

# ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LEÓN

Luis Alfonso GONZÁLEZ POLLEDO

## SUMMARY

The analysis of the public transport network in the urban area of Leon allows us to show two interesting questions: (a) the difference between private and semi-public service has a direct influence in the graph structure. (b) The service to the urban centre is the main reason of the urban transport, determining in this way the distribution of the accessibility.

Palabras clave: León, transporte urbano, grafo, cohesión, accesibilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

El servicio de transporte público en la ciudad de León ha presentado a lo largo de su evolución en el tiempo algunas peculiaridades que es interesante resaltar. La creciente integración en la actividad urbana de algunos núcleos rurales de la periferia de León y la elevada demanda de transporte con ello generada ha requerido su progresiva inclusión en la red de transporte urbano. Bien es cierto que la cuestión podría plantearse de otra manera: las que en su día eran líneas de transporte entre núcleos rurales y la ciudad se han convertido en verdaderas líneas de transporte urbano. No obstante, no se trataba de unas líneas cualesquiera. Su propia denominación denotaba su carácter. Administrativamente eran consideradas como *líneas de transporte interurbano de cercanías* (de cercanías de la ciudad, se entiende). Precisamente en este carácter administrativo es donde han radicado buena parte de los problemas del transporte urbano en León.

Otros problemas se han relacionado con el creciente deterioro mostrado por dicha red de transporte interurbano. Aparte del escaso servicio prestado a algunos barrios de la ciudad, los vehículos no se ajustaban al más mínimo estándar de calidad y los horarios resultaban más que insuficientes. A ello se añade que, a pesar de reclamar para su subsistencia su carácter de transporte interurbano,

impedía que se crease un servicio urbano al considerar que los trayectos de éste coincidirían con los suyos, algo prohibido por la ley.

El propósito fundamntal del presente trabajo es ayudar a mostrar cómo una de las principales razones de los problemas que ha sufrido, y sufre, el transporte público en León se halla en la titularidad del servicio. A este respecto, podemos establecer dos etapas bien diferenciadas. Hasta 1986 existía un servicio de transporte interurbano a cargo de una empresa privada (AUTOBUSES DE LEÓN, S.A.) que actuaba bajo una concesión del Ministerio de Transportes hecha firme en 1961. A partir de 1986, ese servicio sigue vigente (exceptuando las líneas que se limitaban al municipio de León), pero pasa a coexistir con uno urbano creado por el Ayuntamiento, sacado a concurso y concedido a una empresa privada (CONVAUTO, S.A.) que, al actuar bajo las órdenes directas del Ayuntamiento en todo lo que se refiere a tarifas, vehículos, líneas, frecuencia, etc., recibe de éste la correspondiente compensación por el déficit que produce el servicio. No hay que olvidar, en cualquier caso, que el concepto de *beneficio industrial* para la empresa (cantidad nada despreciable) está presente a la hora de efectuar los cálculos que determinan el coste de la explotación.

En otro lugar hemos expuesto los avatares por los que ha pasado la red de transporte público de nuestra ciudad. Aquí queremos analizar su desarrollo a la luz de la teoría de grafos. Este tipo de análisis nos permite estudiar la red *internamente*, con independencia, en primera instancia, de otros razonamientos de tipo político, económico, etc. que, no obstante, será preciso aducir.

La diferencia entre la red de transporte urbano existente hasta 1986 y la situación actual deriva de la titularidad del servicio<sup>1</sup>. Este es nuestro planteamiento de partida: a dos etapas claramente diferenciadas en el desarrollo de la red han correspondido dos grados de cohesión de la misma también bien delimitados.

<sup>1</sup> En RODRÍGUEZ y PÉREZ, 1986: 5, se dice que en los últimos años los Ayuntamientos no han caído “en el reduccionismo que cifra la solución /del problema del transporte urbano/ en la mera elección entre empresa pública o privada”, que se han venido dando soluciones mixtas en las que los Ayuntamientos fijan unos mínimos mientras que las empresas se limitan a producir el transporte. Esto es en cierta medida una falacia, al menos en dos sentidos: a veces no se da la posibilidad de elección, el Ayuntamiento tiene que intervenir ante el deterioro de un servicio privado (caso de León) y, cuando se ofrece una solución mixta el Ayuntamiento tiene que hacerse cargo, entre otras cosas, del beneficio de la empresa explotadora. También señalan los autores que “la separación de funciones descrita no es un mero artificio intrascendente, sino que conduce a una verdadera dialéctica de las responsabilidades que puede empujar a la mejora de los servicios al obligar a una corresponsabilización de las partes”. Lo cual tampoco es muy cierto pues en la propia ciudad de León (citada por los autores como ejemplo de explotación mixta) se ha dado el caso de incumplimiento de contrato por una de las partes.

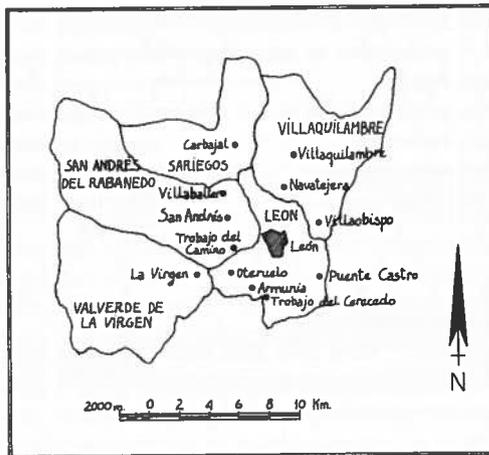
En otro orden de cosas, queremos mostrar cómo, independientemente de lo anterior, es decir, del carácter privado o público de la empresa, la estructura fundamental de la red está dirigida a dar servicio preferente al centro urbano, aparte de las mayores o menores necesidades de transporte que puedan tener determinados barrios de la ciudad o núcleos del extrarradio.

El hecho de que buena parte de las industrias grandes del entorno de la ciudad dispongan de sus propios servicios de transporte es significativo de la situación. El verdadero motor de la vida ciudadana en lo que a movilidad mediante el transporte público se refiere es el centro de la ciudad. Esto, no obstante, sí que tiene sus implicaciones con la anterior hipótesis planteada. La única manera de hacer rentable un servicio en una ciudad media como León es tomando como punto de partida el centro comercial y de servicios de la ciudad y trazando líneas de carácter radial que confieren a la red un escaso grado de cohesión. Cuando la titularidad del servicio no es privada la situación cambia, aunque no radicalmente. Sigue interesando mantener el centro como lugar más accesible y, por otro lado, los costes de dar una mayor accesibilidad a otros lugares serían demasiado elevados para la comunidad.

Las redes de transporte sobre las que vamos a tratar se desarrollan sobre los ámbitos espaciales delimitados por las figuras 1 y 2.

FIGURA 1

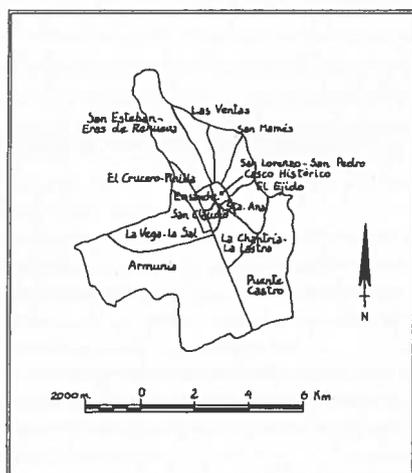
Municipios servidos por el transporte interurbano.



La figura 1 corresponde a los municipios de León, Valverde de la Virgen, San Andrés del Rabanedo, Sariegos y Villaquilambre. Sobre ellos se ha instalado el servicio de transporte interurbano de cercanías de la empresa AUTOBUSES DE LEÓN. Es notoria la presencia de este servicio cubriendo todo el cuadrante Noroeste respecto del municipio de León. No en vano es en esa zona donde se acumula la mayor cantidad de población del entorno de la ciudad. A pesar de la creciente concentración de actividad económica en torno a las carreteras de León a Madrid (por Benavente y Valladolid) ubicadas al Sur y Sureste de la ciudad, la inexistencia de núcleos importantes de población ha impedido (o más bien ha disuadido de) la creación de líneas regulares de transporte urbano. En el mapa aparecen aquellos núcleos que son o han sido servidos en algún momento por el transporte interurbano.

En la figura 2 aparece representado el municipio de León con la división en barrios. Es interesante destacar que uno de los barrios, el de Armunia, corresponde en realidad a un antiguo municipio anexionado al de León en 1970 y que comprende tres núcleos de carácter rural (Armunia, Oteruelo y Trobajo del Cerecedo) que, por el mero hecho de pertenecer al municipio de León, se hallan en una situación claramente diferente a la de otras entidades de características similares.

FIGURA 2  
El municipio de León dividido en barrios.



Tanto un mapa como el otro son equivalentes a los que aparecen en las figuras 5, 6 y 7, en la primera de las cuales se han dispuesto los nodos de los grafos según su ubicación en la realidad.

## II. LA CONVERSIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE EN GRAFO

La conversión de las redes de transporte en grafos permite hacer una serie de cálculos en los que no cuentan la distancia, la morfología o la velocidad, sino la distancia topológica, el número de arcos existente entre dos nodos<sup>2</sup>.

El análisis topológico de la red de transporte correspondiente a las diferentes etapas ofrece particularidades destacables. Para la realización del mismo hemos escogido cinco momentos diferentes en la evolución de la red. La figura 3 representa los grafos planos no orientados correspondientes a esos cinco años.

Los cuatro primeros representan la red de transporte interurbano explotada por la empresa AUTOBUSES DE LEÓN en 1952, 1961, 1972 y 1983.

El quinto grafo es el que corresponde al servicio de transporte urbano desarrollado por CONVAUTO a partir de 1986.

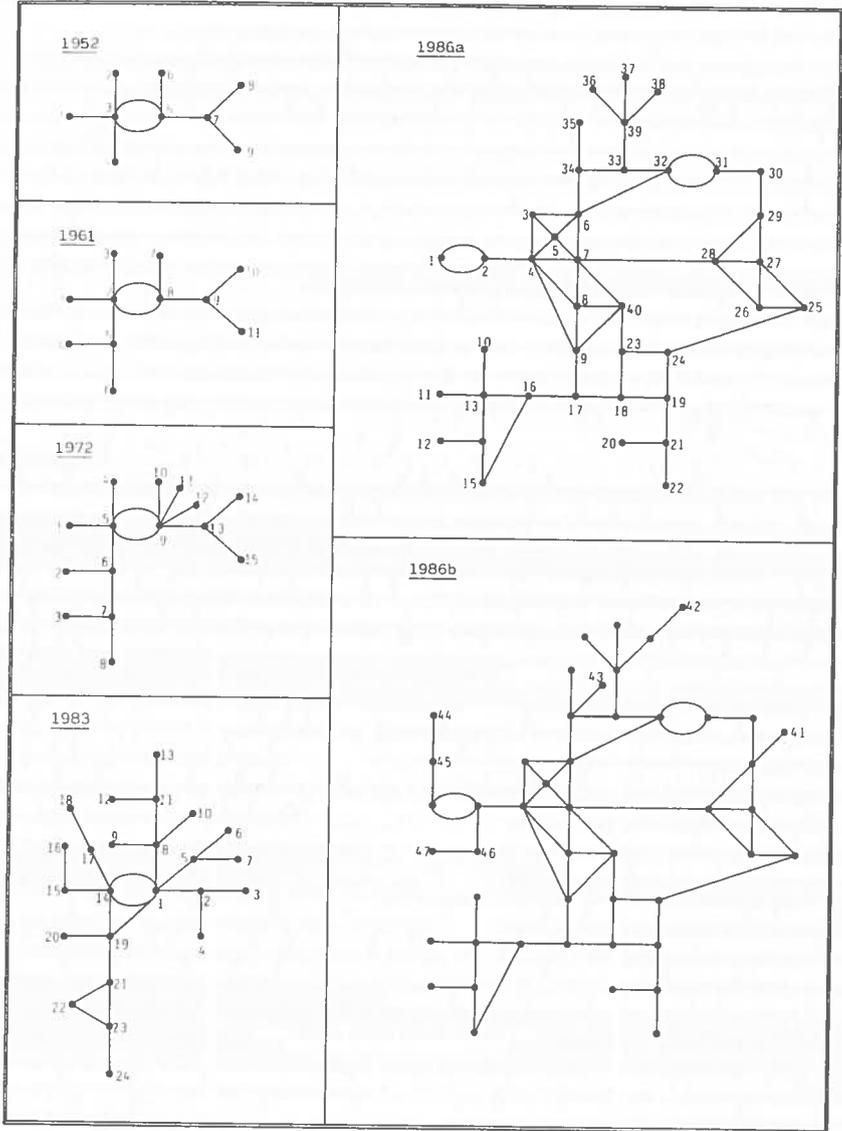
La diferencia entre los cuatro primeros y el quinto es notoria. Se ha pasado de una red básicamente radial que crece por añadidos sucesivos de arcos a una red que, sin ser todo lo coherente que podría, fomenta las circunvalaciones y la conexión entre zonas antes aisladas.

El sexto grafo, denominado 1986b, corresponde a la superposición de las dos líneas existentes en la actualidad: la urbana explotada por CONVAUTO y la interurbana AUTOBUSES DE LEÓN. Al grafo 1986a se han añadido las líneas que van hasta los núcleos del entorno de la ciudad. Con la inclusión de este grafo se pretende mostrar cómo evoluciona la accesibilidad de los diferentes nodos al crearse el servicio urbano.

Para la conversión de las distintas redes en grafos hemos seguido el criterio de considerar como nodos únicamente los puntos de origen y destino de las diferentes líneas y aquellos cruces de dos líneas en los que existe una parada que permite la conexión entre dichas líneas.

<sup>2</sup> La literatura geográfica sobre teoría de grafos es ciertamente amplia. A este respecto, pueden consultarse, entre otros, los siguientes trabajos: ESTÉBANEZ, 1978; GARCÍA, 1979; HAGGET, CLIFF y FREY, 1977: 313-324; HARVEY, 1983: 230; MONTEAGUDO, 1985; PÉREZ, 1987; POTRYKOWSKI y TAYLOR, 1984: 117-153; SEGUÍ, 1988; SEGUÍ y GARRIDO, 1986; etc.

**FIGURA 3**  
 Grafos planos no orientados correspondientes  
 a la red de transporte interurbano y urbano de 1952 a 1986.



Elaboración propia.

TABLA 1  
*Denominaciones de los nodos más importantes*

	1952	1961	1972	1983	1986
La Virgen del Camino	1	1	1	16	47
San Andrés del Rabanedo	2	3	4		
El Crucero	3	2	5	14	2
Trobajo del Cerecedo	4	6	8	24	15
Plaza de Santo Domingo	5	8	9	1	7
Navatejera	6	7	11		
Puente Castro	8	10	14	3	22
Cementerio	9	11	15	4	20
Armunia		4	3	22	12
Carbajal			10	9	43
Villaobispo			12	6	41
Pinilla				17	45
Trobajo del Camino				15	46
El Ejido				7	28
Hospitales				12	37
Villaquilambre				13	42
Villabalter				18	44
Universidad				10	30
Eras de Renueva					35
Glorieta de Guzmán					4
Plaza de la Inmaculada					5
Plaza de San Marcos					3
Barrio de la Inmaculada					36
Colegio de la Asunción					38
Oteruelo			2	20	11

Pero a la hora de definir los grafos ha habido una cuestión importante a resolver. Hasta 1983 no existe problema. Se añaden sucesivamente nodos nuevos (antes inexistentes en la medida en que no eran servidos por una línea de transporte). El grafo siguiente a 1983 sería, en realidad, el grafo 1986b, pues en él se refleja la situación del transporte en ese momento, precisamente porque una de las virtualidades o de las finalidades del análisis topológico es la de analizar las redes por sí mismas, sin tener en cuenta otro tipo de condicionamientos. El hecho de que ese grafo represente una red de transporte servida por dos empresas distintas no impide que un viajero procedente de, pongamos por caso, La Virgen del Camino (nodo nº. 47 en el grafo 1986b) abandone el servicio interurbano en la Plaza de Santo Domingo (nodo nº. 7 en los grafos 1986a y 1986b) y utilice el servicio urbano para alcanzar por ejemplo el Cementerio (nodo nº. 20). No olvi-

demos que, aunque se utilice uno solo de los servicios, también es preciso cambiar de línea de autobuses para unir determinados puntos extremos de la red.

Que existan dos servicios no resta sentido al grafo 1986b si recordamos que los nodos se concebían, además de como puntos de origen o destino, como *intercambiadores* entre líneas diferentes.

Pero, por otra parte, la trascendencia política y social que ha tenido la creación del servicio urbano (1986a) como distinto y separado del interurbano nos ha llevado a tomarlo en consideración aisladamente. Y ello por dos razones:

1. Para estudiar las innovaciones que introduce con respecto al servicio antes existente.
2. Para hacer una crítica fundamentada de la situación que se ha originado con su creación.

Además, el cambio de escala que se ha producido al crearse esta nueva red sería una razón más para su estudio separado. Tratamos en el grafo 1986a de un servicio restringido expresamente al municipio de León, mientras que en los demás casos estamos ante redes que superan el ámbito municipal y sirven a un área compuesta por cinco municipios.

En cualquier caso, el estudio conjunto de la red urbana y la interurbana se basa en el carácter urbano que insistimos en conceder al denominado transporte interurbano de cercanías<sup>3</sup>.

### III. LA ESCASA COHESIÓN DE LAS DIFERENTES REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LEÓN

#### III.1. MEDIDAS DE COHESIÓN

A lo largo de su evolución, la red de transporte público de la ciudad de León se ha caracterizado por su escaso grado de cohesión. Esto quiere decir simplemente que, teniendo en cuenta los nodos existentes, la red de transporte colectivo que sobre ellos se instala no es, ni mucho menos, la mejor de las posibles; que su grado de desarrollo es muy bajo. En todos los casos se trata de redes bastante simples, aunque se pueden establecer matices. Los resultados de la aplicación de algunos índices (vid. cuadro 1) a los diferentes grafos nos pueden ayudar a comprender mejor la evolución.

<sup>3</sup> En GONZÁLEZ, 1990 hemos hecho hincapié en la consideración del servicio interurbano de cercanías como un servicio de características puramente urbanas.

CUADRO 1  
 Medidas de cohesión de los grafos

	1952	1961	1972	1983	1986a	1986b
arcos	9	11	15	26	58	65
nodos	9	11	15	24	40	47
$\alpha$	0,0769	0,0588	0,0400	0,0697	0,2533	0,2134
$\beta$	1	1	1	1,083	1,450	1,3829
$\chi$	0,4280	0,4070	0,3840	0,3939	0,5080	0,4814
$\mu$	1	1	1	3	19	19
Cst	4	5	7	10,6153	13,4400	16,6300
Gp	3	4	6	10,4166	18,0500	21,6200

Elaboración propia

El índice  $C_{St}$ , o medida del grado de cohesión de la red, difiere notablemente entre los cuatro primeros grafos y los dos correspondientes a 1986. Estos son los que más se alejan del grado de cohesión mínima (20 y 23,5 para 1986a y 1986b respectivamente), mientras que los cuatro primeros se aproximan mucho a ella (4,5; 5,5; 7,7 y 12 respectivamente).

El Primer número de Betti o número ciclomático ( $\mu$ ) refleja el número de circunvalaciones existente en cada red (circuitos que empiezan y terminan en el mismo nodo, pasando por otros). De nuevo aparece claramente la distinción entre dos situaciones. Ahora bien, esto resultaría engañoso si no se tuviese en cuenta el tamaño de la red. El caso de 1986 podría corresponder a una red con muchos ciclos, pero comparativamente menos cohesionada que las anteriores. De ahí que utilicemos el índice  $\alpha$ , que al expresar la relación entre el número de circunvalaciones observado y el máximo nos permite conocer qué porcentaje del grado de cohesión máxima alcanza cada uno de los grafos. De este modo sabemos que la distinción que nos permitía hacer el número ciclomático está fundamentada en el distinto grado de cohesión de los grafos. Mientras que de 1952 a 1983 no se alcanza el 10% de la cohesión máxima, en 1986 se supera el 20%.

La situación que muestra el índice  $\alpha$  puede ser complementada por los resultados que ofrecen los índices  $\beta$ ,  $\chi$  y Gp. Según el índice  $\beta$  los grafos con mayor complejidad son aquéllos cuyo valor es superior a 1. El correspondiente a 1986a es por tanto el más complejo. En el caso del índice  $\chi$  también es el grafo 1986a el que mayor porcentaje tiene del número posible de aristas. El índice Gp, que muestra el grado de desarrollo del grafo, crece simplemente con el número de nodos y únicamente nos dice cuál sería el número de aristas necesarias para completar cada grafo.

En general, puede decirse que a pesar de la notoria diferencia entre la red privada y la semipública, el grado de cohesión de los diferentes grafos que analizamos es más bien escaso. El elevado coste de explotación del servicio impone esa reducida cohesión. Una mayor cohesión es impensable para una empresa privada y demasiado gravosa para los presupuestos municipales en el caso de un servicio público o semipúblico.

### III.2. EL ÍNDICE S-I DE ORD

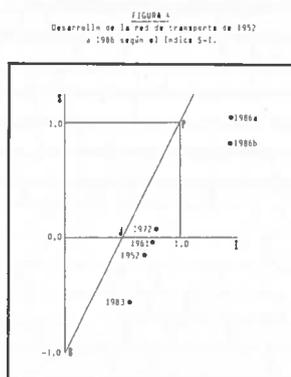
A fin de corregir y completar las medidas simples de cohesión expuestas en el apartado anterior, frecuentemente se utiliza el apoyo gráfico que ofrece el índice S-I de Ord.

CUADRO 2  
Valores de S e I

	1952	1961	1972	1983	1986a	1986b
S	-0,125	-0,028	0,0787	-0,5641	1,036	0,681
I	0,692	0,758	0,7851	0,5529	1,4359	1,4346

Elaboración propia

En la figura 4 aparecen representados los valores de S e I reflejados en el cuadro 2.



La observación del gráfico nos permite diferenciar entre al menos tres situaciones distintas.

En primer lugar nos encontraríamos con los grafos correspondientes a 1952, 1961 y 1972, sencillos y de coherencia ligeramente creciente en la medida en que se aproximan a la línea GJP.

En segundo lugar estaría el grafo de 1983. Similar a los anteriores, su ubicación se diferencia de ellos por cuanto su número de nodos es notablemente mayor. Podría tipificarse como grafo estrellado cuyo grado de cohesión decrece comparativamente con los anteriores.

En último lugar, los grafos 1986a y 1986b podrían ser considerados como una situación mixta en la que están presentes las circunvalaciones y los elementos de cadena, dado el elevado número de nodos y el comparativamente reducido grado de cohesión, inferior además en el grafo 1986b con respecto al 1986a.

No obstante todo esto, cabe decir que la comparación entre los diferentes momentos resulta difícil porque nos hallamos ante estructuras y cantidades de nodos muy dispares.

### III.3. EL DIFERENTE GRADO DE COHESIÓN COMO FUNCIÓN DE LA TITULARIDAD DEL SERVICIO

Dos cuestiones han de ser tenidas muy en cuenta.

En primer lugar hay que destacar la evolución que ha seguido la red desde 1952 hasta 1983. El escaso crecimiento de algunos índices e incluso el decrecimiento de otros es muestra del tipo de evolución seguida. Esta no se ha basado en la implementación de nuevos trayectos sobre la base del mismo número de nodos, sino en la aparición de nuevos nodos, unidos a la red existente por una sola arista. Dicho de otro modo, el alargamiento de la red no ha ido acompañado de una complejización de la misma. La oferta de servicio a nuevos núcleos del entorno de la ciudad no se ha seguido de una creación de nuevas interconexiones entre barrios. Se fomenta únicamente la creación de trayectos longitudinales que ponen en comunicación los núcleos periféricos con el centro, pero es imposible la comunicación de esos núcleos entre sí sin pasar por el centro (Cfr. SEGUÍ y GARRIDO, 1986: 411).

El papel que juega el centro en las necesidades de beneficio económico de la empresa explotadora del servicio es absolutamente definitorio de la situación.

En segundo lugar, la red 1986b tiene unos niveles de cohesión inferiores a la de 1986a. Como ha quedado dicho, la red 1986b es el resultado de superponer a la red 1986a aquellos arcos de la red de 1983 que continúan hacia los núcleos

de la periferia de la ciudad. La cohesión de esta red es inferior a la de la anterior pues el crecimiento se efectúa por la simple anexión de arcos que no conforman nuevos circuitos. La estructura de la red no se complejiza. Topológicamente hablando, ésta es la situación que nos encontramos en la realidad. Ahora bien, es preciso tener en cuenta un matiz importante. El grafo es un modelo y, como tal, no siempre se ajusta completamente a la realidad (Cfr. ESTÉBANEZ, 1978: 186). El grafo representa conjuntamente dos servicios de transporte distintos entre los que existe muy poca relación. En otras palabras, la unificación deseable de las dos líneas no debería darse sobre la base del modelo representado por el grafo 1986b, sino sobre la de una estructura nueva más compleja y por tanto más beneficiosa para el usuario.

#### IV. LA ACCESIBILIDAD DEL CENTRO COMO PRINCIPAL RAZÓN DE SER DE LA RED DE TRANSPORTE

Un aspecto muy interesante derivado del análisis topológico es el relacionado con la accesibilidad, de particular importancia para la geografía por cuanto permite diferenciar espacios en función de su mayor o menor grado de accesibilidad mediante el transporte (Vid. PETRUS, 1986). Las representaciones gráficas derivadas ponen de manifiesto las características que definen determinados ámbitos geográficos en función de su mayor o menor importancia política, social, económica, etc.

Para analizar la accesibilidad topológica de los diferentes grafos tomados en consideración en este estudio hemos tenido en cuenta los parámetros consignados en el cuadro 3 y en la tabla 2.

CUADRO 3  
*Diámetro y dispersión de los grafos*

	1952	1961	1972	1983	1986a	1986b
$\delta$	4	5	6	7	12	13
D	172	296	634	1958	7579	11523

Elaboración propia

El diámetro ( $\delta$ ) y la dispersión (D) de los grafos nos sirven únicamente para constatar la diferencia de magnitud, por otra parte ya evidente, entre los diferentes grafos.

TABLA 2  
Número de asociaciones ( $e(x)$ ), Índice de Shimbél ( $Ay$ ) e Índice de accesibilidad relativa de Stutz ( $\Omega g$ ) correspondientes a los grafos estudiados

NODO	1952			1961			1972			1983			1986a			1986b		
	$e(x)$	$Ay$	$\Omega g$															
1	4	21	80	4	27	60	4	41	50	4	49	0	8	211	54	9	240	41,2
2	4	21	80	3	18	0	5	46	69,2	5	67	28,1	7	173	28,6	8	199	20,6
3	3	14	10	4	27	60	6	54	100	6	89	62,5	7	153	15,3	7	183	12,5
4	4	21	80	5	32	93,3	4	41	50	6	89	62,5	6	137	4,6	7	164	3,01
5	2	13	0	4	23	33,3	3	28	0	5	67	28,1	7	144	9,3	7	173	7,5
6	3	20	70	5	32	93,3	4	33	19,2	6	89	62,5	8	146	10,6	8	177	9,54
7	3	16	30	4	28	66,6	5	42	53,8	6	89	62,5	7	130	0	7	158	0
8	4	23	100	3	19	6,6	6	54	100	5	61	18,7	6	138	5,3	7	173	7,5
9	4	23	100	4	24	40	4	29	3,8	6	83	53,1	7	141	7,3	8	183	12,5
10				5	33	100	5	42	53,8	6	83	53,1	11	247	78	12	317	79,8
11				5	33	100	5	42	53,8	6	79	46,8	11	246	77,3	12	316	79,3
12							5	42	53,8	7	101	81,2	12	280	100	13	357	100
13							5	38	38,4	7	101	81,2	10	208	52	11	271	56,7
14							6	51	88,4	4	57	12,5	11	242	74,6	12	312	77,3
15							6	51	88,4	5	77	43,7	10	212	54,6	11	275	58,7
16										6	99	78,1	9	178	32	10	234	38,1
17										5	77	43,7	8	152	14,6	9	201	21,6
18										6	99	78,1	8	157	18	9	206	24,1
19										4	56	10,9	9	175	30	10	229	35,6
20										5	78	45,3	11	247	78	12	315	78,8
21										5	72	35,9	10	209	52,6	10	268	55,2
22										6	92	67,1	11	247	78	12	315	78,8
23										6	91	65,6	7	148	12	8	190	16,08
24										7	113	100	8	166	24	9	213	27,6
25													8	177	31,3	9	223	32,6
26													9	175	30	9	221	31,6
27													9	172	28	9	211	26,6
28													8	152	14,6	8	185	13,5
29													9	172	28	9	209	25,6
30													10	192	41,3	10	235	38,6
31													10	189	39,3	10	229	35,6
32													9	166	24	9	201	21,6
33													10	191	40,6	10	229	35,6
34													9	169	26	9	203	22,6
35													10	206	50,6	10	247	44,7
36													12	259	86	12	309	75,8
37													12	259	86	12	309	75,8
38													12	259	86	12	307	74,8
39													11	222	61,3	11	265	53,7
40													6	132	1,3	7	167	4,5
41																10	253	47,7
42																13	357	100
43																10	252	47,2
44																12	354	98,4
45																11	309	75,8
46																10	267	54,7
47																11	312	77,3

Elaboración propia

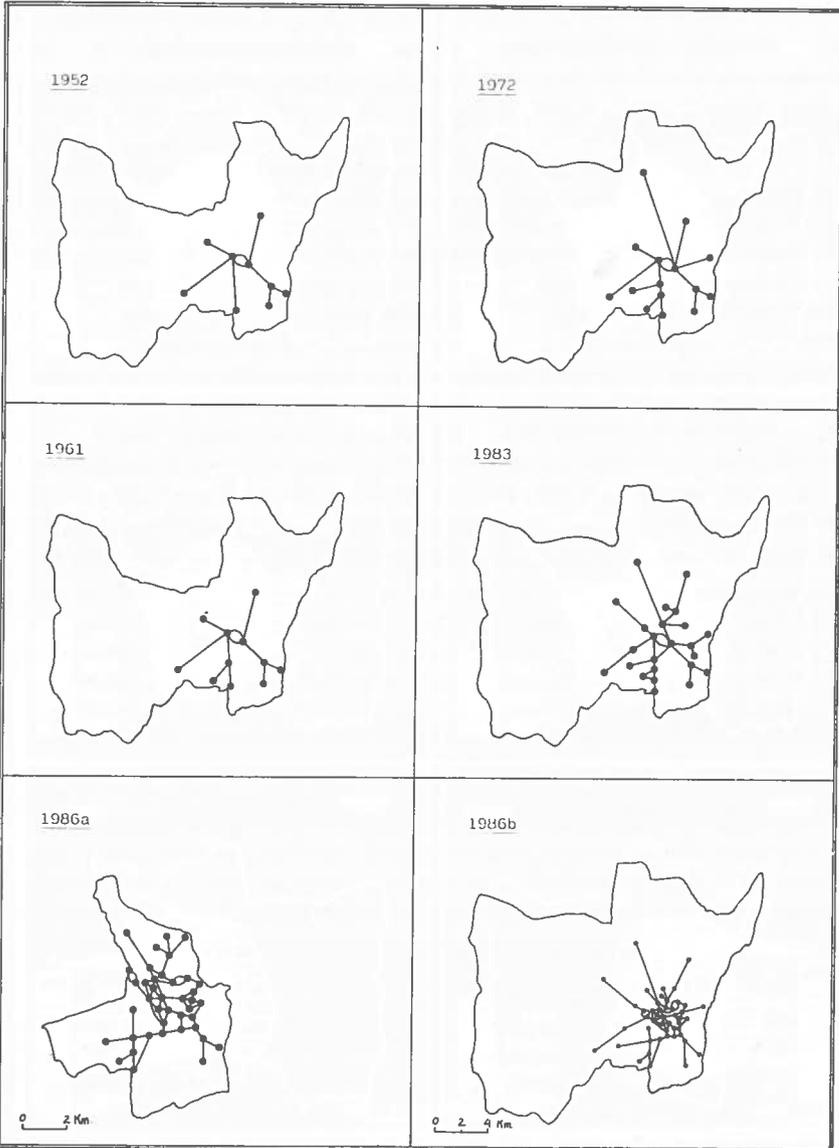
Ahora bien, serán el número de asociaciones ( $e(x)$ ), el índice de Shimbél ( $Ay$ ) y el índice de accesibilidad relativa de Stutz ( $\Omega g$ ) los que nos permitan establecer con mayor grado de precisión cuál es el nivel de accesibilidad de los diferentes nodos de las redes.

La figura 6, en la que se han dibujado las isolíneas en función de la disposición de los nodos que aparecen en la figura 5 y teniendo en cuenta la distribución espacial del índice de Shimbél, nos muestra, por encima de las diferencias que supone la magnitud de los grafos, algo muy claro: la concentración de los mayores niveles de accesibilidad en el centro urbano. Si relativizamos dicho índice (a fin de evitar los problemas que supone una distribución en clases forzosamente desigual) mediante el índice de accesibilidad relativa de Stutz, apreciamos aún mejor cómo resulta notorio el mantenimiento del centro de la ciudad como lugar más accesible del grafo. La figura 7, en la que la separación entre clases vale para todos los momentos nos lo muestra claramente. El área de mayor accesibilidad se mantiene prácticamente invariable a lo largo de todos los años. Excepto pequeñas variaciones e independientemente del mayor o menor número de nodos, la ampliación de la red no ha supuesto en ningún momento la aparición de nuevas áreas de máxima accesibilidad en la ciudad.

Salvo en 1961 y 1972, el punto de máxima accesibilidad de la ciudad es siempre la Plaza de Santo Domingo, considerada por todos los ciudadanos como el centro de la ciudad. De todos modos, en los cuatro primeros años, independientemente de las consideraciones topológicas, las propias características del servicio desdican en cierta medida algunas de las conclusiones del análisis topológico (sólo en la medida en que no hemos tomado en consideración, a la hora de construir y analizar los grafos, las características particulares de cada arco y cada nodo, es decir, si representan trayectos de doble sentido o no, si una línea de autobús continúa a partir de un determinado nodo, etc.). Lo que no reflejan los diferentes grafos es que el punto de partida de todas y cada una de las líneas de la empresa AUTOBUSES DE LEÓN es la Plaza de Santo Domingo. Sería pues el único nodo que permitiría el intercambio entre todas las líneas. El nodo de El Crucero permitiría el intercambio de las líneas que pasan por él, evidentemente, pero no el de las otras líneas que, procedentes de otros extremos del área, tienen su término en la Plaza de Santo Domingo. Esta es el punto de paso obligado para todas las líneas. No en vano el trazado radial es el único que ofrece la posibilidad de convertir en rentable un servicio con tan graves problemas de financiación como es el de transporte urbano. Fomentar este tipo de trazado resultaba vital para que la empresa pudiese mantener sus márgenes de beneficio.

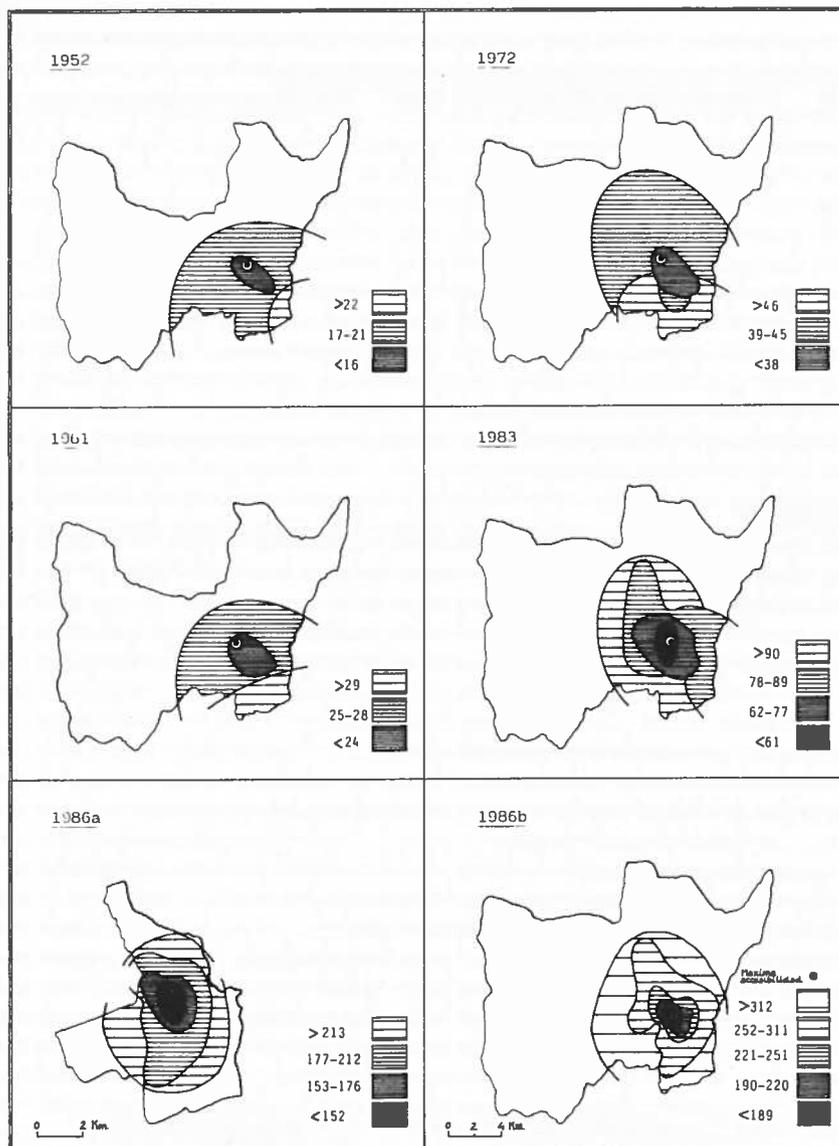
ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LEÓN

FIGURA 5  
Evolución de la red de transporte de 1952 a 1986.



Elaboración propia.

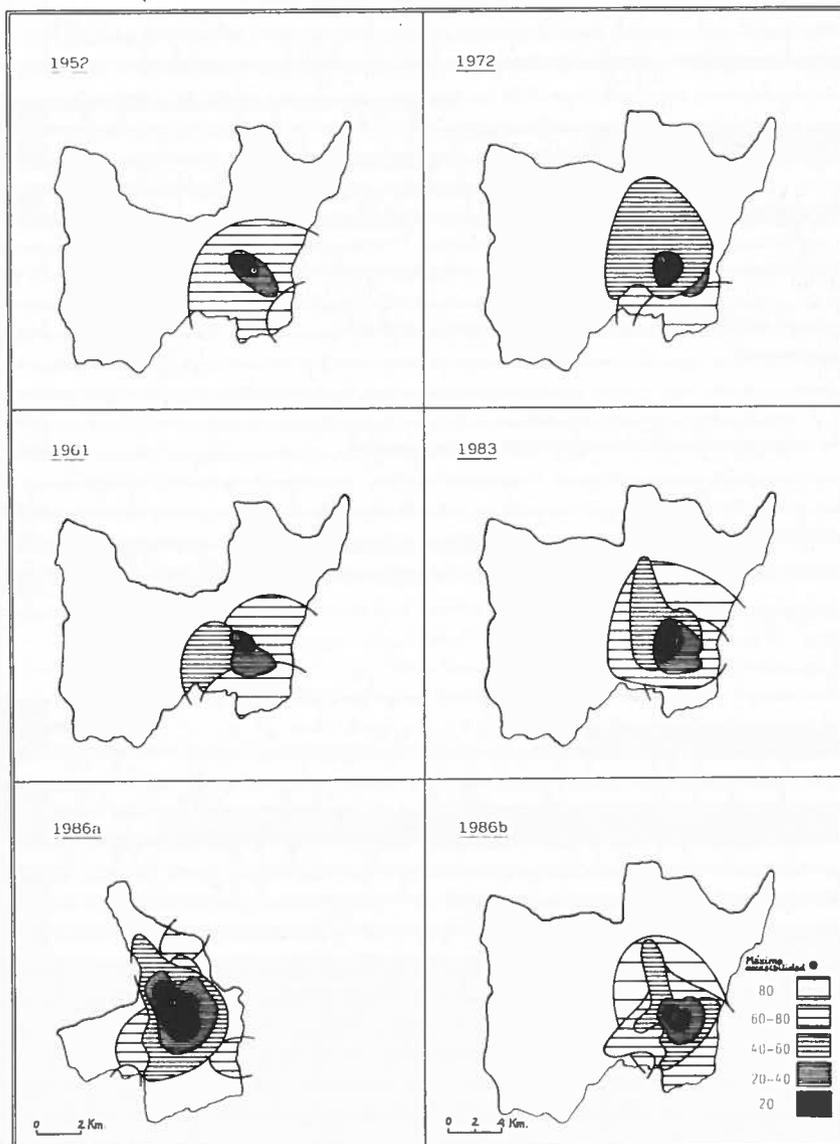
FIGURA 6  
Evolución de la accesibilidad de 1952 a 1986 según el índice de Shimbel.



Elaboración propia.

ANÁLISIS TOPOLÓGICO DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ÁREA URBANA DE LEÓN

FIGURA 7  
Evolución de la accesibilidad de 1952 a 1986 según el índice de S'utz.



Elaboración propia.

En un sentido similar, el mantenimiento de la centralidad de la red en el centro urbano por parte del servicio semipúblico explotado por CONVAUTO, cuyo déficit corre a cargo del Ayuntamiento, responde a la necesidad de captar el mayor número posible de pasajeros a fin de reducir al mínimo ese déficit con el que se grava el bolsillo del ciudadano.

## V. CONCLUSIÓN

La información aportada nos permite afirmar claramente las cuestiones que habíamos planteado en la introducción: la titularidad del servicio resulta fundamental para la comprensión de la estructura de la red, orientada principalmente al servicio del centro de la ciudad. Aparte de la escasa diferencia, topológicamente hablando, entre los diferentes grafos, otras cuestiones han de ser tomadas en consideración. El modo en que se resuelve la mayor accesibilidad del centro es distinto en los grafos correspondientes a la empresa AUTOBUSES DE LEÓN y a CONVAUTO. Mientras que en el primer caso la Plaza de Santo Domingo es el punto de partida de todas las líneas, en el segundo es punto de cruce de muchas líneas, algunas de las cuales son circulares, con lo que dan un mejor servicio al usuario.

La diferencia en la filosofía del servicio es fundamental. En el primer caso se busca el mayor número de pasajeros a fin de obtener una rentabilidad económica (legítima para una empresa privada, pero inconcebible cuando ésta desarrolla un servicio público). En el segundo se busca servir al mayor número de personas posible, sin olvidar por ello las necesidades de áreas menos pobladas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ESTÉBANEZ, J. (1978) "Esquema metodológico para el estudio de la estructura de las redes de transporte en España", en *Aportación española al XXIII Congreso Geográfico Internacional*, Madrid: R.S.G., pp. 185-197.
- GARCÍA, A.M. (1979) "La red de transporte de la provincia de Almería: Aplicación metodológica de la teoría de grafos", *Paralelo 37º*, Almería, pp. 137-152.
- GONZÁLEZ, L.A. (1990) *El transporte público en el área urbana de León*, León: Diputación de León.
- HAGGET, P.; CLIFF, A. y FREY, A. (1977) *Locational Analysis in Human Geography*, London: Arnold, 2nd edition.
- HARVEY, D. (1983) *Teorías, leyes y modelos en Geografía*, Madrid: Alianza.
- MONTEAGUDO, J. (1985) "La red de comunicaciones en el área periurbana de Huelva: Un análisis evolutivo desde la teoría de los grafos", en *IX Coloquio de Geografía*, Valencia: A.G.E., Tomo II, s/p.
- PÉREZ, J. (1987) "Un test metodológico a la teoría de grafos: influencia de la localización de los nodos en el estudio de las redes viarias españolas", en *X Congreso Nacional de Geografía*, Zaragoza: A.G.E., Vol. I, pp. 303-313.
- PETRUS, J.M. (1986) "Red viaria y ordenación espacial en la isla de Menorca. Aplicación de la teoría de grafos" en *Métodos cuantitativos en geografía: Enseñanza, investigación y planeamiento*, Madrid, A.G.E., pp. 373-407.
- POTRYKOWSKI, M. y TAYLOR, Z. (1984) *Geografía del transporte*. Barcelona: Ariel.
- RODRÍGUEZ, A. y PÉREZ, P. (1986) "Financiamiento de la gestión. Experiencias y argumentos en pro de la creación de un fondo estatal de subvención a los transportes urbanos", *CEUMT*, 97, Barcelona: C.E.U.M.T., pp. 5-8.
- SEGUÍ, J.M. (1988) "Aplicació metodològica de la teoria de grafos a la xarxa de carreteres d'Eivissa", *Treballs de Geografia*, 39, Palma: Universitat de les Illes Balears, pp. 97-116.
- SEGUÍ, J.M. y GARRIDO, R.M. (1986) "Análisis topológico de la red de transporte público urbano de Palma y la aplicación del algoritmo de la cascada en la determinación de óptimos longitudes-tiempos", en *Métodos cuantitativos en geografía: Enseñanza, investigación y planeamiento*, Madrid, A.G.E., pp. 408-433.