



Professor Carlos F. Daganzo  
Chancellor Professor of  
The Graduate School

Department of Civil and Environmental Engineering  
416 McLAUGHLIN HALL #1720  
Berkeley, California 94720-1712  
PHONE: (510)-642-3853  
Email: daganzo@ce.berkeley.edu

27 Abril, 2015

Dirección de Transportes de Barcelona, SA

Estimados señores y señoras,

He redactado este memorándum para certificar la validez del estudio del Centro de Innovación del Transporte, CENIT-2015 titulado: "Proyecto de Mejora del Servicio de Bus TMB en la Av. Diagonal" sobre el impacto de nuevos servicios de transporte público en la Av. Diagonal de Barcelona. El memorándum evalúa dos escenarios: (A) una reestructuración del servicio de autobús, que básicamente consiste en el establecimiento de 3 líneas troncales de largo recorrido por la Av. Diagonal: la D30, la 7 y la 33, mientras que las líneas 6 y 34 se convertirían en alimentadoras, y el resto seguirían siendo pasantes o bien circularían por tramos más cortos; y (B) una unión de los tranvías existentes (TramBaix y TramBesòs) por la Av. Diagonal, dejando a esta avenida sin líneas de bus de largo recorrido, ni pasantes en el tramo central, para acomodar el nuevo trazado del tranvía. El trazado de la línea D30, que discurre enteramente por la Av. Diagonal, desde Zona Universitaria hasta el ámbito de Pl. de las Glorias, permite conectar en línea recta y en ambos sentidos los dos extremos actuales del tranvía: Pl. F. Macià y Pl. de las Glorias.

Para la redacción de este memorándum he estado en permanente contacto con el director del estudio, el Profesor Miquel Estrada de la Universidad Politécnica de Cataluña, UPC, y conjuntamente hemos determinado la metodología del estudio y el uso de los modelos más idóneos para garantizar que el resultado obtenido fuera el más robusto posible y presentara una máxima confianza de cara a su futura implementación.

La descripción completa de los escenarios, metodología y modelos utilizados por el CENIT se encuentran detallados en el documento de síntesis del proyecto. Además, por mi cuenta, he realizado diversos cálculos y simulaciones en paralelo para estimar el efecto de ciertas aproximaciones que emplean los modelos utilizados, así mismo he desarrollado también hipótesis lógicas para estimar determinados parámetros con los que elaborar un diagnóstico del escenario (B).

Este memorándum está dividido en dos partes: la primera contiene una certificación de la parte del estudio CENIT-2015 que evalúa el escenario (A) y determina las cargas de las líneas de bus, así como el dimensionado de sus recursos. La segunda parte consiste en un análisis más cualitativo del escenario (B) enfocado a la demanda y a una comparativa del coste/beneficio de los dos escenarios.

CFD

## CERTIFICACION DEL ESCENARIO (A)

1. Las predicciones de uso de todas las líneas de la Av. Diagonal se han calculado correctamente y me parecen realistas. Están óptimamente ajustadas a los datos más recientes de utilización del transporte público, y por tanto reflejan fielmente la demanda actual así como su redistribución debida a los cambios propuestos en el servicio de bus.
2. El dimensionado de las nuevas líneas de autobús y del de aquellas que experimentan modificaciones, basado en los resultados del apartado 1, también se ha realizado correctamente. Por lo tanto, el número y la capacidad de los autobuses empleados serán los adecuados para servir cómodamente a la demanda que se ha obtenido (similar a la actual) incluso con un margen razonable de holgura para acomodar posibles incertidumbres.
3. El nuevo servicio de bus tendrá un impacto mínimo sobre el tráfico en la Av. Diagonal ya que, aunque se mantiene o incluso aumenta su capacidad de transporte en número de plazas por hora en los diversos tramos de esta avenida, el número de pasos de bus por hora medio se reducirá.

Con el objetivo de asegurar completamente la validez del dimensionado de las líneas, he evaluado también el efecto de dos aspectos que pueden dar lugar a un incremento de la demanda y que el modelo no predice, como son: la utilización indistinta, por parte de los usuarios en sus desplazamientos, de autobuses de diversas líneas concurrentes en un tramo común y la coordinación modal en las áreas de intercambio bus-tranvía. El hecho es que estos incrementos no van a originar problema alguno por falta de efectivos. Estos aspectos se concretan en lo siguiente:

Aspecto 1: Todos los modelos de cálculo existentes, al igual del que se ha usado, tienden a minusvalorar los servicios duplicados en corredores ya que por razones técnicas suponen que los usuarios planean sus viajes antes de empezar sus trayectos sin posibilidad de adaptación durante el viaje. Esto no es totalmente así. Por ejemplo, como el nuevo servicio por la Av. Diagonal incluye tres líneas paralelas en buena parte de su recorrido, es lógico esperar que cualquier usuario que se mueva solamente por una parte de los tramos comunes elija subirse a la línea que llegue primero, sin haber tomado ninguna decisión previa. Aunque el modelo no puede considerar este tipo de adaptación, el fenómeno es importante porque le ahorra a los usuarios afectados un promedio que puedo estimar en 1,2 minutos de espera. Esta diferencia es muy significativa ya que representa más del 10% del coste temporal del viaje por dicho tramo, hecho que puede originar la captación de más pasajeros de los predice el modelo, del orden de un 5% aproximadamente.

Aspecto 2: El modelo tampoco puede tener en cuenta la sincronía que se pudiera programar en las transferencias D30 – tranvía, tanto en un extremo como en el otro. Esto podría reducir el tiempo de conexión bus-tranvía en más de 2 minutos de promedio. Por tanto, al igual que ocurría con el aspecto 1, este beneficio también incrementaría la utilidad y el uso de la línea D30 por encima de lo que predice el modelo, aunque el efecto global deberá ser menor que en el aspecto anterior porque el número de viajes también es menor.

Finalmente, hay que tener en cuenta que en general las predicciones sobre la demanda debido a su naturaleza inherentemente están asociadas a una alta variabilidad. Por lo tanto hay que estar preparados para posibles cambios en relación a la demanda predicha, que es similar a la actual. Estos cambios son inevitables con el paso del tiempo y la evolución de la ciudad. Por esta razón me parecen correctos los márgenes de holgura que se han planeado, que podrán absorber un incremento de hasta un 20-30% sobre la demanda que se anticipa.

## OPINION DEL ESCENARIO (B) Y COMPARACION CON EL ESCENARIO (A)

En este escenario las dos redes de tranvía (TramBaix y TramBesòs) se unirían por la Av. Diagonal, convirtiéndose en una red única. En este escenario se eliminan de la Av. Diagonal las líneas de bus de largo recorrido, así como las pasantes en el tramo central.

La nueva infraestructura tranviaria se caracteriza por una mayor velocidad comercial y una mayor separación entre paradas respecto al autobús. Pero a diferencia de éste, el tranvía requiere más espacio. Esta necesidad restringiría el tráfico de coches y anularía el servicio de autobuses por el tramo central de la Av. Diagonal, con el consiguiente incremento de nivel del tráfico en las calles del distrito del Eixample.

Esta mayor velocidad comercial, con las prestaciones actuales, estimo que produciría una reducción del tiempo de viaje de un pasajero del tranvía en unos 8 minutos para un viaje largo que incluya la mayoría del nuevo trayecto. Desafortunadamente esto tiene un inconveniente que en mi opinión es muy serio. Para obtener dicha velocidad comercial es necesario dar prioridad al tranvía con las señales de tráfico y quitarle algo de verde a todas las calles que cruzan su trazado. Como los tranvías pasarían cada 2 minutos (contando ambas direcciones) y los ciclos de las señales de tráfico son del orden de 90 segundos estimo que casi todos los ciclos serían afectados por la prioridad y que esto reduciría en unos 10 o 15 segundos la cantidad de verde que se le podría dar a las calles que cruzan la Diagonal. Esta reducción es un porcentaje grande del verde posible y disminuiría considerablemente la capacidad de dichas calles. Esto demoraría al tráfico e incrementaría la congestión y sus efectos medio-ambientales. Estas demoras también afectarían negativamente los servicios de autobús que tengan que acceder o cruzar la Diagonal. En resumen, opino que la alta velocidad comercial del tranvía solo se puede obtener creando un efecto "barrera" por la Diagonal que tendería a separar dos partes de la ciudad.

Además existe otro factor que favorece la velocidad del tranvía, que no es otro que la mayor separación entre sus paradas, y esto conlleva mayores tiempos de acceso andando que hay que considerar. Dadas las separaciones que se plantean, estimo que la distancia de acceso caminando se incrementa en unos 100 metros comparada con la del autobús - este es el promedio a lo largo de la Av. Diagonal, lo cual hace que el tranvía incremente el tiempo medio de acceso al servicio Diagonal en unos 2 minutos.

El tercer apartado a considerar son las transferencias. Las líneas de autobús que circulan por la Av. Diagonal pueden compartir paradas entre ellas pero en una gran mayoría no con el tranvía. Esto último hace que las transferencias intermodales de tranvía-Diagonal a otros buses añadan otros 2 minutos extras de promedio.

Estos dos últimos resultados indican que la mayoría de los viajeros que usen el servicio tranvía-Diagonal (viajes que incluyan además de una travesía por la Av. Diagonal, una transferencia al servicio general de autobús) requerirán en comparación con el escenario (A): 2 minutos más para acceder al tranvía y otros 2 minutos más para hacer la conexión con el bus general. Por lo tanto el escenario (B) añade un tiempo extra de 4 minutos a pie de promedio. Como bien es sabido, los usuarios valoran el tiempo de acceso y transferencia por lo menos el doble que el tiempo dentro del vehículo - y algunos estudios indican que lo valoran 3 veces más. Esto quiere decir que el tiempo que añade el escenario (B) (8 minutos equivalentes) no está compensado por la reducción de tiempo dentro del vehículo, que está limitada a 8 minutos en el mejor de los casos.

Una desventaja final del Escenario (B) es que el tranvía da peor servicio temporal (4 min) que las tres líneas combinadas de largo recorrido, que pasarían conjuntamente cada 2 minutos. Esto conlleva un aumento en el tiempo de espera para pasajeros que puedan usar estas líneas de aproximadamente 1 minuto. Estimo que más de un 50% de los viajeros por tranvía serían de este tipo.

En vista de todo esto, estimo que la mayoría de pasajeros que pueden salir beneficiados por el escenario (B) son viajeros que se desplacen de un extremo de la Av. Diagonal al otro. Estos viajeros podrían viajar sin trasbordo, y su dificultad de acceso temporal y espacial al tranvía podría ser compensada por su reducción en tiempo de viaje debida a la mayor velocidad comercial. Desafortunadamente para el escenario (B), las simulaciones que he hecho me indican que muy pocos viajes (menos de un 1% del total de los viajes por transportes públicos en Barcelona) podrían pertenecer a esta categoría. Los resultados del CENIT del escenario (B) confirman estas ideas a las que he llegado por mi cuenta.

Además, del estudio de CENIT se puede deducir lo siguiente:

- (a) En la situación actual, la demanda correspondiente a las líneas de largo recorrido por la Av. Diagonal (6, 7, 33 y 34) se puede cifrar en unos 36.000 viajes/día.
- (b) En el escenario (A) la demanda correspondiente a las líneas de largo recorrido por la Av. Diagonal (D30, 7 y 33) es de unos 50.000 viajes/día. El incremento en la captación de 14.000 pasajeros/día es debido en parte a la mejor conexión con el resto de la red de autobuses así como también al hecho de que la línea D30 enlaza los tranvías. La captación es un indicador del valor añadido por los nuevos servicios de autobús, ya que estos 14.000 pasajeros elijen viajar por la Av. Diagonal porque en el escenario (A) tienen una opción mejor que hoy en día. Recordemos también que este escenario no afectaría en absoluto al tráfico en Barcelona ya que el flujo de buses (nº de pasos por hora) por la Av. Diagonal es algo menor que en la situación actual.
- (c) En el escenario (B), como anticipaban mis cálculos, el número de usuarios de transportes públicos por la Diagonal se reduce notablemente a unos 24.000 pasajeros/día, lo que disminuye el número de pasajeros diarios actual en unos 8.000. Estos pasajeros sufren una significativa penalización ya que tendrán que utilizar una opción peor que la que usan hoy en día. Debemos también recordar que el tranvía, para conseguir su mayor velocidad, crearía un efecto barrera que empeorara el tráfico y el servicio de autobús en otras partes de la ciudad, con consecuencias medioambientales negativas.

En resumen, con respecto al autobús, el tranvía eliminaría de la Av. Diagonal una demanda de unos 22.500 viajes/día (casi tanto como los que llevaría el mismo tranvía en la sección central de la Av. Diagonal, entre Pl. F. Maciá y Pl. de las Glorias) y perjudicaría seriamente al resto de los transportes de la ciudad que tienen que cruzarla.

#### CONCLUSIONES:

Los cálculos del estudio, junto con las consideraciones cualitativas realizadas para el escenario (B) y los datos económicos disponibles de los informes anuales de los distintos organismos y administraciones que se me han facilitado, me permiten concluir lo siguiente sobre ambos escenarios:

- (i) El dimensionado del servicio Diagonal en el escenario (A) es robusto y es capaz de dar respuesta a la demanda del eje con una holgura suficiente para eventuales incrementos futuros de demanda, y con un buen nivel de servicio. El escenario (B) no ha sido evaluado con el mismo detalle, aunque estimo que se ajusta menos a las necesidades de la ciudad en general y a los usuarios de transporte público en particular.
- (ii) El escenario (A) afectará al tráfico privado y a los autobuses significativamente menos que el escenario (B) y no provocará aumento de nivel de servicio del tráfico privado en todas las vías mar-

montaña y horizontales que cruzan la Av. Diagonal, ni afectará a la circulación de las líneas de bus que utilizan esas vías.

- (iii) El escenario (A) dará mejor nivel de servicio a los usuarios de transporte público de Barcelona ya que el sistema bus-Diagonal es más flexible, se adapta mejor a la demanda, cuya gran mayoría no se desplaza exclusivamente por el eje de la avenida, sino que proviene de y se dirige a otros puntos de la ciudad, y además los servicios de TP sobre la Av. Diagonal estarán mejor coordinados entre sí y mejor integrados con la mayoría de los otros servicios de TP en Barcelona.
- (iv) Aunque los vehículos de los dos escenarios son comparables en términos de sostenibilidad medioambiental, puesto que las líneas de bus troncales van a utilizar vehículos de tracción eléctrica (eléctricos puros en la D30 e híbridos en las líneas 7 y 33), el escenario (B) puede provocar un aumento de la congestión con un impacto medioambiental negativo.
- (v) En términos económicos, el escenario (A) también debería ser preferido al (B) ya que el tranvía es más costoso. Los datos históricos que he visto indican que los viajes por tranvía requieren una subvención mayor por parte de las administraciones públicas que el bus, lo cual es lógico debido a su alto coste y poca demanda en Barcelona. Como ya he comentado, la demanda por tranvía continuara siendo pequeña, por lo que las altas subvenciones tendrían que continuar.

Sinceramente,



Carlos F. Daganzo  
Chancellor Professor of the Graduate School