



ANÁLISIS DE MOVILIDAD Y METODOLOGÍA DE PROGNOSIS DE DEMANDA DE VIAJEROS ORIENTADA A LA TOMA DE DECISIONES EN CORREDORES FERROVIARIOS.

José María Díaz y Pérez de la Lastra

Profesor de Transporte y Logística.

Fernando Rocillo Brigid; Angel Vega Zamanillo

Doctorandos.

*Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos.
Universidad de Cantabria.*

Avda. de los Castros, s/n. 39.005 Santander. España.

Tfno. 34.42.20.17.54. Fax. 34.42.20.17.03

e-mail: diazjm@ccaix3.unican.es

RESUMEN

La presente ponencia tiene como objeto poner en conocimiento de aquellas personas cercanas al mundo del ferrocarril y su problemática, una metodología para el análisis de la movilidad por modos de transporte en corredores ferroviarios. Esa metodología hace un especial hincapié en el análisis de la demanda actual de viajeros en modo ferroviario y de la obtención de una prognosis de esa demanda ante diversas actuaciones en ese corredor, lo que confiere a la metodología un interés adicional como elemento a considerar ante la toma de decisiones.

Como elemento de contraste de la metodología se propone un Estudio de Demanda Potencial de Viajeros por Ferrocarril (R.E.N.F.E.) de las líneas del tramo Santander-Reinosa (Cantabria) que se desarrollado en el Area de Transportes del Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos de la Uni-

versidad de Cantabria, para la Consejería de Industria, Turismo, Trabajo y Comunicaciones del Gobierno de Cantabria. Junto con la información de partida necesaria para un estudio de este tipo, esto es, información sobre la oferta actual de ferrocarril en cuanto a servicios, estaciones, ocupación, etc., en el tramo de estudio, se ha realizado una amplia encuesta a fin de obtener información concreta respecto a la movilidad de los ciudadanos del entorno de este tramo de ferrocarril.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, y al igual que con anterioridad en otros territorios de nuestro entorno, se han originado, en una comunidad como Cantabria, cambios de ubicación, costumbres y actividades de la población, lo cual ha tenido como efecto una diferente distribución dentro de la región de los lugares de procedencia y destino de los viajes realizados por ferrocarril. El proceso de terciarización de la economía territorial autonómica, unido al desarrollo de la vida, de las relaciones sociales, culturales y recreativas, ha producido otro cambio importante: la distribución durante todo el arco del día de las necesidades de movilidad que antes se concentraban en pocas horas. Ante un sistema interurbano tan dinámico, con exigencias cada vez más complejas, la estructura y funcionamiento de los sistemas de transporte se deben adecuar totalmente y de manera integral en el territorio.

Debido a ello, tener un conocimiento de la demanda del transporte, tanto actual como futura, es fundamental y está vinculado directamente a la posibilidad de elaborar un programa de actuaciones y mejoras, que permita atender a los diferentes requerimientos y necesidades de la sociedad. Por esa razón también es importante conocer las características en términos sociológicos de la demanda de transporte. No solo cuántos, sino quiénes y en relación a qué pautas viajan, cómo lo hacen y podrían llegar a hacerlo.

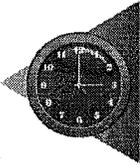
En este caso, además se ha profundizado en el conocimiento de los motivos que podrían justificar un previsible incremento futuro del número de viajeros a partir de cambios y mejoras de los servicios actuales de R.E.N.F.E. dentro de la línea Santander–Reinosa.

Todos estos requerimientos se concretan en una definición de objetivos a alcanzar, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Conocer las características de la demanda actual por ferrocarril y otros modos de transporte en el Corredor objeto de estudio (Santander–Reinosa).
- Analizar las características sociológicas y de movilidad de las personas que viajan dentro del Corredor.



- Determinar la matriz origen-destino de viajeros actual y futura entre todas las paradas del tramo mencionado, contemplando posibles modificaciones en los servicios ofertados por R.E.N.F.E.
- Determinar el grado de utilización de los actuales servicios prestados por R.E.N.F.E.
- Detectar e identificar las deficiencias en los servicios de R.E.N.F.E., proponiendo mejoras de los servicios e infraestructuras.
- Evaluar la variación de la demanda futura de transporte ante posibles modificaciones del servicio realizado por R.E.N.F.E.



A partir de este momento, una vez determinados los objetivos fundamentales del estudio, se está en disposición de plasmar el esquema metodológico que vertebra el desarrollo del mismo, el cual además de contar con el apoyo de datificación de R.E.N.F.E., se fundamenta en la información obtenida de la realización de una amplia encuesta en diferentes localidades pertenecientes al Corredor, y en el establecimiento de una formulación matemática matricial, que tratando los datos obtenidos previamente, permite la determinación de las matrices origen-destino futuras.

2. REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA. EXPLOTACIÓN.

El sistema global de transporte de viajeros, y en particular el ferroviario, aporta un volumen extraordinario de información relativa a los múltiples aspectos que lo componen, articulan y representan, lo cual supone un caldo de cultivo lo suficientemente interesante como para acometer con rigor su estudio y análisis.

Una de las maneras de obtener esta información, quizá la más extendida y completa, se basa en la realización de encuestas. Mediante éstas, y en el caso concreto que nos ocupa, fue posible obtener información de primera mano de los habitantes o residentes de diferentes localidades del Corredor, así como de personas que, aún procediendo del exterior del mismo, utilizan parcial o totalmente los servicios e infraestructuras de transporte integradas en dicho Corredor.

Podríamos clasificar la información obtenida en tres grandes apartados que serán desarrollados posteriormente:

- Información de carácter Sociodemográfico
- Información relativa a la Movilidad de personas.
- Información relativa al Ferrocarril R.E.N.F.E.

Para obtener estos datos se procedió a la realización de diferentes tipos de encuestas; se llevaron a cabo encuestas domiciliarias, encuestas cordón, encuestas en paradas y estaciones de trenes y autobuses y, finalmente, encuestas en empresas ubicadas en diferentes

localidades del Corredor. Con el fin de que los resultados obtenidos mediante las encuestas fueran representativos, fue necesario tener bajo control una serie de aspectos fundamentales entre los que podemos citar: el número y localización de paradas del ferrocarril, la población de las localidades que se ven afectadas por el transporte de ferrocarril en el Corredor, los días más representativos en el volumen de viajes, y el error máximo, determinado a priori, que condicionaba la validez de la encuesta.

El número de encuestas a realizar en cada localidad del Corredor se calculó en función de su población, diferenciándose los municipios grandes (mayores de 12.000 habitantes) de los pequeños (menores de 12.000 habitantes). Sin embargo, para todos ellos se consideró que la población afectada por las estaciones existentes debería estar a menos de un kilómetro de las estaciones (población de influencia). Con el fin de tener un amplio espectro de los viajes realizados durante toda la semana, mediante las encuestas domiciliarias se pudo obtener información acerca de la movilidad de las personas en tres días diferentes: día laborable medio, sábado y domingo. El número total de encuestas que fueron realizadas, según las diferentes tipologías que fueron contempladas es el siguiente:

- Encuestas Domiciliarias: 1.948.
- Encuestas Cordón: 581.
- Encuestas en Paradas y Estaciones de tren y autobús: 1.016.
- Encuestas en Empresas: 360.

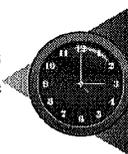
Podría profundizarse mucho más en el diseño, planeamiento y desarrollo de las encuestas, así como en la depuración de los datos obtenidos, pero llegado este punto puede ser más interesante centrarse en los datos que se obtuvieron y que, a la postre, son los que marcan las directrices de actuación en pos de la obtención de las pertinentes medidas correctoras que pudieran llevarse a cabo para la mejora de los servicios.

Si nos fijamos, inicialmente, en los datos de carácter sociodemográfico que han sido obtenidos, nos encontramos los siguientes puntos reseñables:

- La media de miembros por familia en el Corredor es de 3,77.
- La población del Corredor es eminentemente joven (el grupo de edad entre 5 y 40 años supone el 58% de la población total).
- La actividad que ocupa a la población mayoritariamente es el trabajo, con un 32%. En segundo lugar aparecen los estudios con un 24% y las actividades en el hogar con un 20%.
- El 74% de los vehículos disponibles por las familias son automóviles.
- El 49% de las personas desarrollan su actividad laboral en la población en la que residen, el 33% lo hacen en otras localidades del Corredor.



- El 50% de los estudiantes no necesitan desplazarse de su localidad por estudios. Un 37% estudia en otras localidades del Corredor.
- Las zonas de influencia de las empresas se corresponden con las localidades más próximas al lugar de ubicación de las mismas, lo que implica que no se realizan viajes excesivamente largos por motivos laborales.



Si hacemos ahora referencia a diferentes aspectos relacionados con la movilidad en el Corredor Santander-Reinosa nos encontramos con los siguientes datos, teniendo en cuenta que éstos se tienen para personas con una edad superior a cinco años.

- Tanto en los días laborables, como en sábados y domingos, la mayoría de los viajes realizados tienen como destino puntos no demasiado alejados de su origen (ocupación de las celdas de la diagonal de la matriz de viajes).
 - Se produce un decremento en el total de viajes realizados por los habitantes del Corredor en sábados y domingos con respecto a los días laborables.
 - Al analizar los orígenes y destinos de los viajes realizados en el modo autobús, la mayoría de los viajes se generan en Torrelavega y Santander (38% y 31%, respectivamente), mientras que el destino prioritario de los viajes en este modo de transporte es Santander, con un 41% de los viajes.
 - En el caso de los viajes realizados en el tren, y concretamente en R.E.N.F.E., los orígenes se distribuyen más equitativamente.
 - Para un día laborable, la cuota máxima de viajes corresponde a la franja horaria de entre las 12 del mediodía y las 6 de la tarde, con un 41%.
 - En el caso del sábado disminuyen los viajes por motivo de trabajo y sobre todo de estudios; el porcentaje de viajes más significativo se tiene en los viajes realizados a partir de las 6 de la tarde con un 39% (motivo de ocio).
 - En domingo aumentan los viajes realizados hasta las 6 de la mañana.
 - En día laborable la mayoría de los viajes tienen una duración inferior a 15 minutos y el 80% duran menos de media hora (zonas de influencia).
 - En sábado y domingo la duración de los viajes aumenta, de forma que tienen preponderancia aquellos viajes para los que se emplea un tiempo de entre 15 y 30 minutos (42%).
 - El motivo principal de los viajes que se realizan en automóvil en día laborable es el trabajo, con el 36% respecto al total.
 - El autobús es el modo de transporte preferido por los estudiantes para realizar los viajes por motivo docente. Debe considerarse la existencia de numerosos servicios especiales (transporte escolar y universitario), que tienen la ventaja de acercar a los estudiantes hasta el mismo centro de estudios.
-

- El reparto porcentual de los motivos de viaje en el tren (R.E.N.F.E.) está más equilibrado; mientras que los viajes al hogar suponen un 21%, los realizados por motivo de trabajo y estudios representan un 20% respectivamente.
- El 63% de los automóviles están ocupados únicamente por el conductor, mientras que el 28% corresponde a vehículos ocupados por dos personas.
- El 51% de los viajes se realizan todos los días laborables.
- El 80% de los desplazamientos a las paradas y estaciones de tren y autobús se realizan a pie. Lo mismo se puede decir respecto al modo de transporte utilizado para el acceso de la estación o la parada hasta el destino final.

En lo referente a los datos relativos al ferrocarril (Corredor Santander-Reinosa), se ha obtenido información acerca de aquellos aspectos tanto infraestructurales, como de servicio referentes a la línea, que los ciudadanos del Corredor observan son deficitarios o deben ser mejorados. Tras su análisis, se pueden entresacar los siguientes resultados:

- La posibilidad de captación potencial objetiva de viajeros por R.E.N.F.E. en día laborable, asciende como máximo a un 23% del total de viajes realizados en el Corredor.
- La posibilidad de captación de viajeros en sábado es aún inferior (19%).
- La tendencia es la misma si analizamos el caso del domingo (14%).
- En el mejor de los casos, la captación potencial de viajeros que actualmente realizan su viajes en automóvil, no sería superior al 19%.
- El 41% de las respuestas obtenidas en paradas y estaciones de autobús, dentro del Corredor, indican la mayor disposición de utilizar el ferrocarril en vez del autobús para realizar los viajes, si se mejorase el servicio ofrecido.

En cuanto a los servicios susceptibles de ser mejorados o implantados, se resaltarán aquí las opiniones de aquellos viajeros que ante esas mejoras estarían dispuestos a cambiar de modo de transporte y utilizar el ferrocarril. Esas mejoras son las siguientes:

- En día laborable, el servicio más demandado corresponde a la mejora de los horarios (28%), siguiendo en orden de importancia la disminución del precio de los billetes (20%) y la mejora de la accesibilidad a las estaciones (12%).
- Para los usuarios del automóvil, el servicio que más debe mejorar son los horarios (32%).
- El servicio más demandado por los usuarios del autobús, en relación con el ferrocarril, es la mejora de los horarios del mismo, con el 23% respecto al total. Con un 19% le sigue la mejor localización de las estaciones.



- Los usuarios del ferrocarril R.E.N.F.E. inciden prioritariamente en la mejora de los horarios (26%) y en la mejora en la accesibilidad a las estaciones (21%).



3. PROGNOSIS DE DEMANDA. METODOLOGÍA.

3.1. DEMANDA ACTUAL.

Los datos que se han utilizado inicialmente para obtener las respectivas matrices de viajes actuales y futuras, dependiendo de los períodos horarios elegidos, han sido los referentes al número de viajeros que suben y bajan por estación para todos los servicios de los días elegidos, así como las plazas en asientos ofrecidas por R.E.N.F.E. para cada uno de los servicios. Los días elegidos han sido: los días Jueves 11, Sábado 13 y Domingo 14 de Diciembre y los días Jueves 15, Sábado 17 y Domingo 18 de Enero.

Para tomar unos datos iniciales se calculó una media de los valores obtenidos de los dos jueves como valor representativo de un día laborable medio, al igual que de los dos sábados y domingos. Para obtener la ocupación de los servicios, además de la relación de viajeros que suben y bajan, fue necesario conocer las plazas ofertadas en cada uno de los servicios. Los períodos horarios que sirvieron para formalizar las matrices de viaje han sido dos: un primer período de las 0:00 horas hasta las 15:00 horas y un segundo período de 15:00 horas a 24:00 horas, para cada uno de los días seleccionados.

Se ha calculado una matriz por cada día elegido, por sentido y período horario, lo que supone la obtención de un total de 12 matrices.

Tomando como referencia los datos de viajeros que suben y bajan por estación, y aplicando una formulación aproximada a un modelo gravitatorio, las matrices de viajes actuales se han calculado de la siguiente forma:

$$X_{lij} = \frac{\text{SUBE}_i \cdot \text{BAJA}_j}{\text{TOTAL}_{\text{viajeros}}} \quad (1)$$

siendo:

- X_{lij} = viajeros con origen en estación i y destino en j .
- i = estación de origen del viaje.
- j = estación de destino del viaje.

Puesto que el sumatorio de X_{ij} es diferente del numero TOTAL viajeros, se ha realizado una segunda iteración de la siguiente manera:

$$X'_{ij} = \frac{\text{SUBE}_i \cdot \text{BAJA}_j}{\sum X_{ij}} \quad (2)$$

En lo que respecta a la ocupación de los servicios, el rendimiento de las líneas según el día elegido, período horario y sentido de circulación se ha determinado mediante la relación de la plazas por kilómetro utilizadas y las plazas por kilómetro ofertadas.

$$R = \frac{PKU}{PKO} \cdot 100 \quad (3)$$

siendo:

- PKU = plazas por kilómetro utilizadas.
- PKO = plazas por kilómetro ofertadas.
- R = rendimiento.

Las plazas por kilómetro utilizadas se han obtenido mediante el producto de la carga de viajeros entre estaciones y la longitud del tramo de vía entre las mismas.

Las plazas por kilómetro ofertadas se han calculado a partir de una capacidad media por servicio de 260 asientos.

$$PKO = N \cdot 260 \cdot L \quad (4)$$

siendo:

- N = numero de servicios dentro del período horario.
- L = longitud del tramo Santander - Reinos (88,1 Km.).



3.2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS MATRICES DE DEMANDA FUTURA.

Mediante la aplicación de un programa informático bajo el entorno Windows se han logrado obtener las matrices de demanda futura. Los datos iniciales utilizados han sido los siguientes:

- Matriz media de viajes actuales entre estaciones del corredor. $X'1_{ij}$.
- Matriz de viajes actuales a partir del muestreo. B_{ij} .
- Matriz de viajes futuros a partir del muestreo. C_{ij} .

Para el cálculo de la matriz C'_{ij} de posibles viajes futuros se ha considerado la suma de los siguientes grupos de viajeros:

- Los viajeros que han contestado afirmativamente a la realización actual del viaje.
- Los viajeros que han contestado afirmativamente a la posible realización del viaje ante posibles mejoras de los servicios o infraestructuras.
- Los trabajadores de empresas pertenecientes a Torrelavega y Santander que contestaron que realizan o realizarían el viaje por el cual se preguntaba.

El programa realizado a tal efecto, ejecutado por el grupo de trabajo del Área de Transportes de la Universidad de Cantabria, presenta la siguiente formulación:

$$C'_{ij} = C_{ij} \cdot \frac{\sum \frac{X'1_{ij}}{B_{ij}}}{\frac{(n^2 - n)}{2}} \quad (5)$$

Con los siguientes condicionantes:

- Si $B_{ij} = X'1_{ij} = 0$, entonces

$$\frac{X'1_{ij}}{B_{ij}} = 1$$

Si $B_{ij} = 0$ y $X'_{1ij} < 0$, entonces

$$\frac{X'_{1ij}}{B_{ij}} = X'_{1ij}$$

Si $C_{ij} = 0$, entonces

$$C'_{ij} = X'_{1ij}$$

En todo caso

$$C'_{ij} \geq X'_{1ij}$$

4. CONCLUSIONES FINALES.

Los resultados derivados de la aplicación de la metodología expuesta a lo largo de esta ponencia, y que ha sido elemento vertebrador de un estudio de movilidad y pronóstico de demanda ferroviaria en el Corredor Santander-Reinosa, repercute fundamentalmente sobre tres elementos clave del sistema de transporte: la Administración Pública encargada de la política de transporte, las empresas ferroviarias y los usuarios.

En primer lugar, la Administración puede tener conocimiento de la movilidad en los principales núcleos de actividad, de la competencia entre los modos de transporte, de la situación de las infraestructuras de la región, accesibilidad a los modos de transporte, etc., para estar en disposición de tomar las medidas (políticas, de inversión, tarifarias, de subvenciones, regulación, formación, publicidad, etc.) adecuadas a las necesidades generales de la región y particulares de las empresas ferroviarias.

Por su parte, las empresas ferroviarias pueden hacer uso de los resultados para valorar tanto su situación de infraestructura (vías, estado de apeaderos y estaciones, ubicación de los mismos, etc.), como la de sus servicios (horarios, frecuencias, precios, así como los relacionados con la comodidad, atención, seguridad, etc.).

Finalmente, los usuarios son los beneficiarios indirectos de las medidas de mejora que puedan derivarse de las actuaciones mencionadas en los dos puntos anteriores. Entre otros, puede destacarse la mejora de la conectividad entre los modos de transporte, disminución en los tiempos de viaje, adaptación de los horarios a las necesidades del viajero, así como cualquier medida que pueda acercar la oferta del transporte a las demandas de los ciudadanos.

