abastecimiento de agua		S2. Saneamiento y depuración	
Variables	Parámetros	Coefficientes	t-Student	Coefficientes	t-Student
Constante	$\alpha_0$	-0,084	-3,231	-0,089	-5,563
$\ln Y_1$	$\alpha_1$	0,239	7,242	0,446	10,878
$\ln Y_2$	$\alpha_2$	0,297	9,000	0,121	3,903
$\ln P_1$	$\beta_1$	0,553	4,189	0,316	1,859
$\ln P_2$	$\beta_2$	2,068	7,282	0,378	2,842
$\ln Z_1$	$\delta_1$	0,184	8,000	0,377	13,000
$\ln Z_2$	$\delta_2$	0,181	9,526	0,042	3,231
$(\ln Y_1)^2$	$\alpha_{11}$	-0,032	-0,288	0,640	2,689
$(\ln Y_2)^2$	$\alpha_{22}$	0,078	0,963	-0,057	-0,687
$\ln Y_1 \ln Y_2$	$\alpha_{12}$	-0,057	-0,350	-0,037	-0,160
$(\ln P_1)^2$	$\beta_{11}$	1,451	0,969	-4,448	-1,459
$(\ln P_2)^2$	$\beta_{22}$	14,519	1,747	0,183	0,084
$\ln P_1 \ln P_2$	$\beta_{12}$	-14,992	-2,317	4,122	0,860
$(\ln Z_1)^2$	$\delta_{11}$	-0,031	-0,596	0,088	0,540
$(\ln Z_2)^2$	$\delta_{22}$	0,135	2,368	0,009	0,281
$\ln Z_1 \ln Z_2$	$\delta_{12}$	0,034	0,507	0,179	2,419
$\ln Y_1 \ln P_1$	$\varphi_{11}$	0,044	0,169	0,162	0,268
$\ln Y_1 \ln P_2$	$\varphi_{12}$	0,252	0,408	-1,206	-2,351
$\ln Y_2 \ln P_1$	$\varphi_{21}$	-0,136	-0,538	-0,520	-1,190
$\ln Y_2 \ln P_2$	$\varphi_{22}$	-0,483	-0,775	0,627	1,751
$\ln Y_1 \ln Z_1$	$\theta_{11}$	0,061	0,968	-0,354	-2,011
$\ln Y_1 \ln Z_2$	$\theta_{12}$	-0,047	-0,979	-0,130	-2,453
$\ln Y_2 \ln Z_1$	$\theta_{21}$	-0,030	-0,588	0,076	0,792
$\ln Y_2 \ln Z_2$	$\theta_{22}$	-0,024	-0,511	0,016	0,390
$\ln P_1 \ln Z_1$	$\omega_{11}$	0,212	1,071	0,056	0,127
$\ln P_2 \ln Z_1$	$\omega_{21}$	-0,094	-0,217	0,484	1,241
$\ln P_1 \ln Z_2$	$\omega_{12}$	-0,094	-0,566	0,163	0,803
$\ln P_2 \ln Z_2$	$\omega_{22}$	0,038	0,100	0,078	0,443
	$\sigma_v$	0,274	34,250	0,140	23,333
	$\sigma_u$	0,145	9,063	0,122	12,200
	$\sigma^2$	0,096	24,000	0,035	17,500
	$\lambda = \sigma_u / \sigma_v$	0,531	23,087	0,870	58,000
	<i>Test <math>\sigma_u=0</math></i>	$\chi^2(1)=15,600$		$\chi^2(1)=76,150$	
	<i>Test Wald Significatividad.</i>	$\chi^2(27)=10.884,270$		$\chi^2(27)=20.425,570$	
	Observaciones	1.669		999	