

**XX SIMPOSIUM VYODEAL**

---

**ACCESIBILIDAD: FUNDAMENTOS Y  
APLICACIONES**

**Pedro Galán Bueno**

**Marzo de 1999**



“Parece asimismo que tratando de caminos, se debe más atención a los interiores de cada provincia, que no a sus comunicaciones exteriores; porque dirigiéndose éstas a facilitar la exportación de los sobrantes del consumo interior de cada una, primero es establecer aquellas sin las cuales no puede haber tales sobrantes”

Jovellanos 1795 <sup>1</sup>

Desde el principio de la humanidad la búsqueda por el hombre de materias, primas o elaboradas, servicios, equipamientos y en general de espacios distintos y distante en el territorio ha propiciado el descubrimiento y posterior mejora de las vías que facilitaban la comunicación entre los puntos de oferta y demanda.

Unas determinadas necesidades de TRANSPORTE <sup>2</sup> se ven así resueltas por medio de unas infraestructuras. La bondad de las comunicaciones, no de las infraestructuras, viene dada por la ACCESIBILIDAD entre los puntos productores de bienes y demandadores de los mismos.

Veamos diversas aproximaciones al concepto de ACCESIBILIDAD:

1. Un lugar es inaccesible si no se puede llegar a él.
2. Un lugar es mas o menos accesible según el grado de dificultad (tiempo, coste , física) para llegar a él.
3. La accesibilidad a un punto expresa la calidad y diversidad de las comunicaciones que dispone ese punto.
4. Los puntos o espacios disponen de buena comunicación si son mutuamente accesibles (la entrada a un bosque o a un zoco puede

---

<sup>1</sup> Citado por el Grupo de Estudios Históricos en “Los Caminos y el territorio de España en el s. XVIII”  
Revista OP nº 36

<sup>2</sup> Thompson, en “la teoría económica del transporte” señala como causas del transporte, las diferencias geográficas en cuanto a recursos y medio físico de las distintas zonas; la especialización de la producción; economías de escala; objetivos políticos y militares; relaciones sociales, oportunidades culturales; localización de la población pudiendo diferenciar usos del suelo y comunicando luego por medio del transporte, etc.

ser fácil, no así la salida); es decir si el tiempo o el coste es adecuado.

La ACCESIBILIDAD GEOGRÁFICA entre dos puntos o territorios puede definirse como SU PROXIMIDAD EN EL TIEMPO (o en el coste)

El aumento de complejidad en la sociedad actual como consecuencia de la multiplicidad de interacciones y objetivos enfrentados obliga, a que todos los conceptos sean cuidadosamente aplicados, pudiendo ser la accesibilidad sin otras especificaciones, un objetivo en sí mismo AMBIGUO. Así la construcción de una infraestructura lineal que aumente fuertemente la accesibilidad entre sus dos puntos extremos puede conllevar:

1. Que disminuya la posibilidad de acceso a la misma en puntos intermedios debido a la existencia de pocas estaciones o enlaces o bien por estar distantes de las poblaciones DISMINUCION DE LA ACCESIBILIDAD INTERMEDIA.
2. Que disminuya la accesibilidad transversal a lo largo del eje, debido a que la infraestructura ejerce el efecto barrera.
3. Accesibilidad inadecuada desde los puntos extremos al resto del territorio.

Tal y como he indicado en otras ocasiones<sup>3</sup> existe un abuso programático de conceptos tales como accesibilidad y /o equilibrio territorial no habiendo plan que no los recoja entre sus objetivos básicos pero que rara vez se articulen en la programación de actuaciones

“La ambigüedad de los objetivos territoriales y la abstracción de los resultados permite al dúo técnico-político su no consideración a la hora de generar alternativas y por el contrario, un uso interesado y parcial cuando hay que justificar alguna actuación que no lo admite por otros métodos.

Los objetivos territoriales quedan en consecuencia reducidos a fachada y convertidos en la práctica en efectos o impactos territoriales<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> “Plan de Carreteras de Aragón”. Introducción (1985)

<sup>4</sup> “Los Objetivos territoriales y las técnicas de accesibilidad en los Planes de Carreteras” Vitoria-Gasteiz 1988. “Jornadas sobre Planificación de Carreteras” A.T.C.

La accesibilidad como método presenta un grado de abstracción superior a otros pues pregunta acerca de la estructura de la red y no simplemente de sus características puntuales <sup>5</sup>. En efecto tradicionalmente los estudios sobre la oferta y demanda de carreteras se han caracterizado por una exhaustiva información puntual localizada en cada sección de la red. Así se tenía por un lado los datos puntuales con la geometría, firme, equipamiento, señalización mientras que de la segunda se disponía para cada estación de aforo de diversas distribuciones de tráfico.

La necesidad de una visión mas integral del funcionamiento de la red ha conducido desde el lado de la demanda a un amplio abanico de estudios de movilidad (Encuestas Origen-Destino, análisis intermodales, previsiones de tráfico, etc.) mientras que el estudio de la oferta carecía de metodologías similares lo que impedía disponer de una visión global de la misma.

Desde 1978 el Servicio de Planificación ha venido desarrollando y aplicando con éxito <sup>6</sup> una metodología basada en la accesibilidad potencial que permite cuantificar los desequilibrios existentes en la red así como la accesibilidad conferida por dicha red en cada punto del espacio al margen de la demanda existente y al margen de la ubicación especial. Se ha conseguido así un método que frente a la prepotencia de los métodos basados en la demanda consigue una visión pura de la oferta.

En particular y con motivo del Plan de Carreteras de Aragón se desarrolló una metodología específica que además de analizar la estructura óptima de la red en las comunicaciones entre los núcleos básicos del territorio, tarea encomendada a la Red Autonómica, contempló también la relación entre estos núcleos y el resto de municipios para los cuales la Red local es la encargada de articularlos.

Se estudió y cuantificó por primera vez en base a técnicas de accesibilidad la estructura interna de cada región o comarca, en base a la accesibilidad potencial (tiempo, distancias y posibilidades de mejora) entre los centros de equipamiento y el resto de municipios. Su desarrollo se hace en el punto 5.2 apartado 4.

---

<sup>5</sup> Sobre la abstracción del método, su riqueza interpretativa y su posible ambigüedad realicé un desarrollo en (4) donde los procesos de abstracción en ingeniería y los comparaba con los seguidos en las distintas artes.

<sup>6</sup> Estudios Previos de accesibilidad (1980), Plan de Carreteras de Cataluña (1983), Definición de la Red de Carreteras del Estado (1984), Plan General de Carreteras 1984-1991, Plan de Carreteras de Aragón (1985), Plan de Carreteras de Canarias (1986), Plan Director de Infraestructuras 1993-2007, y en la casi totalidad de Planes Autonómicos realizados desde 1984.

De esta forma las técnicas de accesibilidad al cuantificar la calidad de las comunicaciones no solo son un perfecto indicador de la distinta oferta territorial conferida por la red local, sino que permite en base a ella proceder a una evaluación y programación de actuaciones.

## **2. LA ACCESIBILIDAD EN ESPAÑA HASTA LA LLEGADA DEL FERROCARRIL. LA VELOCIDAD COMO INVARIANTE**

Como indicábamos en el punto anterior el intercambio cultural y comercial ha requerido la búsqueda y mejora de aquellas vías que optimizaban en cada momento la comunicación entre puntos distintos del territorio.

La mejora de la accesibilidad era el resultado de la disminución de las penalidades y costes de cada viaje que de una forma significativa podía expresarse mediante una reducción del tiempo de recorrido. En cualquiera de los trayectos - marítimos o terrestres- existen unos puntos bien de ruptura de carga bien de singular dificultad como son los puertos que no son sino las puertas que ponen en comunicación espacios diferentes. Su mejora y conservación se traduce en una posibilidad de uso o acceso en el que se minimizan las limitaciones incrementándose con ello la accesibilidad o lo que es lo mismo la calidad de las propias comunicaciones. El gráfico 0 muestra de una manera fehaciente la dificultad que supone en el trazado la orografía en España.

Desde el principio de la humanidad y hasta la llegada de la máquina de vapor el medio marítimo-fluvial es el que ha presentado mayores rendimientos tanto por la carga transportada en tm-hombre/día como por su velocidad. En relación con el medio terrestre esta relación era de 75 a 1 en cuanto a las cargas y de 4 a 1 en cuanto a velocidad.

Consecuencia de ello es que las distintas civilizaciones han realizado su principal desarrollo urbano articulando un sistema de ciudades en torno a la costa y en las riberas de ríos navegables en los que los nudos principales eran puertos-ciudades.

El predominio cultural y económico de Europa occidental frente a Asia y Africa es la consecuencia de la mayor cantidad de costa específica (longitud costa/superficie) determinando un sistema de ciudades

denominado colonialista que es el formado a partir de ciudades-puerto <sup>7</sup> que difunden posteriormente su actividad de una forma dentrítica hacia el interior.

En efecto, en la península ibérica las poblaciones situadas en el arco mediterráneo formaron el primer conjunto de ciudades, colonias de fenicios y cartagineses, que se articularon por vía terrestre por medio del primer gran eje: la vía Hercúlea ó Heraclea (218 a.c.) posteriormente bautizada como vía Augusta (9 a.c.) , luego vía morisca y actualmente N-340.

Desde la llegada de los fenicios a España hasta la puesta en marcha del ferrocarril - 3 milenios- la velocidad ha sido una invariante 160 km/día en barco, 40 km/día para el transporte carretero y 100 km/día en caso de viajeros.

Baste recordar como ejemplo que César fue de Roma a Porcua (cerca de Montilla) en 27 días a una media de 90 km/día similar a la velocidad de las diligencias en 1833.

La accesibilidad hasta hace apenas 150 años ha estado ligada al mar como medio y a los puertos como puntos generadores de las comunicaciones.

### 3. LA ACCESIBILIDAD DESDE 1848 A LA ACTUALIDAD

La irrupción en España primero del Ferrocarril (1848) y después del vehículo a motor de explosión (1900) ha supuesto un cambio radical en el concepto del espacio. Frente al relativo estatismo de las comunicaciones y por tanto de la accesibilidad existente hasta 1848, dos puntos del espacio pasarían a estar mas o menos próximos según el tipo de infraestructura ofertado y el servicio elegido.

Desde el comienzo del FF.CC., los viajeros además de la comodidad vieron aumentado su rendimiento en relación con la diligencia en 10 veces (1000 km/día) reduciéndose, además, la tarifa a la mitad y en cuanto a las mercancías los costes por Tm/km se redujeron de una tercera a una séptima parte (según si sustituía al carro o al viaje a lomo) y la capacidad de carga aumentó en mas de 30 veces si bien todas las ventajas derivadas de la velocidad no fueron aprovechadas debidamente (tiempos excesivos de expedición (2 días) y entrega (1 día) . En cualquier caso para desplazamientos de mas de 300 km y sin trasbordos la velocidad aumentó de 1,5 a 2 veces.

---

<sup>7</sup> Según Rashevsky y E.A.J. Johnson. Ver Luis Racionero "Sistema de Ciudades y Ordenación del territorio" Alianza Editorial 1980.

La consecuencia inmediata del cambio cualitativo en la accesibilidad es una modificación sustancial en la actividad económica y en los asentamientos de población. De un sistema de autoabastecimiento con una actividad centrada en el sector primario (70% de la población activa en 1900) y habitando pequeñas poblaciones (70% en zona rural) se pasa a un sistema con una actividad diversificada lo que permite la creación de grandes ciudades. Se inicia así la ESPECIALIZACION FUNCIONAL Y LA CONCENTRACION ESPACIAL.

En el gráfico 1 se puede observar el fortísimo cambio producido en España en relación a la actividad económica y al tipo de población.

El segundo gran cambio se produjo en España en el año 1956 cuando la carretera igualó en mercancías y viajeros transportados al ferrocarril. En ese año comienza a funcionar la televisión y se liberalizó en parte el modelo económico a través del Plan de Estabilización. Comienza un movimiento individual desaforado de viajes e imágenes que es origen de la POSTMODERNIDAD.

El gráfico 2 resulta elocuente del proceso habido en España. Desde 1984 a 1997 se han recorrido entre el tren y la carretera tantos kilómetros como en el resto del siglo y desde 1956 hasta ahora se han recorrido tantos kilómetros, aún admitiendo una cifra igual a la del año 1950 (556 km/hab. año), como desde el principio de nuestra era.

#### 4. LA RED VIARIA ESPAÑOLA Y SU FUNCION

Parece ser que “si un hecho no es noticia ese hecho no existe” y de igual forma “sólo lo que está cuantificado es realidad. El resto no existe”

Deformaciones conceptuales y apriorísticas como las anteriores conduce a que solo esté contemplado aquello que por facilidad, intereses o deformación histórica (la simple repetición de metodologías y variables que no son sometidas a procesos de revisión) se ha venido considerando.

Así, en el caso del viario interurbano, y a efectos de todas las estadísticas oficiales las Redes de Carreteras del Estado (R.C.E.), de Comunidades Autónomas y de Diputaciones son conocidas y tienen cuantificados aspectos como longitud, características geométricas, inversiones...

Sucede así que los aproximadamente 163.000 km de longitud correspondiente a los tres viarios es un dato ampliamente conocido pero que en muchas ocasiones se emplea de forma errónea al confundirse con la longitud total. Es simplemente el dato cuantificado y anualmente actualizado.

Como mal menor en las estadísticas internacionales la dotación de infraestructuras española, aparece, claramente, minusvalorada. Mas grave es, sin embargo, que su no contemplación oculte el desconocimiento de la función básica que ejerce este viario: Proporciona accesibilidad a servicios y equipamientos en los municipios. Función tan importante requerirá cuando menos un conocimiento cualitativo de este viario, un catálogo, un inventario de características, etc. para poder ejercer una planificación acertada y una inversión acorde a sus necesidades.

La carencia de información, hace que oficialmente los otros viarios simplemente no existan. En 1974 con ocasión del Plan de Vías Provinciales se inició una cuantificación de todas las redes provinciales que señaló la existencia de 168.185 km correspondiente a viario interurbano de Ayuntamientos, IRIDA, el ICONA principalmente <sup>8</sup>.

Anecdóticamente diré que este dato se incorporó en el Anuario Estadístico del Ministerio de 1988 y fue retirado en 1994 al permanecer inalterable en el tiempo. El “Otro viario” cuando menos a efectos estadísticos fue fulminado.

Los cambios de titularidad en una buena parte de los viarios y sobre todo los cambios habidos en los Ayuntamientos que iniciaron tras la Constitución una andadura independiente de la Administración Central, dio lugar a que se produjeran grandes lagunas en la información de la red existente.

En 1995 tras una demanda en este sentido de la Dirección General de Carreteras la Dirección General de Estadística del actual Ministerio de Fomento asumió la realización de un inventario de las carreteras urbanas e interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos. Felizmente ese catálogo se ha concluido en fechas recientes y será presentado en estas jornadas. Esperemos su actualización en el futuro.

El cuadro de la página siguiente y los gráficos 3 y 4 recogen los datos principales de longitud, tráfico y consumo de combustible del conjunto de Redes de todas las Administraciones.

---

<sup>8</sup> Plan Nacional de Vías Provinciales. Resumen de la Catalogación 1977.

Como gran novedad hay que señalar que en relación al viario interurbano los Ayuntamientos tienen el 67,5%. Dicho de otro modo el viario interurbano; hasta ahora considerado era tan solo el 24,5%.

En cuanto al tráfico la situación era aun mas grave.

La práctica de los aforos se inició en 1960 y se aplicó exclusivamente en la antigua red de Carreteras del Estado (80.000 km). Tras realizarse las transferencias autonómicas en 1984 se mantuvieron las series históricas completando los datos autonómicos con aforos parciales y utilizando como referencia el comportamiento de la entonces RIGE (Red de Interés General del Estado)

Actualmente esa serie se sigue manteniendo como referencia (Gráfico 2) pero carece de sustento real.

Alternativamente y desde 1990 se inició por la Dirección General de Carreteras la coordinación con CC.AA., Diputaciones y algunos Ayuntamientos para conocer el funcionamiento de todos los viarios existentes. El tráfico total interurbano es un 28% superior al de la antigua Red de Carreteras del Estado (Ver gráfico 3 y 4)

La funcionalidad de cada uno de los viarios va ligada a su titularidad.

- La Red de Carreteras del Estado tiene asignada la función de articular en una malla cerrada y homogénea los flujos que comuniquen entre sí las distintas autonomías, los tráficos de largo recorrido y el acceso a puertos, aeropuertos y puntos fronterizos de interés general.
- La Red Autonómica cumple las mismas funciones que la Red del Estado en el ámbito de la Comunidad articulando una red que une entre sí todos los centros de producción y actividad en una estructura de 3 niveles (1ª escala, 2ª escala y local)
- La Red de las Diputaciones, auténtica Red local junto al 3<sup>er</sup> nivel autonómico va uniendo entre sí municipios colindantes formando así una malla tupida entre los municipios de cada zona.

- La Red de los Ayuntamientos pone en comunicación la cabecera del municipio con todas las entidades de población que forman parte del mismo.

El sistema que forma el conjunto de las redes es similar al de la circulación sanguínea en la que grandes arterias tiene que mover grandes flujos a distintos puntos del cuerpo para progresivamente ir ramificándose hasta llevar por medio de capilares a todas las células e inversamente desde allí volver de nuevo al corazón.

La actividad o el intercambio se produce entre los distintos nudos del territorio. Cuando estos ocupan en el sistema de ciudades un rango elevado suelen estar comunicados entre sí por grandes ejes estructurantes. A medida que disminuye el rango de los nudos los intercambios con otros núcleos los realiza incorporándose progresivamente en los distintos viarios (municipal-local-Autonómico-Estado) para en un momento determinado volver a acceder por una red progresivamente mas local hasta llegar al nudo final.

En este punto caben dos preguntas:

¿Cuál es la estructura idónea?

¿Cuál es la accesibilidad que proporciona cada tipo de viario?

A la primera pregunta que no es otra que la que se planteaba Jovellanos en la cita introductora a esta reflexión, cabe decir que para que exista un funcionamiento óptimo la estructura de la totalidad del viario debe estar fuertemente articulada y armonizada. Ejes de gran capacidad, no tantos como se demandan, para mover los grandes flujos y un viario debidamente interconectado que en sus distintos niveles garantice una respuesta idónea a su función que no es el nivel de servicio, dato puramente puntual de ingeniería de tráfico, sino una correcta conexión territorial.

Una duda. Si no ha existido hasta hoy un inventario completo de la red municipal ¿qué garantías de homogeneidad y funcionalidad se pueden pedir en esas redes? ¿Qué garantías de que las inversiones programadas en este viario desde Comunidades o Diputaciones realmente optimicen unos recursos escasos?

La segunda pregunta nos obliga a volver a la ambigüedad planteada en la introducción y a la que intentaremos dar respuesta.

En el cuadro resumen de Redes de Carreteras figura en cada una de ellas la IMD (Intensidad Media Diaria) que ofrece una pista sobre la función de cada viario.

Si vamos ascendiendo de la Red Municipal a la R.C.E. notaremos que todas cumplen una función de accesibilidad pero el concepto se va complicando. En efecto, la Red Municipal garantiza el acceso a todos los núcleos del propio municipio. El tráfico (25 a 125 veh./día) es una muestra inequívoca de ese único Origen-Destino de los viajes. Es la accesibilidad en el sentido más genuino.

La Red local debe garantizar la correcta comunicación de un conjunto de municipios entre sí y sobre todo con uno que sea cabecera de todos ellos y centro de equipamientos (judicial, sanitario, económico, etc.) los tráficos medios no son altos pero junto a la Red municipal son los garantes de una correcta comunicación y ocupación del espacio.

¿Y la Red del Estado? Es obviamente la que más flujos mueve (11.708 veh/día) pero ¿Qué accesibilidad proporciona?

En sentido estricto un gran eje solo proporciona accesibilidad. Por ello la M-30 no da accesibilidad a nadie. Esa accesibilidad es no solo nodal sino realmente territorial cuando existe una estructura dentrítica y de calidad de la red que distribuye, a todos los puntos del territorio y con una calidad homogénea, las comunicaciones demandadas.

Existe otro aspecto que marca el carácter más o menos abierto de las comunicaciones que ofrece un itinerario y es el conjunto de orígenes-destino que hay a lo largo del mismo. Por ejemplo la N-III registra los porcentajes más altos de largo recorrido entre 2 regiones extremas. (En este caso Madrid y Levante)

En cambio en la N-340 los orígenes-destino son puntos intermedios no hay flujo importante entre los extremos.

## **5. METODOLOGIA DE LOS ESTUDIOS DE ACCESIBILIDAD POTENCIAL**

### **5.1. FUNDAMENTOS**

El método analiza la calidad de las comunicaciones entre los distintos puntos del espacio elegidos como centroides. Para ello se

efectúa una comparación entre el coste mínimo de la comunicación por la red existente (el coste puede medirse en tiempo, longitud o en unidades monetarias) con el coste por una red ideal o isotrópica que sirve de referencia y que comunica todos los puntos del espacio por medio de segmentos rectilíneos, dotados de una velocidad idéntica a la media de la red real.

El empleo como contraste de una red isotrópica es que elimina el efecto de localización que penaliza a los nudos que se encuentran en la periferia.

En efecto si consideramos una red definida por un cuadrado en cuyos vértices y centro hay sendos nudos, la distancia desde cualquiera de los extremos al resto de los nudos es un 44% superior a la existente desde el centro a los 4 nudos extremos.

En el caso que se pretendiera que todos los puntos tuvieran igual accesibilidad absoluta obligaría a que las diagonales estuvieran dotadas de una velocidad que fuera el 47% de la velocidad de los lados. Si esta fuera 120 km/h las radiales deberían tener como máximo 56,4 km/h.

Los elementos a caracterizar en la red real son los siguientes:

Centroides: son los núcleos generadores de actividad sobre los que se quiere calcular la accesibilidad<sup>9</sup>

Tramos: Son los elementos primarios de la red y en los que se debe disponer de la longitud, tiempo medio de recorrido y/o coste medio.

Para la obtención de las características de la red se debe disponer de un grafo con las longitudes y tiempos de cada tramo. Para lo cual el método idóneo es aplicar el método de coche flotante en el que se adelanta a tantos vehículos ligeros como vehículos adelantan al propio. Este método se repite hasta 6 veces. En la Dirección General de Carreteras se ha venido aplicando desde el año 1970 dando para el

---

<sup>9</sup> El número de centroides está en función de los objetivos que persiga el estudio y de los ámbitos territoriales que se desee considerar. En 1980 se efectuó un estudio sobre 40.000 km de red y 457 núcleos y en 1984 se repitió con 20.000 km y 120 núcleos obteniéndose idénticos resultados lo que probaba la convergencia del método.

conjunto de la Red estos resultados medios para los vehículos ligeros:

1970  $V_m = 64,44$  km/h (71,1 en la Red Básica y 57,9 en la complementaria)

1982  $V_m = 70,3$  km/h

1997  $V_m = 92,3$  km/h

En otros Planes autonómicos se han obtenido las siguientes velocidades:

ARAGÓN (1984)  $V_m = 57,2$  km/h 9629 km.

CATALUÑA (1981)  $V_m = 62,9$  km/h 4963 km

CANARIAS (1986)  $V_m = 46,8$  km/h

Estas velocidades son las empleadas en la RED ISOTRÓPICA o de COMPARACION para contrastar los tiempos de recorrido por la red real con los tiempos ideales (segmentos rectilíneos con una velocidad igual a la velocidad media)

A continuación y por medio de cualquier programa de asignación de tráfico se determinan los caminos mínimos en coste, tiempo y longitud (basta los dos últimos siendo el primordial el de tiempo) y se retienen para las aplicaciones que se enumeran en el punto siguiente.

## **5.2. APLICACIONES BASICAS DE LA ACCESIBILIDAD POTENCIAL**

1. Análisis de las comunicaciones entre todos los pares de centroides.

Como consecuencia de la obtención de todos los caminos mínimos se dispone:

- Visualización de los caminos mínimos

- Establecimiento de umbrales al tener cuantificadas todas las comunicaciones bien por el indicador de trazado ( $D/D^{\circ}$ ) o de tiempo ( $T/T^{\circ}$ )<sup>10</sup>
- Programación de actuaciones sobre aquellas relaciones mas deficitarias y que tiene una importancia real.

## 2. Isocronas, Isocostes o Isodistancias

Aparte de los propios planos indicadores de los distintos ámbitos de influencia (Ver gráfico 5) estos estudios permiten:

- Localización óptima de equipamientos
- Establecimiento de zonificaciones

## 3. Funcionamiento real y óptimo de la red

Con la totalidad de caminos mínimos se produce una matriz de carga o de uso de la red que permite:

- Análisis de la estructura de la red
- Jerarquización de la red <sup>11</sup>

## 4. Análisis y Evaluación de los desequilibrios en la red. Optimización.

- La diferencia entre la matriz de carga de los caminos mínimos en tiempo y longitud marca el nivel máximo de optimización sobre la red actual <sup>12</sup>
- La diferencia entre la matriz de los caminos mínimos en longitud y la red ideal sirve para conocer la “malla” o estructura geográfica de la red.

## 5. Análisis de la oferta territorial

---

<sup>10</sup> D y T son la distancia y el tiempo por camino mínimo en la red real entre los 2 centroides en estudio y  $D^{\circ}$  y  $T^{\circ}$  los mismos conceptos en la red ideal.

<sup>11</sup> Al ser una matriz que mide comunicaciones y no viajes tiene un a aplicación inmediata a la hora de definir una red básica (La Red de Interés General del Estado coincide en un 90% con la resultante de este estudio)

<sup>12</sup> Se dispone de un modelo específico para cuantificar la mejora de cada tramo.

Estudio Intercomarcal Este aspecto ha significado una importante mejora en la apreciación territorial dado que cuantifica y visualiza el valor de la comunicación desde cada punto del espacio (nudos) al conjunto elegido de centroides.

La expresión matemática es la siguiente:

$$A_i = \sum_j T_{ij} / \sum_j T_{ij}^{\circ}$$

Siendo  $T_{ij}$  y  $T_{ij}^{\circ}$  los tiempos mínimos de recorrido por la red real e ideal desde el nudo elegido  $i$  al conjunto de centroides  $j$ . En el gráfico 6 se observa la accesibilidad territorial en el territorio peninsular en 1984 y 1993 tras las actuaciones del Plan de Carreteras.

## 6. Análisis Intracomarcal o Regional <sup>13</sup>

Esta aplicación tiene un ámbito regional y permite analizar la red de segundo nivel y en particular las relaciones entre los núcleos donde se ubican los equipamientos y los municipios dependientes de estos.

En particular cabe señalar como aplicaciones (Ver gráfico 7)

- Análisis de la estructura interna de cada comarca.
- Delimitación de comarcas y de centroides (ubicación óptima de equipamiento)
- Comparación entre comarcas.
- Programación de actuaciones.

Dado el carácter central que tiene en este Congreso, este análisis incluye algunos aspectos mas relevantes en su estudio.

La vinculación territorio-estructura de la red ha sido aprovechada para realizar el análisis intracomarcal. Para ello se ha comunicado entre sí a todos los municipios que pertenecen a una misma comarca por el camino mínimo en tiempo y por el camino mínimo en longitud, obteniendo para todos los municipios los indicadores generales mencionados en este apartado.

---

<sup>13</sup> El desarrollo de estos aspectos fue realizado por el autor para el Plan de Carreteras de Aragón (1985)

De ellos los más interesantes son el Ratio de tiempo (TR/TF) y el Ratio de trazado (DR/DF). La razón es fácilmente comprensible por cuanto el ratio de tiempo nos da cuenta de la accesibilidad real de cada municipio al resto de municipios de la comarca (por el camino mínimo en tiempo) y de la accesibilidad potencial en el caso que utilizáramos los caminos mínimos en longitud. Esta última es siempre peor que la accesibilidad real pero nos da cuenta de la importancia del acondicionamiento que hay que hacer en la red interna para optimizar su estructura.

En cuanto a los ratios de trazado su importancia radica en que es la imagen más fiel del diseño y estructura comarcal de la red.

La diferencia entre el ratio real y potencial nos proporciona la mejora que se puede producir en el diseño de la red. Si el ratio real de trazado es malo (valores muy altos) indica que el municipio está muy mal comunicado con el resto de la comarca y en última instancia que le falta red (suele coincidir con municipios aislados en los que el acceso es único, lo que obliga a longitudes muy superiores a la ideal).

Cuando el municipio en concreto es la cabecera de la comarca , mediante estos ratios, obtenemos la accesibilidad de los municipios a su cabecera (ratio de tiempo) así como la radialidad de la red (ratio de trazado). Obtenemos así un indicador importantísimo del grado de centralidad o de atracción, ejercido por la cabecera.

Se ha obtenido igualmente el valor medio de los ratios para el conjunto de la comarca, así como los máximos y mínimos que se producen en ella.

La comparación de dichos valores nos permite conocer el comportamiento y la estructura de la comarca.

RATIO DE TIEMPO TR / TF		C A B E C E R A	
		BUENO	MALO
C O M A R C A	BUENO	Gran accesibilidad global Buena calidad y estructura de la red Centralidad no polarizada Buen funcionamiento como comarca.	Gran accesibilidad global .Interrelación entre los municipios No existe auténtica cabecera.
	MALO	Buena radialidad Mala estructura global Gran carácter polarizador difusor de la carretera	Inexistencia de comarca Inexistencia de polo, a tractor difusor.

En cuanto al ratio de trazado valen las mismas reflexiones que las del cuadro anterior, agudizándose más los aspectos referentes al diseño de la red.

- Accesibilidad por estructura y diseño
- Atracción por comunicación directa o radial

## A N E X O

Para facilitar el análisis se ha resumido en cada comarca la información más relevante de los ratios de trazado y de tiempo, presentándolos en Anejos separados.

En cada uno de ellos (ver página siguiente) se recoge la siguiente información:

- Comarca
- Cabecera de Comarca: Número de nudo y denominación
- Población: Población total de la comarca

CON CC: Concentración (Población cabecera/

## Población comarca

CON M. : Concentración en el municipio que  
Tiene más población que la cabecera

- Municipios: N: Número de municipios en la comarca
- Ratios de longitud: En tres líneas separadas vienen los ratios correspondientes a las hipótesis siguientes:

1 = INTRA-T      Análisis intracomarcal por el camino  
mínimo en tiempo

2 = INTRA-L      Análisis intracomarcal por el camino  
mínimo en longitud

3 = EXTER -T      Análisis intercomarcal por el camino  
en el tiempo

1 y 2 son propiamente los referidos a la estructura interna de la red y  
3 a la estructura global (para todo Aragón)

$$R.MED.1 = \frac{\sum \text{Ratio Trazado}}{N}$$

$$R.MED.2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N D_{ik}}{\sum_{i=k}^N \sum_{k=1}^N D_{ik}}$$

Los ratios obtenidos son:

MAYOR. Valor del ratio de trazado en el municipio con peor oferta

MENOR. Valor del ratio de trazado en el municipio con mejor oferta

CABECERA      Valor del ratio de trazado en la cabecera

$$CABECERA = \frac{\sum_{xi}^N D_{xi}}{\sum_1^N D_{xi}}$$

Figura igualmente la variación de los ratios

CABECERA MEDIA 1.2.3. Valor en cada hipótesis de

$$\frac{R.MED.2 - CABECERA}{CABECERA} \times 100$$

MAYOR-MENOR 1.2.3. Valor en cada hipótesis del recorrido del ratio (R-Mayor-R-Menor)

RECOR.RELATIVO 1.2.3. Valor en cada hipótesis de recorrido relativo del ratio

$$\frac{\text{Recorrido absoluto}}{R. MED. 2}$$

R. MED.2, 2-1, 1-3, 2-3. Variación. Posible mejora del ratio en la comarca (%)

CABECERA 2-1, 1-3, 2-3. Variación. Posible mejora del ratio en la cabecera (%)

# APROXIMACIONES AL CONCEPTO DE ACCESIBILIDAD

1. Un lugar es inaccesible si no se puede llegar a él
2. Un lugar es más o menos accesible según el grado de dificultad ( tiempo, coste, física ) para llegar a él.
3. La accesibilidad a un punto expresa la calidad y diversidad de las comunicaciones que dispone ese punto.
4. Los puntos o espacios disponen de buena comunicación si son mutuamente accesibles; es decir si el tiempo o el coste es adecuado.

La ACCESIBILIDAD GEOGRÁFICA entre dos puntos o territorios puede definirse como SU PROXIMIDAD EN EL TIEMPO

# LA ACCESIBILIDAD ES UN CONCEPTO AMBIGUO.

## CONTRADICCIONES:

1. Que disminuya la posibilidad de acceso a la misma en puntos intermedios debido a la existencia de pocas estaciones o enlaces o bien por estar distantes de las poblaciones

DISMINUCIÓN DE LA ACCESIBILIDAD INTERMEDIA

2. Que disminuya la accesibilidad transversal a lo largo del eje, debido a que la infraestructura ejerce el efecto barrera.

3. **ACCESIBILIDAD EN LOS NUDOS Y NO AL TERRITORIO.** Accesibilidad inadecuada desde los puntos extremos al resto del territorio.

# LA ACCESIBILIDAD EN ESPAÑA

## 1. LA VELOCIDAD HA SIDO UN INVARIANTE DESDE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES

HASTA 1848.

THALASOCRACIA = SEÑORÍO DEL MAR

BARCO: 160 Km/día, VIAJEROS: 90 Km/día, MERCANCIAS: 40 Km/día

URBANIZACIÓN DE COSTA Y RIBERA

## 2. DE 1848 ( FFCC ) a 1956

- LA REVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE: EL FERROCARRIL

- AUMENTO DE LA VELOCIDAD ( 100 Km/día ), REDUCCIÓN DE COSTES

CONSECUENCIAS:

ESPECIALIZACIÓN FUNCIONAL

CONCENTRACIÓN ESPACIAL

## 3. DE 1956 al 2000. LA POSTMODERNIDAD: EL VIAJE INDIVIDUAL

- ECLOSIÓN DE LA CARRETERA

- DE 1 TURISMO/ 100 Hab. a 39 TURISMOS/100 Hab. ( x 53 )

- TRÁFICO DE VIAJEROS x 30

- TRÁFICO DE MERCANCIAS x 15

ACTUALIDAD

PRESENCIA DE TODOS LOS MODOS

DEL VIAJE FÍSICO A LA TELEPRESENCIA

BASES DE DATOS INTERCONECTADAS: TOMA DE DECISIONES A DISTANCIA

# INDICADORES Y RATIOS DE ACCESIBILIDAD POTENCIAL.

## 1. INDICADOR DE TRAZADO REAL ENTRE CADA DOS CENTROIDES DR/DE ( C.M. Tiempo )

ESPAÑA.	MEDIA:	1,32 ( 1 - 1,4 : 74,7%; MÍNIMO 3,5 )
CANARIAS	MEDIA:	1,81 ( 1,18 - 4,1 )
ARAGÓN	EXTERNA:	1,37 ( 1 - 1,4 : 58% )
CATALUÑA		1,01 - 2,73

## 2. INDICADOR DE TRAZADO ÓPTIMO ENTRE CADA DOS CENTROIDES DR/DE ( C.M. Longitud )

ESPAÑA.	MEDIA:	1,27 ( 1 - 1,4 : 82%; MÍNIMO 2,6 )
CANARIAS	MEDIA:	1,72

## 3. ANÁLISIS INTRACOMARCAL ( ARAGÓN )

INDICE TRAZADO	CABECERA ( Con resto municipios )	1,1 - 2
	COMARCA ( Todos con todos )	1,3 - 2,3
INDICE TIEMPO o ACCESIBILIDAD	CABECERA ( Con resto municipios )	1,1 - 2
	COMARCA ( Todos con todos )	1,3 - 2,3

## 4. RATIO DE ACCESIBILIDAD $A_n = \sum_j T_{nj} / \sum T^{\circ}nj$

ESPAÑA.	MEDIA:	1,03 <sup>j</sup> ( Respecto a una V ficticia = 54,44 Km./h )	0,9 BLANES
ARAGÓN	MEDIA:	1,24 ( Respecto a una V ficticia = 57,2 Km./h )	1,2 1,41 BAZA
CATALUÑA		( 0,99 - 1,72 ) ( Respecto a una V ficticia= 62,9 Km./h )	( 1,13 a 1 )

# LA ACCESIBILIDAD POTENCIAL.

## ELEMENTOS BÁSICOS:

**CENTROIDES:** NUDOS GENERADORES DE ACTIVIDAD SOBRE LOS QUE SE CALCULA LA ACCESIBILIDAD.

**NUDOS:** EXTREMO DE TRAMO (INTERSECCIONES FINALES, NUCLEOS DE POBLACIÓN ..

**GRAFO DE LA RED:** RELACIÓN DE NUDOS Y TRAMOS CON DEFINICIÓN DE LONGITUD Y VELOCIDAD

## REDES CONTEMPLADAS:

**RED REAL:** Definido por el Grafo →

LONGITUD TRAMOS: Inventario
VELOCIDAD REAL: Coche flotante
TRAMOS

**RED IDEAL:** Red de Contraste para eliminar el efecto de localización. Unión a vuelo de pájaro entre todos los nudos a idéntica velocidad.

**RED POTENCIAL:** Red Real acondicionando los trazados para que el camino mínimo en tiempo = CM Longitud

# VELOCIDAD EN LAS REDES DE CARRETERAS :

## RED DEL ESTADO

- 1970 71,1 Km/h RED BÁSICA ( 13000 Km )
- 1982 70,3 Km/h
- 1997 92,2 Km/h

## RED AUTONÓMICA

- 1970 57,9 Km/h RED COMPLEMENTARIA ( 27000 Km )
- 1981 62,9 Km/h CATALUÑA ( 4963 Km. )
- 1984 57,2 Km/h ARAGÓN ( 9629 Km. )
- 1986 46,8 Km/h CANARIAS

# PROCESO DE TRABAJO

## 1. PLANTEAMIENTO GENERAL

- Objetivos e Incidencias

## 2. ÁMBITO TERRITORIAL

- Definición Unidades Espaciales y/o Centroides

## 3. ELECCIÓN DE LA RED

## 4. CARACTERIZACIÓN DE LA RED -> Por Tramos

**RED REAL**

**Tiempos** - Coche flotante

**RED POTENCIAL**

**Distancias** - Inventario

Costes - Manual Evaluación

**RED IDEAL**

**Distancias** - Coordenadas Geográficas

**Tiempos** -  $V$  media red

En Tiempo

## 5. OBTENCIÓN DE CAMINOS MÍNIMOS

En Longitud

En Coste

- Entre Centroides
- Resto de nudos con centroides
- Resto de nudos entre sí

## 6. ESTUDIO TERRITORIAL Y ESTRUCTURA DE LA RED

- INDICADORES Y RATIOS ( VER APLICACIONES)

# APLICACIONES DE LA ACCESIBILIDAD POTENCIAL

- **ANÁLISIS DE LAS COMUNICACIONES ENTRE TODOS LOS PARES DE PUNTOS** | - Tiempo  
- Longitud
  - **CAMINOS MÍNIMOS**
  - **ESTABLECER UMBRALES**
  - **MEJORAR LAS RELACIONES POR DEBAJO DE LOS UMBRALES MÍNIMOS**
- 2. ISOCRONAS, ISOCOSTES; ISODISTANCIAS**
  - **LOCALIZACIÓN EQUIPAMIENTOS**
  - **ESTABLECIMIENTO DE ZONIFICACIONES**
- 3. FUNCIONAMIENTO REAL Y ÓPTIMO DE LA RED**
  - **ESTRUCTURA DE LA RED**
  - **JERARQUIZACIÓN DE LA RED**
- 4. DESEQUILIBRIOS EN LA RED. OPTIMIZACIÓN DEFICITS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS**
  - **NECESIDADES DE ACTUACIÓN POR TRAMOS**
  - **EVALUACIÓN DE LAS NECESIDADES**
  - **OBTENCIÓN DE LA ESTRUCTURA ÓPTIMA DE LA RED**
- 5. OFERTA TERRITORIAL. ANÁLISIS INTERCOMARCAL DESEQUILIBRIOS REGIONALES, OFERTA REAL Y ÓPTIMA.**
  - **CUANTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES REGIONALES**
  - **PROPUESTA DE PROGRAMACIÓN**
- 6. ANÁLISIS INTRACOMARCAL**
  - **ESTRUCTURA INTERNA DE LA RED COMARCAL**
  - **DEFINICIÓN DE COMARCAS Y SUS CENTROIDES**
  - **COMPARACIÓN ENTRE COMARCAS**
  - **PROGRAMACIÓN**