

EVALUACION DE SISTEMAS TARIFARIOS PARA EL METRO DE SANTIAGO DE CHILE

Tristán E. Gálvez
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile
Casilla 228-3, Santiago.

Jorge Videla
CITRA Ltda., General del Canto 487, Santiago.

RESUMEN

El Metro de Santiago de Chile aplicó en sus primeros tiempos una tarifa plana, independiente del origen y destino del viaje y del periodo en que éste se realizaba. Posteriormente fueron introducidas variantes tales como tarificación diferenciada por línea, incluyendo o no un cobro adicional por pasar de la línea de menor precio hacia la otra. Los estudios de demanda realizados han indicado que el Metro podría mejorar sus resultados financieros y/o incrementar el número de pasajeros transportados mediante una mayor diferenciación tarifaria, así como mediante la introducción de boletos multiviajes. Sin embargo, la tecnología de control de acceso actualmente utilizada impone severas restricciones que no permiten desarrollar estas potencialidades. En este trabajo se presenta la metodología y resultados obtenidos en la evaluación de inversiones en nuevos dispositivos y tecnologías de control de acceso, tanto desde el punto de vista privado como social.

Se presenta en primer lugar una somera descripción del Metro de Santiago, junto a una caracterización socioeconómica de sus usuarios. A continuación se estudian diversas alternativas tecnológicas, cada una de ellas ligada a un máximo grado de diferenciación tarifaria posible, y se cuantifican los costos de inversión de cada una. Los efectos de cada alternativa son simulados mediante el modelo TOM2, que computa tanto variaciones en la demanda captada como en los costos de operación. Sin embargo, cada alternativa de estructura tarifaria es compatible con diversos niveles de tarifas, cada uno de los cuales está asociado a diferentes niveles de afluencia de pasajeros y de resultados financieros del Metro. Ello plantea dificultades para lograr indicadores de rentabilidad insesgados. La metodología utilizada consiste en evaluar mediante interpolación los niveles de demanda captada en cada alternativa para un resultado financiero dado. Ello permite evaluar socialmente la inversión pues posibilita el cómputo del excedente marshalliano. La evaluación privada se realiza también por interpolación, esta vez manteniendo constante la demanda captada y examinando los cambios resultantes en el resultado financiero. Finalmente, se presentan las principales conclusiones obtenidas y se discute las posibles direcciones de mejoramiento de la metodología empleada.

1. INTRODUCCION.

El mercado atendido por el Metro de Santiago de Chile puede ser caracterizado por el origen, destino y período del día en que el viaje se realiza. Al reconocer esta forma del producto se plantea la necesidad de establecer una estructura tarifaria consistente con esta definición. Una solución particular sería establecer una tarifa independiente de esta caracterización, y ha correspondido a la estrategia adoptada en una primera etapa por la Dirección General de Metro.

La conveniencia de ofrecer una desagregación mayor surge en la medida que estos productos sean efectivamente valorados de manera diferente por los usuarios, o que el costo de proveerlos sea significativamente distinto, o bien que concurren ambas condiciones. Esto ha motivado al Metro a ofrecer una mayor diferenciación tarifaria; así, se ha introducido en diversas épocas tarificación diferenciada por línea, incluyendo o no un cobro adicional al pasar de la línea de menor precio hacia la otra.

La excesiva diferenciación en las tarifas conlleva problemas de carácter operativo o requiere de sofisticados sistemas de control de acceso. Por otro lado, el resultado financiero y nivel de pasajeros transportados dependerá de la estructura y niveles tarifarios. Por lo tanto, no sólo está presente la dificultad de establecer el nivel de las tarifas, si no también el número de tarifas a ofrecer para satisfacer los objetivos empresariales de manera óptima.

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos al modelar diferentes estructuras tarifarias para el Metro de Santiago, consistentes con la tecnología existente para su implementación, y se desarrolla una metodología que permite evaluar las inversiones en dispositivos de control de acceso.

Este trabajo es producto de una serie de estudios realizados para la Dirección General de Metro por la firma CITRA LTDA. El objetivo principal de estos estudios fue el desarrollo de un marco teórico adecuado para tarificar (Jara-Díaz, 1985) y la evaluación de estructuras tarifarias alternativas (CITRA, 1989) con el objeto de seleccionar la más adecuada desde el punto de vista de los objetivos del Metro. Dado lo anterior, la información contenida en el trabajo corresponde en general a 1988, época en la cual, por ejemplo, la tarifa escolar aún no había sido establecida.

2. EL METRO DE SANTIAGO.

El nivel y estructura tarifaria óptimos de un sistema de transporte dependerá estrechamente de las características de la demanda, así como de los objetivos empresariales, lo cual hace que ambos aspectos constituyan elementos centrales para desarrollar una estrategia tarifaria.

El Metro de Santiago compete con otros modos en una gran diversidad de mercados, atendiendo en 1988 una demanda del orden de 500 mil viajes diarios. Cuenta con dos líneas interconectadas, de 24 y 13 estaciones respectivamente, cubriendo una extensión de 27 kilómetros.

La Tabla N°1 entrega la partición modal en Santiago para los períodos punta y fuera de punta.

TABLA N° 1
PARTICION MODAL EN SANTIAGO (1988)

	Punta	Fuera de Punta
Auto	18.6	19.5
Transporte Público (de superficie)	46.0	39.8
Metro	4.8	8.8
A pie	30.6	31.9

Esta participación corresponde a una estimación considerando los viajes en el Gran Santiago, luego en los corredores de Metro éste aumenta su participación. Por otra parte, es esperable que debido a la heterogeneidad de los diversos mercados servidos por el Metro, su participación varíe entre mercados.

Los principales factores que contribuyen a la heterogeneidad de los mercados y por lo mismo a establecer un sistema tarifario diferenciado son:

a) El nivel socio-económico medio de los usuarios que acceden al Metro en diversos puntos de la red. En términos generales, los usuarios de alto nivel de ingreso, concentrados mayoritariamente alrededor de la línea 1 Oriente, se caracterizan por tener relativamente baja desutilidad marginal de la tarifa. Ello significa por ejemplo que un aumento tarifario dado produce una reducción relativamente pequeño del flujo de pasajeros. En cambio, los usuarios de bajo nivel de ingreso, concentrados por ejemplo alrededor de la línea 1 Poniente, se caracterizan por tener una alta desutilidad marginal de la tarifa, lo cual implica que una reducción tarifaria dada produce un aumento relativamente grande del flujo de pasajeros. Este ejemplo ilustra un resultado clave: que la diferenciación tarifaria puede producir simultáneamente un aumento en los ingresos brutos y en los flujos de pasajeros.

b) La componente temporal es también relevante. Tomando como ejemplo nuevamente la Línea 1 Oriente, en dirección al Centro, una proporción importante de los viajes en la punta mañana corresponden a viajes al trabajo, los cuales son en general menos elásticos a la tarifa. Sin embargo, en el período normalmente llamado fuera de punta predominan viajes con otros propósitos que en general son más elásticos. Por último, en la punta de la tarde predominan viajes de regreso al hogar por parte de usuarios de menor nivel socio-económico, lo cual hace que este segmento de mercado sea también relativamente elástico.

c) La calidad y costo de los modos competitivos con el Metro también incide en la elasticidad de la demanda. Entre los factores principales cabe destacar el nivel de congestión en las vías de superficie, que incide en los tiempos de viaje de automóviles y buses, así como la existencia o inexistencia de servicios de buses directos entre pares Origen / Destino específicos. Por ejemplo, para viajes entre Línea 2 sur y Línea 1 Oriente no

existen servicios directos de transporte público de superficie, lo cual reduce la elasticidad de la demanda del Metro entre estas zonas con respecto a la que tendría si dichos servicios de superficie existieran.

d) La existencia de grupos o segmentos de usuarios separables del resto y que reciben, o podrían recibir, un tratamiento discriminado. El ejemplo más claro son los estudiantes, que disponen de tarifas rebajadas en los buses, y que a la fecha del estudio no contaban con tarifa rebajada en el Metro.

Estos aspectos favorecen la diferenciación tarifaria, ya sea para un objetivo de máximo beneficio privado o bien de máximo beneficio social. Aún más, se mostrará que es posible incrementar simultáneamente la afluencia de pasajeros y los ingresos operacionales.

3. PLANTEAMIENTO FORMAL DEL PROBLEMA.

La tarificación de servicios de transporte es una herramienta de política que puede ser usada para alcanzar los objetivos empresariales. Por lo tanto, un aspecto central será la caracterización adecuada de estos objetivos, de manera de desarrollar e implementar las estrategias tarifarias que los representen.

En el caso de una empresa privada, normalmente se asume que su objetivo es la maximización de ganancias. Sin embargo, en el caso del Metro, como en toda empresa pública, el planteamiento de objetivos resulta más complejo. Objetivos tales como lograr mayor eficiencia en la operación, reducir costos de operación o garantizar un servicio eficiente a los usuarios, figuran entre las prioridades normales de este tipo de empresas. Como una manera de explorar el ámbito de posibilidades se estudian los efectos de adoptar los siguientes objetivos:

- a) Maximizar ganancias.
- b) Maximizar beneficio social, de acuerdo a la regla del inverso de la elasticidad.
- c) Maximizar la afluencia de pasajeros, con tarifas no negativas y cubriendo costos de operación.
- d) Maximizar la afluencia de pasajeros, cubriendo costos de operación con tarifas mayores que los costos marginales.
- e) Maximizar la afluencia de pasajeros, sujeto a obtener un nivel de ganancias predeterminado.

Estos objetivos tarifarios son compatibles con diferentes estructuras tarifarias, entendidas como las diferentes clases de tarifas existentes y a qué pares origen-destino se aplican. Las características de la demanda, del servicio prestado por el Metro y de sus objetivos empresariales condujo a estudiar las siguientes estructuras tarifarias:

Base: Corresponde a la estructura tarifaria vigente a fines de 1988, con el nivel tarifario alzado de modo de generar una utilidad de \$62 millones.

Nivel 1: Máxima diferenciación tarifaria posible con los torniquetes existentes a dicha fecha.

Nivel 2: Máxima diferenciación tarifaria posible con la introducción, sólo en las entradas al Metro, de torniquetes capaces de identificar una mayor diversidad de códigos, así como leer y grabar información. Se hace posible tarificar por período e introducir cartas multiviajes.

TOM: Situación teórica de referencia que representa la máxima diferenciación tarifaria irrestricta que el programa TOM puede modelar.

4. METODOLOGIA DE MODELACION.

Para representar y modelar estos objetivos se adoptó el marco teórico desarrollado por Jara-Díaz (1985), donde se hace uso de una representación analítica de las funciones de costo y demanda. Esta metodología se ha implementado en los modelos computacionales TOM (Jara-Díaz y Farah, 1986) y TOM2 (Jara-Díaz y Videla, 1989). Estos modelos integran la información total sobre demanda y costos y entregan los siguientes resultados:

- Afluencia de pasajeros al Metro para cada par origen-destino.
- Ingresos totales de la operación.
- Costos totales de operación.
- Tarifas óptimas para cada caso.

La validez de los resultados entregados por estos modelos depende de la correcta representación de las funciones de demanda y costos de operación. El principal objetivo del estudio de demanda fue determinar el efecto sobre la afluencia de pasajeros que tendrían los cambios propuestos en el nivel y estructura tarifaria. Este efecto puede ser caracterizado según qué etapa del modelo de demanda afecte; es decir, generación de viajes, distribución o partición modal. El rango de variación esperado en las tarifas de Metro aconsejó considerar las etapas de generación y distribución constantes. Es decir, el cambio en la demanda por Metro provendrá del abandono del sistema hacia otros modos o de éstos hacia el Metro.

Por lo tanto, se consideró que variaciones en las tarifas afectaría solamente la etapa de partición modal, efecto que fue modelado mediante el uso de dos Modelos Logit Multinomiales (Jara-Díaz y Ortúzar, 1989) que incorporan los últimos desarrollos teóricos en la especificación del ingreso en la función de utilidad (Jara-Díaz y Farah, 1987). Con el objeto de recoger las diferencias socioeconómicas entre diversos sectores de la ciudad, fueron utilizados dos modelos diferentes. El primero fue calibrado para viajes desde la zona oriente al centro, y se consideró representativo de todos los viajes con origen en la zona oriente, cualquiera fuera su destino, así como los viajes con origen en la zona céntrica y destino en la zona oriente. El segundo modelo fue calibrado para viajes desde la zona sur al centro, y fue considerado representativo de todos los viajes restantes.

El estudio de demanda también fue dirigido a determinar la aceptación por parte de los usuarios de sistemas más sofisticados de cobro; en particular, se realizó una encuesta tendiente a evaluar la aceptación de boletos o cartas multiviajes. Estas cartas podrían ser introducidas al sistema de adoptarse elementos de cobro de mayor sofisticación. Estos boletos pueden ser utilizados un número predeterminado de veces y son devueltos al usuario, salvo en el último viaje en el cual son retenidos. De este modo se produce un ahorro para el Metro por menores costos de fabricación y venta de boletos, así como múltiples beneficios para los usuarios en términos de comodidad y ahorro de tiempo y dinero.

El estudio de los costos de operación fue dirigido para determinar el impacto en éstos de diferentes niveles de afluencia de pasajeros. El principal objetivo fue la obtención de costos marginales por sector de la red de Metro, definidos como el costo adicional que significa para el metro transportar un pasajero más. La metodología para lograrlo se basó en los más recientes avances en teoría de multiproducción, dado que el Metro produce conjuntamente una gran diversidad de servicios.

5. RESULTADOS DE LA MODELACION.

La modelación incluyó dos etapas claramente definidas, en una primera etapa se encuentra la modelación de los costos de operación y de la demanda y en una etapa posterior se encuentra la simulación con el modelo de tarificación (TOM).

Para la modelación de los costos de operación fue necesario un laborioso análisis de las series de datos sobre afluencia mensual de pasajeros y costos mensuales de operación por ítem: Energía, Repuestos y Materiales, Administración y otros, Boletos. En este estudio se utilizó como punto de partida las especificaciones encontradas por Jara-Díaz y Vigouroux (1986). Las series de datos allí obtenidas fueron complementadas para cubrir un período mayor y las funciones recalibradas utilizando técnicas de regresión lineal múltiple, logrando expresar estos costos como función de la afluencia de pasajeros.

A partir de las expresiones obtenidas, se obtuvo los costos marginales por diferenciación, los cuales se detallan en la Tabla N° 2.

En la modelación de la demanda se consideró los siguientes modos competitivos: auto chofer, auto acompañante, bus y taxi colectivo. Se consideró además explícitamente los viajes combinados Bus-Metro.

Las variables de nivel de servicio (tiempo de viaje, tiempo de espera, caminata de acceso y costo) y las características socioeconómicas de los usuarios (nivel de ingreso, sexo, posesión de automóvil y licencia de conducir), requeridas por los modelos de demanda, fueron obtenidas del Estudio Estratégico de Transporte del Gran Santiago ESTRAUS (CIS-SK, 1990). Dado que no resultaba práctico trabajar con todos los pares de estaciones de la red de Metro, se seleccionó una muestra representativa de ellos a la cual se aplicó el modelo de demanda. Dicha muestra contiene 16 pares origen-destino para el período fuera de punta, y 20 pares para el período punta.

TABLA N°2
COSTOS MARGINALES POR PASAJERO TRANSPORTADO
Y ZONA DE INGRESO A LA RED
(\$ de Diciembre de 1988)

Zona	Punta	Fuera Punta
1: San Pablo - Moneda	18.2	18.5
2: U.de Chile - Salvador	13.8	14.1
3: M. Montt - E. Militar	15.4	15.6
4: Los Héroes - Franklin	23.4	23.4
5: El Llano - Lo Ovalle	18.2	18.3
6: Santa Ana - Cal y Canto	18.7	18.8

En lo que se refiere a la aceptación de las cartas multiviajes, la encuesta realizada a los usuarios permitió establecer que el volumen de venta de cartas sería probablemente similar (o a lo sumo superior en alrededor de un 10%) a la venta actual de carnet.

A partir de esta representación de los costos de operación y de la demanda se alimentó el programa TOM2, el que entrega las tarifas óptimas para los criterios en estudio. Es decir, dada la representación de la demanda, el modelo entrega 16 tarifas para el período punta y 20 tarifas para el período fuera de punta.

Las tarifas necesarias para cumplir los objetivos b) c) y d) identificados en la Sección 3, resultaron en términos prácticos casi idénticas. Para todas ellas las ganancias del Metro son nulas y la afluencia de pasajeros es máxima. El caso a) es completamente diferente, presentando la mínima afluencia entre todos los estudiados, y un nivel de ganancias posible del orden de \$470 millones por mes (moneda de Diciembre de 1988). El caso e) es en realidad una serie de casos que cubren niveles de ganancia intermedios entre los casos a) y d).

La Tabla N°3 presenta los resultados obtenidos al cambiar niveles tarifarios, pero manteniendo la estructura tarifaria actual, adoptada como base en la etapa de evaluación y que contempla 3 tarifas - Línea 1, Línea 2, y peaje de Línea 2 a Línea 1 - que además están relacionadas entre sí: la tarifa de Línea 2 es la mitad de la tarifa de la Línea 1 e igual al peaje, salvo eventuales redondeos. Ello hace posible representar el nivel tarifario mediante un solo parámetro, pues al fijar una cualquiera de las tres tarifas las restantes quedan determinadas.

La estrategia de diferenciación tarifaria se basa en el hecho de que un cambio en el nivel tarifario por sí solo no produciría beneficios significativos desde el punto de vista social, ya que los eventuales mayores ingresos del Metro serían contrarrestados por una reducción similar en el excedente del consumidor aplicado a sus usuarios. Tampoco produciría un efecto positivo desde el punto de vista de los objetivos del Metro, dado que un aumento de ingresos implicaría necesariamente una reducción en la afluencia de pasajeros.

Tabla N° 3
EFECTOS DE LA ADOPCION DE DIVERSOS OBJETIVOS
(\$ DE DICIEMBRE DE 1988)

Caso	Tarifas			Afluencia Millones pax/mes	Ganancias \$ Millones por mes
	Línea 1	Línea 2	L2 a L1		
a)	198	99	99	4.37	375
b) c) y d)	46	23	23	11.75	0
e)	53	26	26	11.30	60

Por lo tanto, la base de la estrategia debe ser un cambio en la estructura tarifaria, reflejada por ejemplo en una diferenciación tarifaria por origen, destino, hora de viaje y tipo de usuario.

En la Tabla N°4 se presentan los resultados obtenidos de modelar las estructuras Base, Nivel I, Nivel II y TOM. En estas estructuras se ha impuesto un nivel de utilidades de \$62 millones, y ellas se diferencian en el nivel de afluencia captada.

La estructura tarifaria óptima obtenida finalmente para el Nivel I considera tarificación diferenciada por zona acceso a la red, definiéndose tres zonas: Escuela Militar- Moneda, República- San Pablo y la tercera zona corresponde a la Línea 2 incluyendo Los Héroes. El nivel II considera el mismo grado de diferenciación espacial incorporando la tarificación por período.

Los resultados anteriores muestran que, a igualdad de otros factores, el nivel de afluencia crece con la desagregación tarifaria. La Figura 1 representa la relación encontrada entre la afluencia y los niveles de ganancias para cada una de las estructuras tarifarias modeladas. Lo que se desea realmente evaluar es si el aparente desplazamiento de la curva de demanda percibida por el Metro compensa o justifica los costos de inversión asociados para implementar tecnologías de cobro de peaje consistentes con estas estructuras. Ello plantea un difícil problema de evaluación, dado que se debe valorizar en términos monetarios el incremento en el número de pasajeros para poder compararlo con las inversiones necesarias. En el punto siguiente se desarrolla la metodología de evaluación correspondiente.

TABLA N°4
(\$ Diciembre 1988)

Pares Origen/Destino	Tarifas Sit.Base	Tarifas Nivel I	Tarifas Nivel II P./F.P	Tarifas TOM P./F.P.
Esc.Militar- Salvador Tobalaba-Est.Central Los Leones-El Llano Baquedano-Moneda Moneda-Tobalaba Baquedano-Ecuador Esc.Militar-U.Chile	53	58	70 / 55	67/48 175/65 142/82 60/26 59/42 96/69 117/44
Las Rejas-P.de Vald. San Pablo-Los Héroes San Pablo-Baquedano San Pablo-E.Central San Pablo-U.de Chile Las Rejas-Franklin	53	25	25 / 25	15/43 27/-- 37/-- 18/18 60/18 32/27
C.del Niño-Los Leones Departam.-Est.Central Lo Ovalle-U.de Chile Lo Ovalle-Baquedano	55	41	43 / 37	44/58 23/25 23/-- 78/--
Lo Ovalle-El Llano Lo Ovalle-Los Héroes Sta.Ana-Lo Ovalle	27	41	43 / 37	35/35 91/56 35/46
Afluencia Mensual (millones de pax)	11.31	11.48	11.50	11.53

6. METODOLOGIA DE EVALUACION.

Con el objeto de lograr una mejor comprensión del problema, en la Figura N°2 se ha representado la relación afluencia-ganancias para cada una de las alternativas. Esta figura fue generada corriendo un gran número de alternativas con diversos niveles tarifarios para cada una de las estructuras evaluadas. La forma aparentemente lineal de las curvas obtenidas se debe solamente a que dentro del margen de variación incluido en la figura la curvatura no es apreciable.

Supondremos que el punto A de la Figura N°2 corresponde al nivel tarifario actual. Se observa que si se desea aumentar ganancias sin modificar la estructura tarifaria, debemos movernos a lo largo de la línea para la situación base, por ejemplo, al punto A1, pero ello significa una menor afluencia y una elevación del nivel tarifario.

Sin embargo, al pasar al Nivel 1, el Metro puede elegir entre aumentar la afluencia manteniendo la ganancia (paso de A a B), mantener la afluencia aumentando la ganancias (paso de A a B1), o aumentar ambos valores (paso de A a B2). Los puntos en los cuales la afluencia y la ganancia no son inferiores a los de la situación base quedan contenidos en el trazo BB1.

Fueron planteados dos criterios de evaluación. El primero supone que, a partir del punto inicial A de la Figura 2, se pasa a un punto B1 de igual afluencia (con lo cual el excedente del consumidor puede considerarse aproximadamente constante) pero con mayores ganancias para el Metro. Estas mayores ganancias constituyen un beneficio potencial que puede ser comparado con los costos de inversión para producir indicadores de rentabilidad a nivel privado. Sin embargo, dado que el Metro planteó explícitamente que no deseaba aumentar su nivel de ganancias por encima del nivel base, se puede considerar que, para el Metro, el punto B es preferible al punto B1, lo cual indica que los beneficios del punto B deben ser iguales o superiores a aquellos del punto B1. Por lo tanto, la rentabilidad privada descrita puede ser considerada como una cota inferior para los beneficios.

El segundo criterio consistió en estimar los beneficios del paso del punto A de la Figura 2 al punto B. En ambos casos el Metro está cubriendo sus costos y generando el mismo nivel de ganancias, por lo cual el excedente del productor puede ser considerado aproximadamente constante entre ambas situaciones. En este caso, el beneficio social estará dado por la variación en el excedente del consumidor, que puede estimarse aproximadamente utilizando la conocida regla de un medio.

Se decidió finalmente emplear una combinación de estos criterios, utilizando como estimador de beneficios la menor de las dos cifras obtenidas con la aplicación de cada criterio.

7. RESULTADOS DE LA EVALUACION.

En la Tabla N°5 se presenta los principales resultados obtenidos con este método de evaluación.

TABLA N°5
RESUMEN EVALUACION
(Miles de \$ Diciembre de 1988)

	Alternativa Nivel I	Alternativa Nivel II
Inversión	4.000	426.250 (*)
Beneficios Netos	19.480	114.069
Tasa de rentabilidad inmediata	4,85	0,27

Para el Nivel I la inversión consiste básicamente en software e infraestructura. En el Nivel II la inversión fundamentalmente se concentra en torniquetes. Se ha considerado un valor unitario de US\$17 mil y 143 equipos nuevos.

El análisis de sensibilidad, que se ha hecho a los resultados de la evaluación del Nivel II, ha mostrado que es posible una inversión de hasta US\$32 mil por cada torniquete y que aún en un escenario de baja participación de la carta de viajes el proyecto sería rentable.

De los resultados presentados se desprende que la alternativa Nivel II es la más conveniente.

8. CONCLUSIONES.

Dada la altísima rentabilidad encontrada para la alternativa Nivel I, se recomendó implementarla de inmediato. Sin embargo, dado que la alternativa Nivel II era también rentable, se recomendó iniciar los trabajos previos a su implementación en el más breve plazo posible.

Para implementar la alternativa Nivel II, la modificación mínima es el reemplazo de los cabezales de lectura actuales por nuevos cabezales capaces de reconocer un mayor número de códigos, así como grabar información en la banda magnética de los boletos. Esta solución no implica modificación alguna en los elementos mecánicos de los torniquetes actuales, lo cual es una ventaja pues ello habría requerido tecnología no disponible en el país. El reemplazo de las cabezas lectoras y del hardware y software correspondiente podría en principio ser realizado con tecnología nacional, probablemente a un costo sustancialmente inferior a las alternativas de importación. Sin embargo, la alternativa de adquirir torniquetes nuevos de reemplazo es también factible, dado que es tolerable un alto nivel de inversión sin traspasar el umbral de rentabilidad.

En resumen, las recomendaciones finales del estudio fueron:

- a) Implementar de inmediato la alternativa Nivel I.
- b) Iniciar un estudio de la factibilidad técnica y costo de modificar los componentes electrónicos de los torniquetes actuales, manteniendo sus dispositivos mecánicos.
- c) Decidir acerca de la compra de nuevos torniquetes o modificación de los actuales.
- d) Implementar la alternativa Nivel II, incluyendo la introducción de boletos multiviajes.
- e) La modificación del nivel y estructura de las tarifas a los valores indicados en la Tabla N°4. Estas tarifas representan valores medios, lo cual implica que el boleto unitario podría tener un precio ligeramente superior, en tanto el boleto multiviajes debiera tener un precio por viaje ligeramente inferior.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue parcialmente financiada por el proyecto DTI I-3092/9011 de la Universidad de Chile, y por el proyecto FONDECYT 1217-91.

REFERENCIAS

CIS-SK (1990) ESTRAUS, Estudio Estratégico de Transporte del Gran Santiago. Informe Final a SECTU. Consorcio Sigdo-Koppers-CIS, Santiago.

CITRA (1987) Estudio sistema tarifario Metro. Citra Ltda., Santiago.

CITRA (1989) Estudio actualización sistema tarifario Metro. Citra Ltda., Santiago.

Jara-Díaz (1985) Modelos de tarificación en sistemas de transporte. Actas del Segundo Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Santiago.

Jara-Díaz, S. y M. Farah (1986) Transporte y gasto familiar en sectores de bajos ingresos en Santiago. Actas del IV Congreso Panamericano de Ingeniería de Transporte. Santiago.

Jara-Díaz, S. y M. Farah (1987) Transport demand and users' benefits with fixed income: the goods/leisure trade off revisited. Transportation Research Vol 12B pp. 165-170.

Jara-Díaz, S. y J.D. Ortúzar (1989) Introducing the expenditure rate in the estimation of choice models. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 23.

Jara-Díaz, S. y J. Videla (1989). Efecto de la modelación de la partición modal sobre las tarifas óptimas de Metro. Actas del VI Congreso Panamericano de Ingeniería de Transporte. Popayán.

Jara-Díaz, S. y C. Vigouroux (1986) Estimación de costos marginales de operación en el Metro de Santiago. Actas del IV Congreso Panamericano de Ingeniería de Transporte. Santiago.

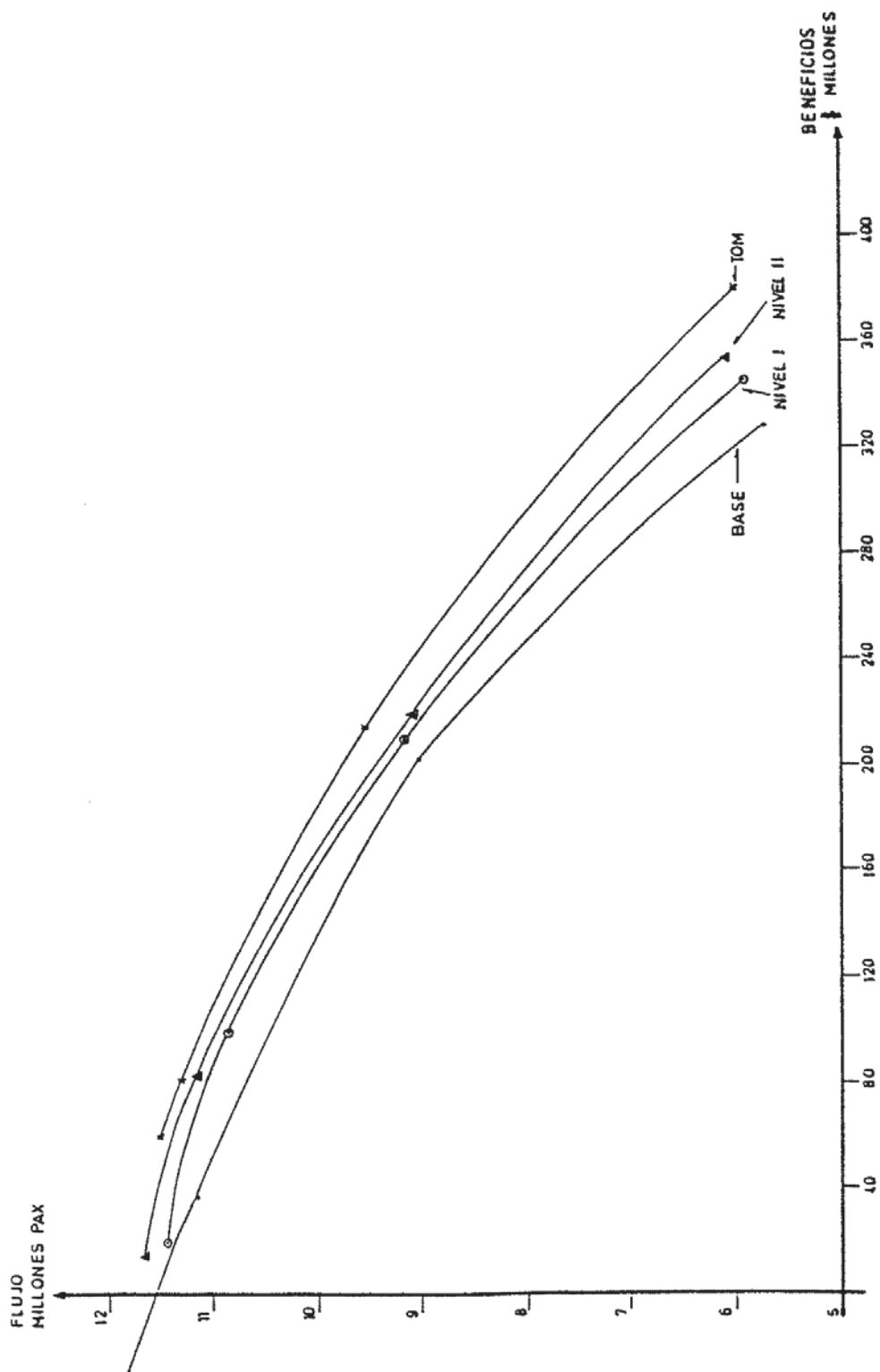


FIGURA 1. RELACION FLUJO BENEFICIOS PARA DIVERSAS ESTRUCTURAS TARIFARIAS.

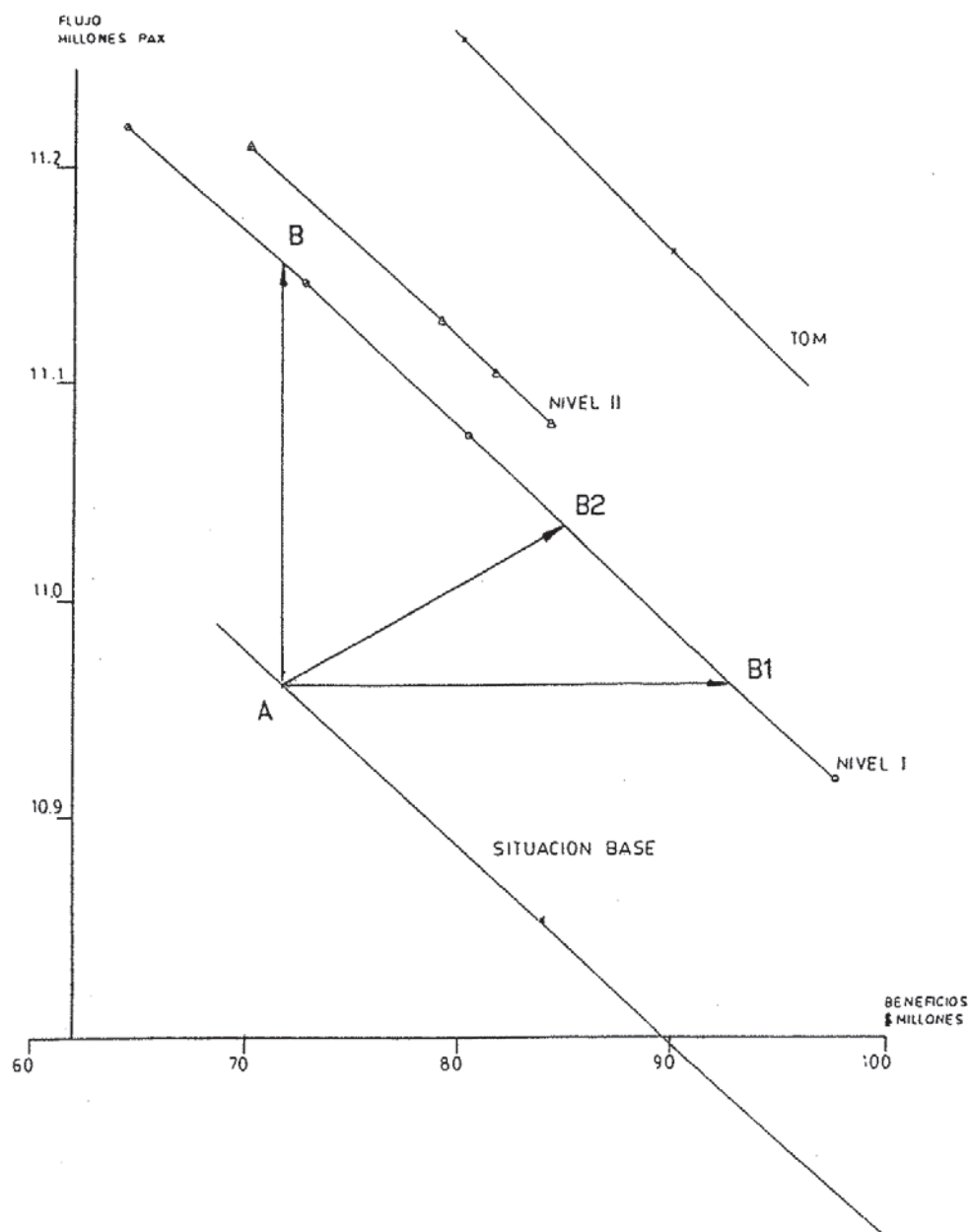


FIGURA 2. EVALUACION DE ESTRUCTURAS TARIFARIAS.