ITDP
Institute for Transportation & Development Policy

TRANSMILENIO

TRANSMILENIO

ITDP – Asistencia Técnica para Optimización Operacional

Informe Final

Diciembre, 2007

índice

i. preliminares
ii. resumen del diagnostico de los sistemas troncal y alimentador
iii. análisis y planteamiento de alternativas
iv. evaluación de alternativas seleccionadas - recomendaciones

i. preliminares

Temas para Asistencia Técnica:

- Mejoría de las condiciones de ascenso y descenso de pasajeros en estaciones y portales de TM
- Mejoría de la información al usuario de TM
- Mejoría de la regularidad de los servicios troncales
- Mejoría de la regularidad de los servicios alimentadores
- Mejoría de calidad en general de los servicios de TM

❑ Metodología y base de datos:

- La metodología del proceso decisorio:
  - ❑ identificación y diagnostico de los problemas,
  - ❑ análisis y generación de alternativas,
  - ❑ elección de alternativa y
  - ❑ evaluación de la decisión;

- Para identificación de problemas se han tomado los resultados de las **encuestas de opinión** que se realizan periódicamente por el Sector de Calidad de la Dirección de Operaciones de TM;

- Para el diagnostico de los problemas se tomaran en cuenta los estudios recientes de TM, como:
  - Cambios en Servicios Troncales,
  - Análisis de Servicios Alimentadores,
  - Estudio de Capacidad;

- Observaciones en campo (Portales, Estaciones Criticas, Carriles exclusivos) complementan las actividades de diagnostico

❑ Resumen de la Encuesta de Opinión

Concepto	Variable/atributo	% *
Confort	Ocupación (# personas) bus troncal	**14%**
	Ocupación (# personas) alimentador	**30%**
Oferta	Tiempo espera en troncal	**30%**
	Tiempo espera en alimentador	**22%**
Operación	Orden en espera y abordo bus troncal	**28%**
	Disponibilidad de rutas (línea deseo)	**40%**
Recaudo	Tiempo espera en fila de compra	**43%**

*** Grado de aprobación del concepto/variable (muy bueno + bueno)**

ii. Resumen del diagnóstico de los sistemas troncal y alimentador

❑ Principales problemas del Sistema Troncal

- Nivel de ocupación de los buses
  - ❑ Fuerte concentración de la demanda en horas pico
- Intervalos de viajes con mucha variación
  - ❑ Control de operación deficiente
- Congestión de pasajeros en las puertas de las estaciones
  - ❑ Exceso de rutas operando en la misma puerta
- Filas en taquillas para compra del pasaje
  - ❑ Falta de capacidad en las taquillas
  - ❑ Falta de un sistema eficaz de pre-venta de tarjetas

- Principales problemas Sistema Alimentación
  - Nivel de ocupación de los buses
    - Fuerte concentración de la demanda en horas pico
  - Intervalos de viajes con mucha variación
    - Control de operación deficiente
  - Flota insuficiente para la demanda
    - Baja Frecuencia de viajes
  - Infraestructura pavimentos subdimensionada para los cargamentos de buses alimentadores
    - Velocidades operacionales bajas con perdida de capacidad de transporte

iii. análisis y planteamiento de alternativas

1. Mejoría de las condiciones de ascenso y descenso de pasajeros

❑ Análisis

Estaciones de 2 vagones con mayor flujo de pasajeros en AM y PM:

Calle 100

5.552 salidas en AM

3.978 entradas en PM

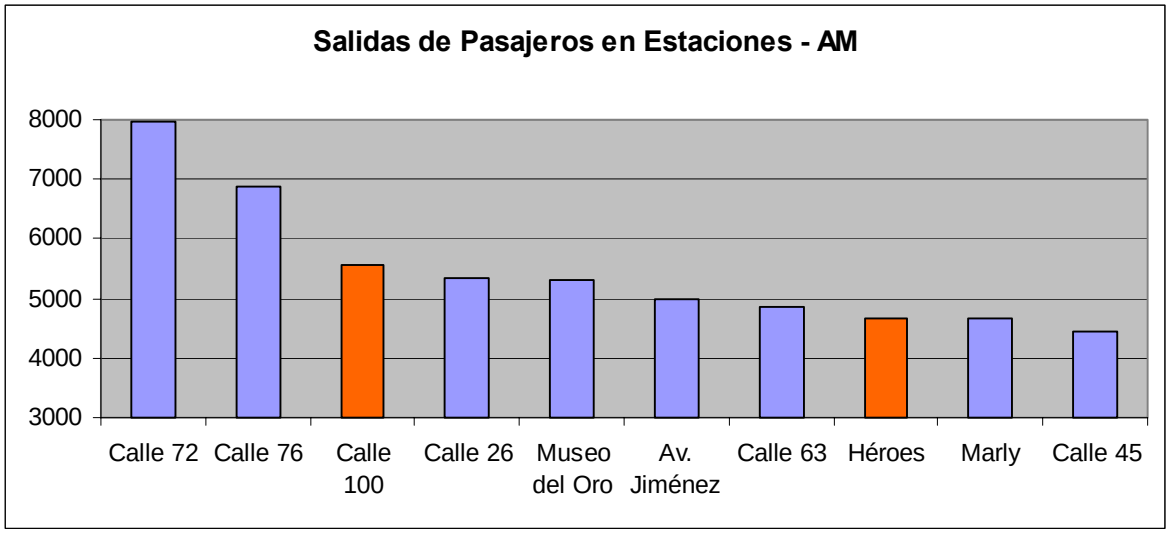
Los Héroes

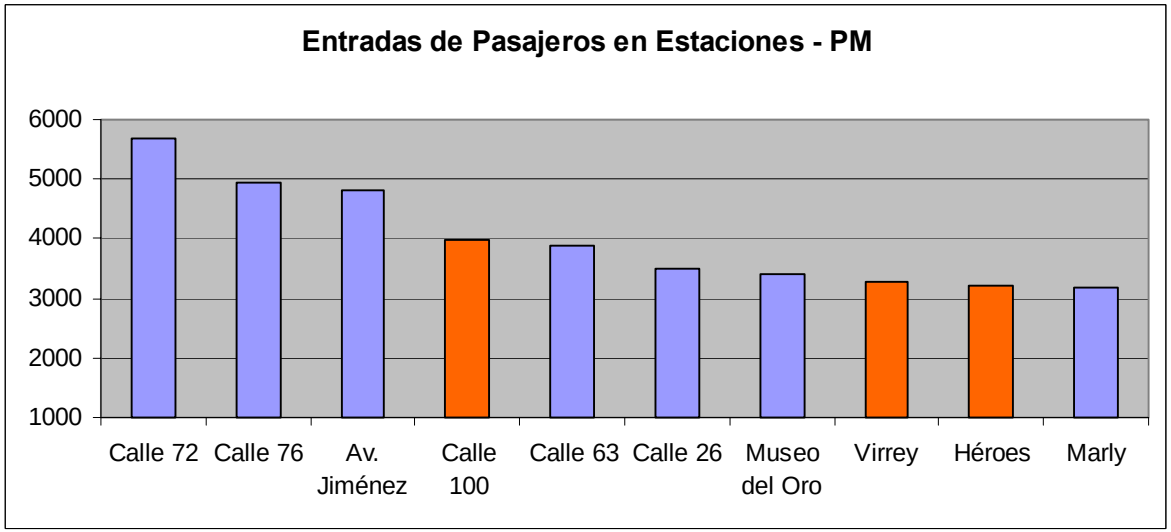
4.966 salidas en AM

3.209 entradas en PM

Virrey

3.267 entradas en PM





❑ Análisis

Matriz de transferencias entre corredores en **Calle 100**:

AM – 1.941 trasbordos

PM – 1.599 trasbordos

En PM la estación de Calle 100 atiende a **3.978 entradas** y **1.599 trasbordos** de pasajeros con 2 vagones y un acceso.

AM	Americas	Auto Norte	Calle 80	Caracas	NQS	Suba	Tunal	TOTAL
Americas	0	269	0	0	0	0	0	269
Auto Norte	31	35	18	41	221	0	0	346
Calle 80	0	173	0	0	3	0	0	176
Caracas	0	417	0	0	97	0	0	514
NQS	0	372	0	50	0	0	0	422
Suba	0	7	0	0	0	0	0	7
Tunal	0	147	0	0	60	0	0	207
TOTAL	31	1420	18	91	381	0	0	1941

PM	Americas	Auto Norte	Calle 80	Caracas	NQS	Suba	Tunal	TOTAL
Americas	0	59	0	0	0	0	0	59
Auto Norte	185	32	93	81	460	8	9	868
Calle 80	0	40	0	0	0	0	0	40
Caracas	0	303	0	0	75	0	0	378
NQS	0	203	2	31	0	0	4	240
Suba	0	3	0	0	0	0	0	3
Tunal	0	11	0	0	0	0	0	11
TOTAL	185	651	95	112	535	8	13	1599

1. Mejoría de las condiciones de ascenso y descenso de pasajeros

❑ Propuestas

- ❑ La operación de los 2 paraderos del mismo vagón se ha presentado como una solución eficiente desde que respectada la capacidad de cada vagón de la estación. **NO ASIGNAR** rutas cuyas frecuencias agregadas rebasen la capacidad, **NO ASIGNAR** más dos que **2** o **3** rutas para operación simultanea en un mismo paradero
- ❑ Cuando adecuado reubicar las rutas en los paraderos de la misma estación

- **Buses de refuerzo** pueden iniciar el servicio en estaciones intermedias pero esta hipótesis debe ser planeada con base en observaciones previas para evitar pérdidas de capacidad ofertada en la ruta
- **Fusión de servicios** pueden mejorar la operación en las estaciones intermedias por el hecho de reducir los servicios distintos en los mismos paraderos. Los servicios corrientes deben ser mejor aprovechados.
- **Reubicar transferencias de rutas** de Calle 100 a otras estaciones. Las transferencias de rutas en Calle 100 representan más de un 25% de los abordos en esta estación en PM.
- **Infraestructura** - A corto plazo la estación de Calle 100 debería ser ampliada a 3 vagones con un segundo acceso al costado Sur

2. Mejoría de la información al usuario

❑ Análisis

La información más importante al usuario esta relacionada a los servicios disponibles en una situación específica:

- ❑ En un determinado día
- ❑ A una determinada hora
- ❑ En alguna estación

Todavía TM es un sistema de transporte muy complejo con un sistema de información sofisticado que requiere un grado de comprensión superior a la capacidad intelectual de una porción razonable de sus usuarios.

Tabla de información de rutas - (TM, Portal Américas)

2. Mejoría de la información al usuario

❑ Propuestas

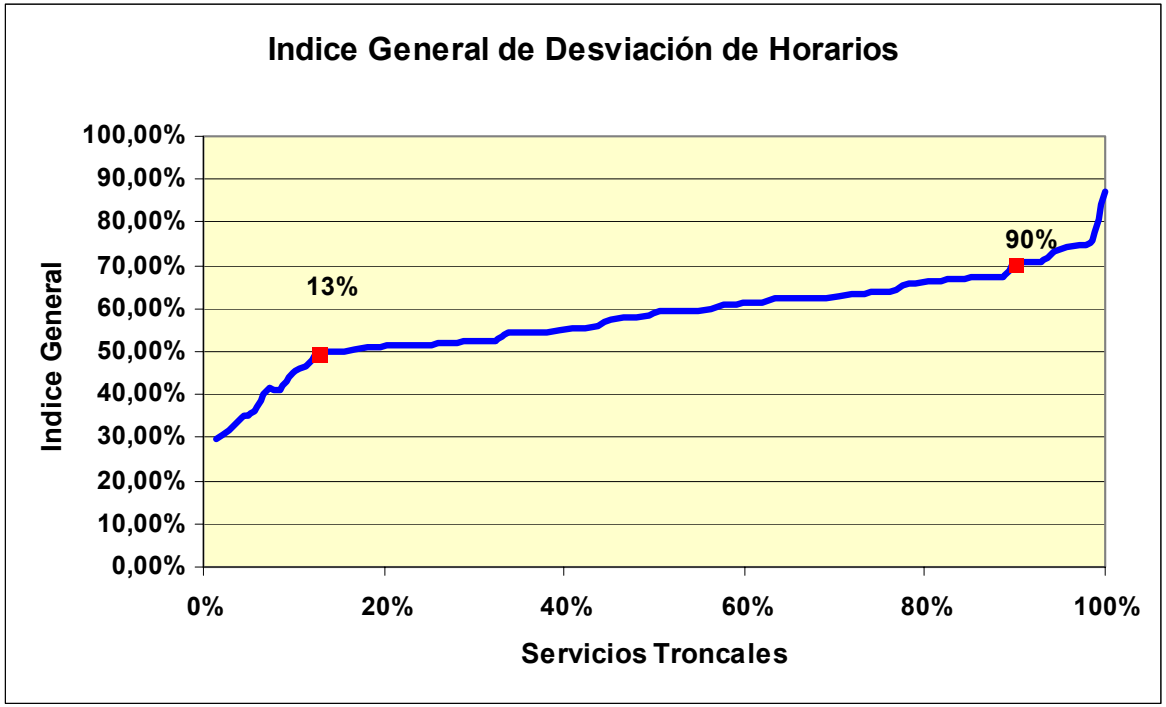
- ❑ **Instalación de pantallas tipo "touch-screen" en las estaciones adonde con apenas la indicación de la estación de destino y teniendo en cuenta la hora y día-tipo de la consulta el sistema informa cual la ruta o secuencia de rutas debe tomar el pasajero.**
- ❑ Información sonora en los buses de todas las paradas (el servicio ya existe en parte de la flota troncal).
- ❑ Cuando hay contingencias incluir información al usuario para que sepa la causa de las demoras. De inicio en portales/terminales. En el futuro deberá se habilitar sistema de información sonora en las estaciones intermedias.

3. Mejoría de la regularidad de los servicios troncales

❑ Análisis

Los servicios troncales presentan los siguientes indicadores de regularidad en cumplimientos de los horarios programados para un día tipo:

- ❑ 13% de los servicios con menos de 50% de desviación,
- ❑ 77% de los servicios entre 50% y 90% de desviación, y,
- ❑ 10% de los servicios con más de 90% de desviación



Fuente: Transmilenio (30/11/2007), elaboración propia

3. Mejoría de la regularidad de los servicios troncales

❑ Análisis

- ❑ El índice general es un indicador obtenido de la relación entre la desviación promedia de horarios (diferencia en minutos entre los horarios programados y horarios cumplidos) y el intervalo promedio de viajes. El hecho de que en un día tipo, apenas 13% de los viajes son cumplidos con menos de 50% de desviación, revela que los servicios en general no presentan buena regularidad de horarios
- ❑ Todavía lo esencial seria asegurar al menos el cumplimiento integral de las frecuencias programadas, pero esta situación no si puede garantizar, aún que en las horas de punta, debido a los problemas de saturación de la capacidad de comunicación del Centro de Control cuando la flota operacional del sistema opera con más de 80% de los vehículos
- ❑ La buena operación de las rutas troncales debe empezar con un mejor grado de cumplimiento de sus frecuencias desde los portales donde inician los viajes. En horas pico esto debe se asegurar aún que sin el Centro de Control operando en la plenitud.

3. Mejoría de la regularidad de los servicios troncales

❑ Propuestas

- ❑ **Mejorar la confiabilidad del sistema de control desde el Centro de Control de TM hasta los equipos de supervisión en los Portales**
- ❑ Entrenamiento de los conductores para que utilicen la unidad lógica del bus con eficacia
- ❑ Mientras la Central de Control no sea totalmente confiable, principalmente en las horas pico, los equipos de supervisión deben realizar un proceso manual de control de frecuencias y operación.

- En el caso de que el proceso manual no pueda ser simultaneo en todos los portales, o, en todas las plataformas de un portal, que se realicen muestras aleatorias del cumplimiento de las frecuencias por ruta con empleo de **computadoras tipo "palm-top"** que sean alimentadas con la programación de servicios de todas las rutas
- Toda la información capturada deberá ser analizada por el equipo interno de operación, de manera a permitir o facilitar ajustes en la operación bien como mejorar la fiscalización de las operadoras

4. Mejoría de la regularidad de los servicios alimentadores

❑ Análisis

- ❑ Rutas alimentadoras no son cubiertas por el sistema del Centro de Control de TM
- ❑ Aún que sean programadas frecuencias de servicios de las rutas alimentadoras no se dispone de cuadros de personal de supervisión para un proceso de control adecuado
- ❑ La flota de vehículos alimentadores es insuficiente para la atención global de la demanda. Estudios de cargamento de las rutas alimentadoras ya identificaran las necesidades de incremento del parque de vehículos de cada una de las rutas existentes así como de nuevas rutas a implantar
- ❑ La ampliación de los corredores troncales en la Autopista Norte y Calle 80 podrían ayudar a reducir el problema pero requieren inversiones en la infraestructura de vías y nuevos portales

4. Mejoría de la regularidad de los servicios alimentadores

❑ Propuestas

- **Desarrollar e implantar un sistema de control de frecuencias y operación de rutas alimentadoras (manual o electrónico)**
- Medir los niveles de cargamento de cada ruta alimentadora de manera a identificar los tramos mas cargados para facilitar la mejor distribución de frecuencias entre los servicios cortos y largos de una misma ruta.
- Incrementar la flota operacional en las rutas mas cargadas de manera a ofertar las frecuencias requeridas para atención a la demanda
- Ampliación de corredores hacia la cuenca de alimentación para extensión de servicios troncales (reducción de la demanda en rutas alimentadoras) y mejoría de la oferta de rutas alimentadoras en la cuenca remaneciente.

5. Mejoría de calidad en general de los servicios de TM

5.1 RECAUDO

- **Análisis**

- En estaciones criticas del sistema TM las taquillas de ingreso no tienen capacidad para atención a la demanda de entradas de pasajeros
- El sistema de recaudo no fomenta la compra anticipada de boletos (viaje múltiplo)
- Afuera de las estaciones o portales no se disponen de puntos de venta de boletos
- La congestión en los puntos de acceso con filas de pasajeros ya se incorpora a cultura de los usuarios así como los costos de tiempo adicional que se agrega al costo total de viaje.

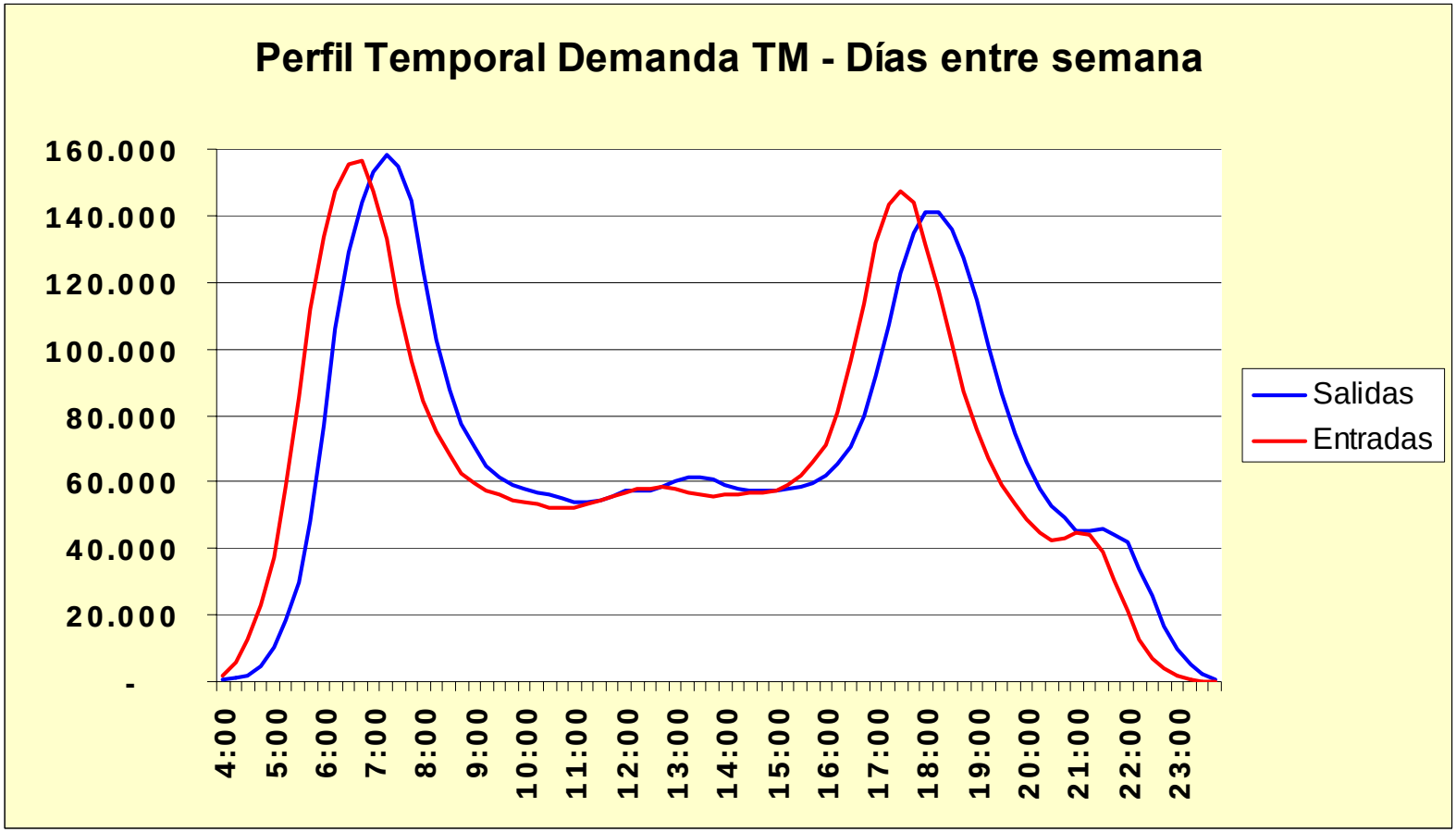
Propuestas para el sistema de Recaudo

- Redimensionar taquillas de venta de tarjetas en las estaciones mas criticas (Alcalá, Cll 142, Cll 100,...). Si no ha espacio en la estación buscar alternativas en puntos externos o canguros.
- Fomentar la venta de tarjeta multi-viajes
- Cambiar torniquetes sencillos para doble sentido de acceso en las estaciones criticas

5.2 HORAS VALLE

❑ Análisis

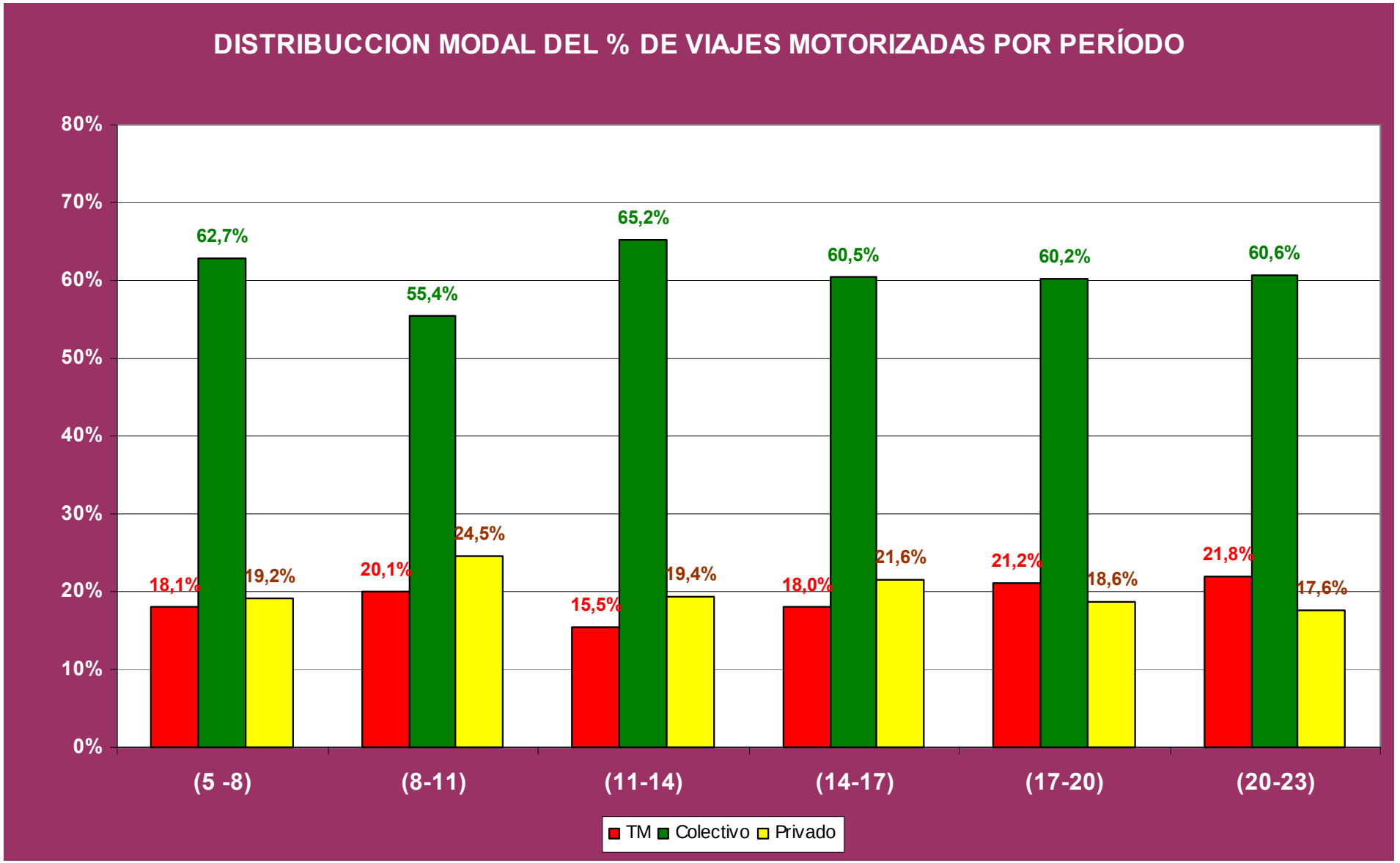
- ❑ La demanda de TM se concentra fuertemente en las horas punta de AM y PM. En el período valle (9:00-17:00) los niveles de carga bajan a un 40% de la hora pico mañana.



❑ Análisis

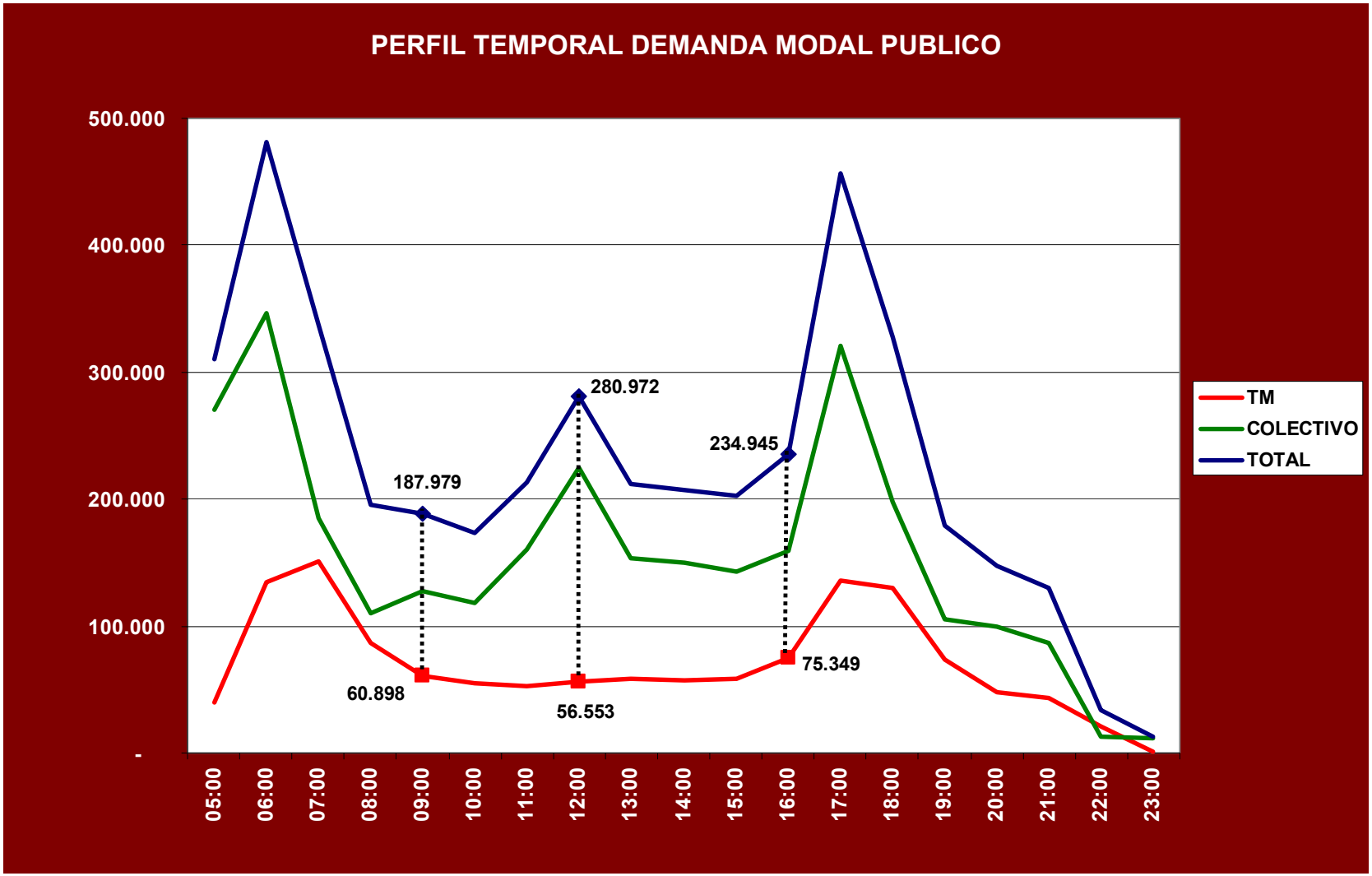
❑ La distribución modal de viajes entre los modos publico y privado por rango horario presentase en el siguiente cuadro y figura:

Hora	TM	Colectivo	Privado	Total
(5 -8)	325.692	1.128.646	345.214	1.799.552
(8-11)	201.553	556.891	246.215	1.004.659
(11-14)	167.512	705.534	209.756	1.082.802
(14-17)	191.460	643.829	229.610	1.064.899
(17-20)	339.247	963.519	298.260	1.601.026
(20-23)	112.211	311.184	90.197	513.592
Total (5-23)	**1.337.675**	**4.309.602**	**1.419.253**	**7.066.530**
Hora	**TM**	**Colectivo**	**Privado**	**Total**
(5 -8)	18,1%	62,7%	19,2%	100,0%
(8-11)	20,1%	55,4%	24,5%	100,0%
(11-14)	15,5%	65,2%	19,4%	100,0%
(14-17)	18,0%	60,5%	21,6%	100,0%
(17-20)	21,2%	60,2%	18,6%	100,0%
(20-23)	21,8%	60,6%	17,6%	100,0%
Total (5-23)	**18,9%**	**61,0%**	**20,1%**	**100,0%**


DISTRIBUCCION MODAL DEL % DE VIAJES MOTORIZADAS POR PERÍODO
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
62,7%
55,4%
65,2%
60,5%
60,2%
60,6%
18,1%
19,2%
20,1%
24,5%
15,5%
19,4%
18,0%
21,6%
21,2%
18,6%
21,8%
17,6%
(5 -8)
(8-11)
(11-14)
(14-17)
(17-20)
(20-23)
TM
Colectivo
Privado

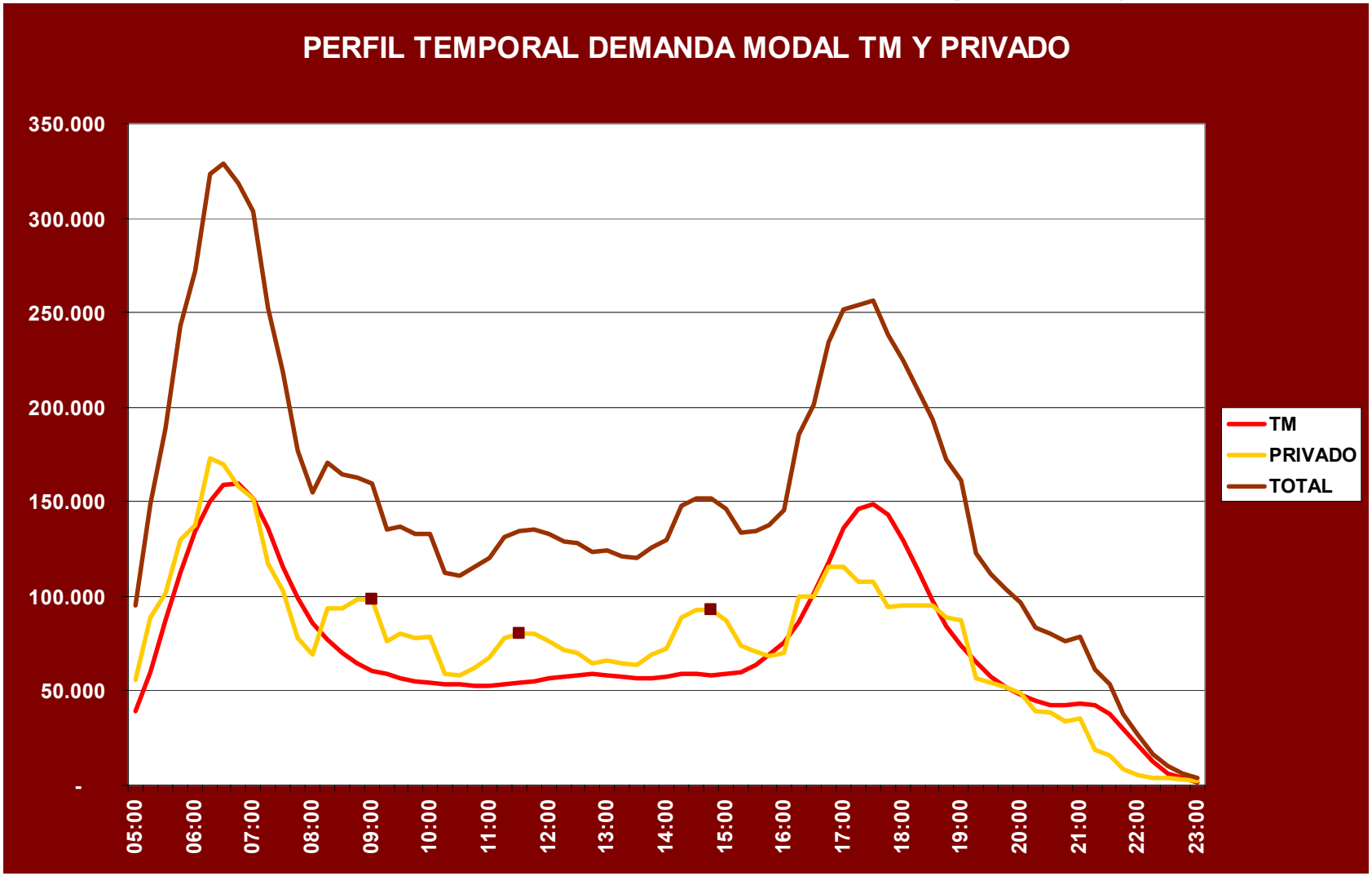
❑ Análisis

❑ La distribución modal de viajes apenas entre TM y los Colectivos demuestra que TM pierde competitividad en horas valle.



❑ Análisis

- La distribución modal de viajes apenas entre TM y el transporte privado demuestra que aunque TM pierda competitividad en horas valle lo mismo no ocurre en las horas pico AM y PM.



Propuestas para TM en Horas Valle

- **Desarrollar programa de incentivo a la demanda de 9:00 a.m. a 5:00 p.m.**
  - Para competir con los colectivos ha que se ofrecer descuentos en tarifas de TM, en carácter general o estimulando a los usuarios de una tarjeta preferencial de multi-viajes
  - Para competir con el transporte privado habrá que desarrollar planes de beneficios a los que dejen sus carros en parqueaderos de centros comerciales junto a portales o estaciones periféricas de TM, con incentivo para los que en el periodo valle viajen con TM;

iv. evaluación de alternativas seleccionadas - recomendaciones

De las propuestas planteadas para:

- **Mejoría de las condiciones de ascenso y descenso de pasajeros**
- **Mejoría de la información al usuario**

Las evaluaciones y la decisión de implantación tocaran a TM, por cuenta de los refinamientos necesarios de las mismas propuestas que podrán desarrollar los equipos técnicos de la entidad.

De la misma manera, las propuestas para mejoría del sistema de Recaudo están muy relacionadas con las cláusulas contractuales entre el operador del sistema y TM. Sin embargo, son propuestas acciones importantes y de gran alcance.

Las recomendaciones de esta Asistencia Técnica se centraran en las propuestas para mejoría del control y operación de servicios y en las oportunidades a explorar para mejorías de los servicios en hora valle.

❑ Mejoría del Control y Operación

❑ Rutas Troncales

❑ Rutas Alimentadoras

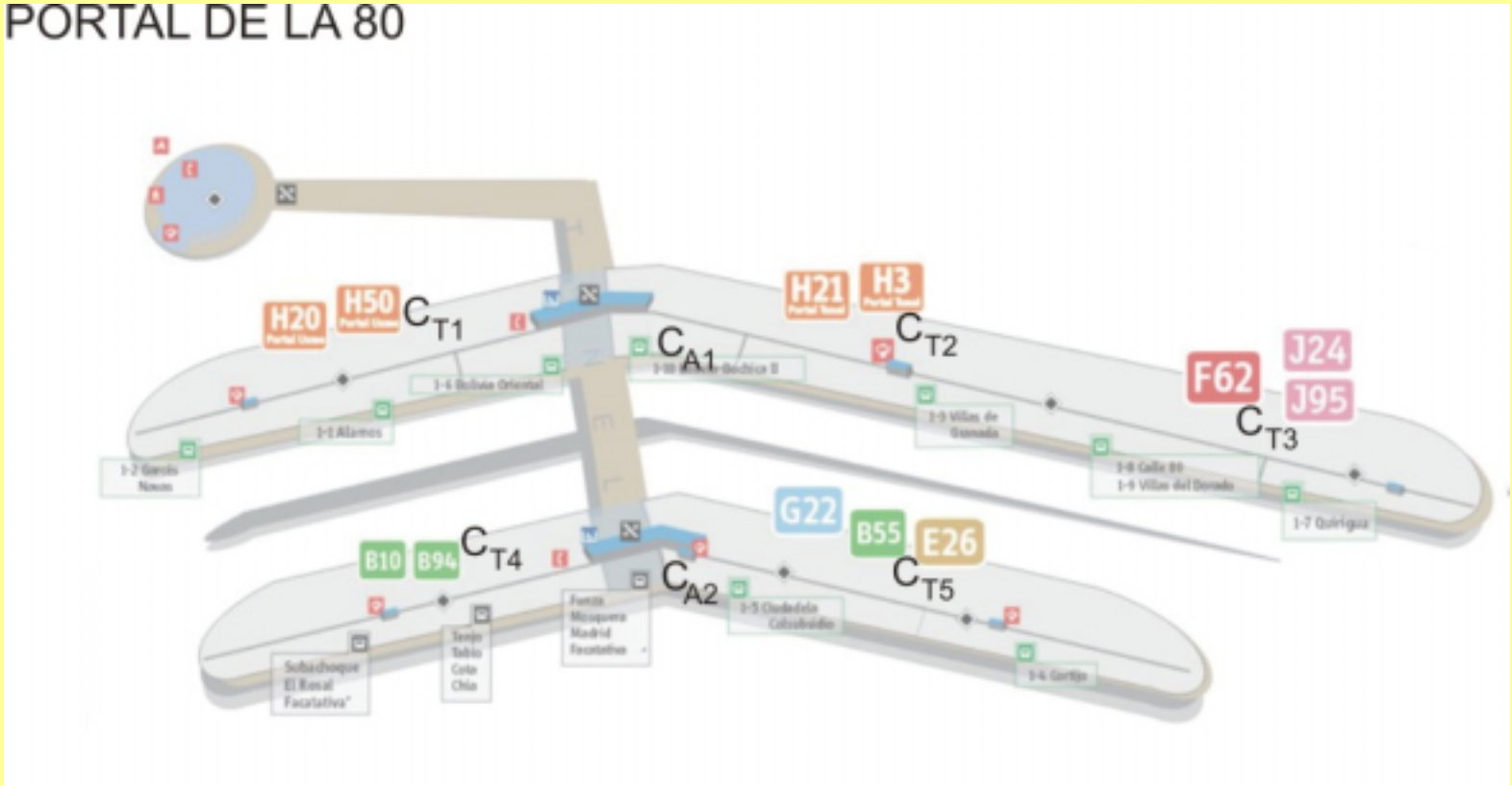
Control de frecuencias y horarios en Portales con puestos de inspección en cada plataforma de rutas troncales y en cada anden de rutas alimentadoras. Para los 7 portales de TM se identifican **28 puestos de control** para rutas troncales y **12 puestos de control** para rutas alimentadoras (ver Cuadro y Figuras a continuación)

Portal	Puestos Control Troncales	Puestos Control Alimentadoras
De la 80	5	2
Americas	4	2
Suba	4	1
Tunal	3	1
Norte	4	2
Sur	4	2
Usme	4	2

CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

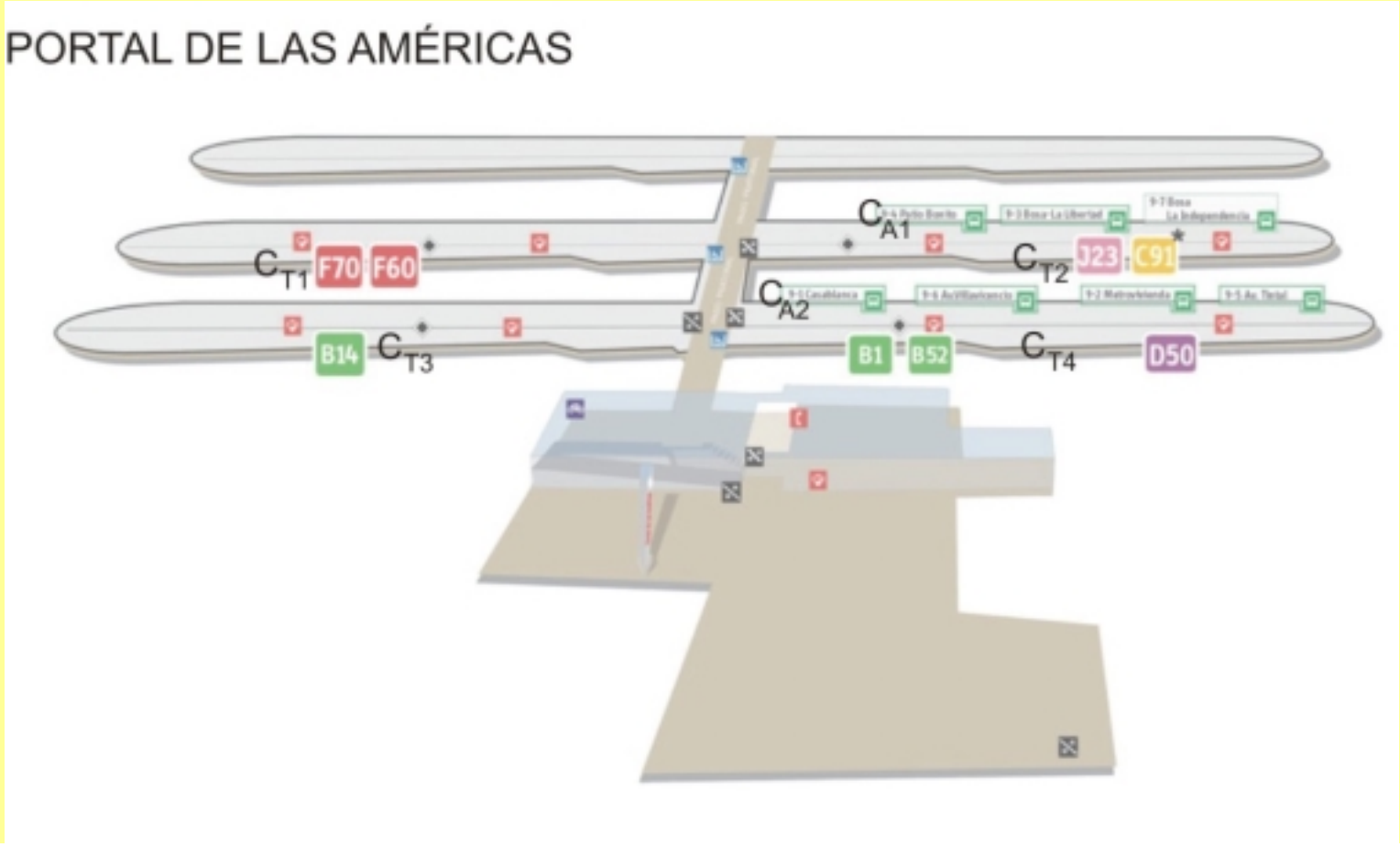
- **PORTAL DE LA 80**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}, C_{T5}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}, C_{A2}**



CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

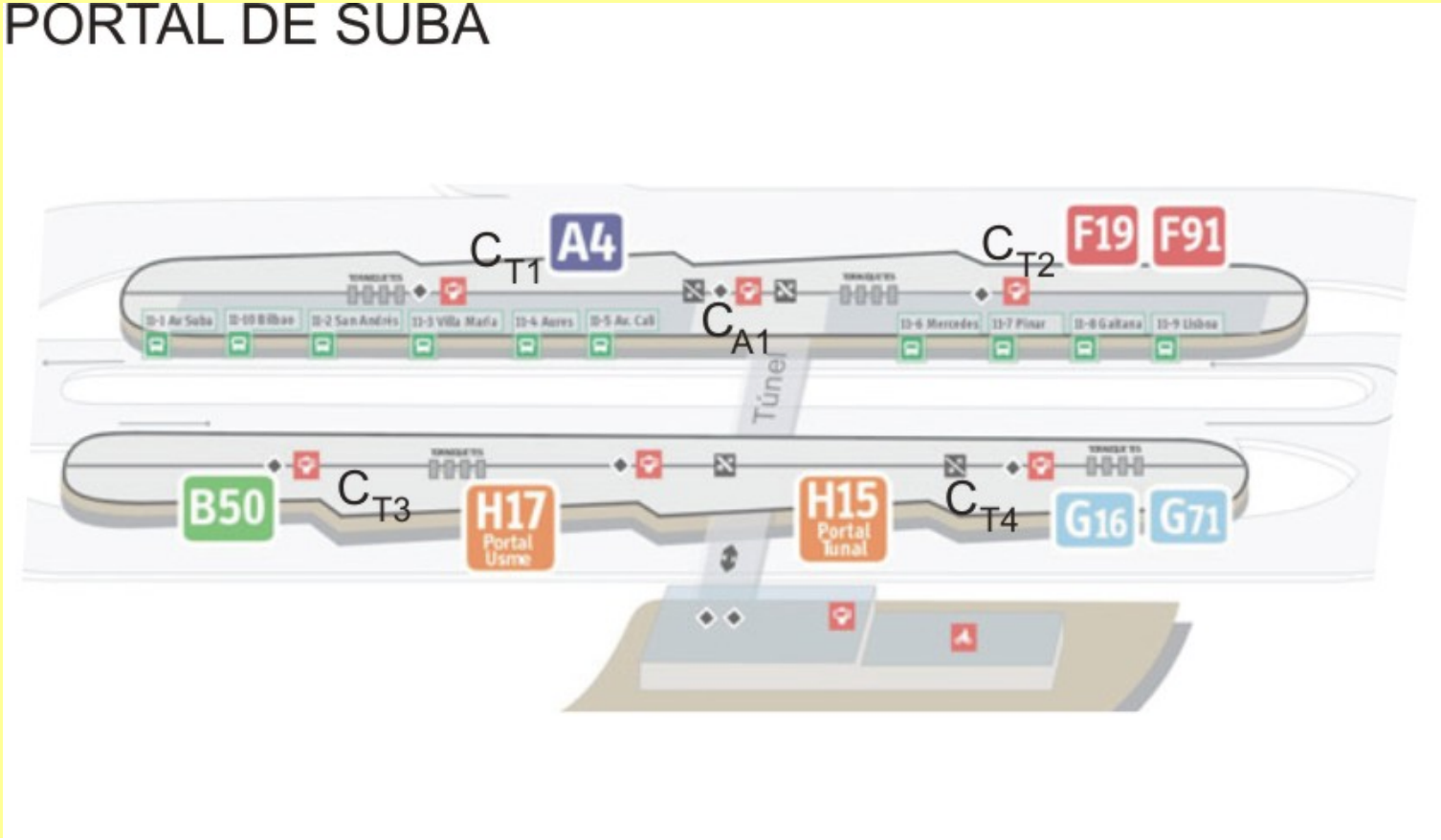
- ❑ **PORTAL DE LAS AMÉRICAS**
  - ❑ **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}**
  - ❑ **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}, C_{A2}**



CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

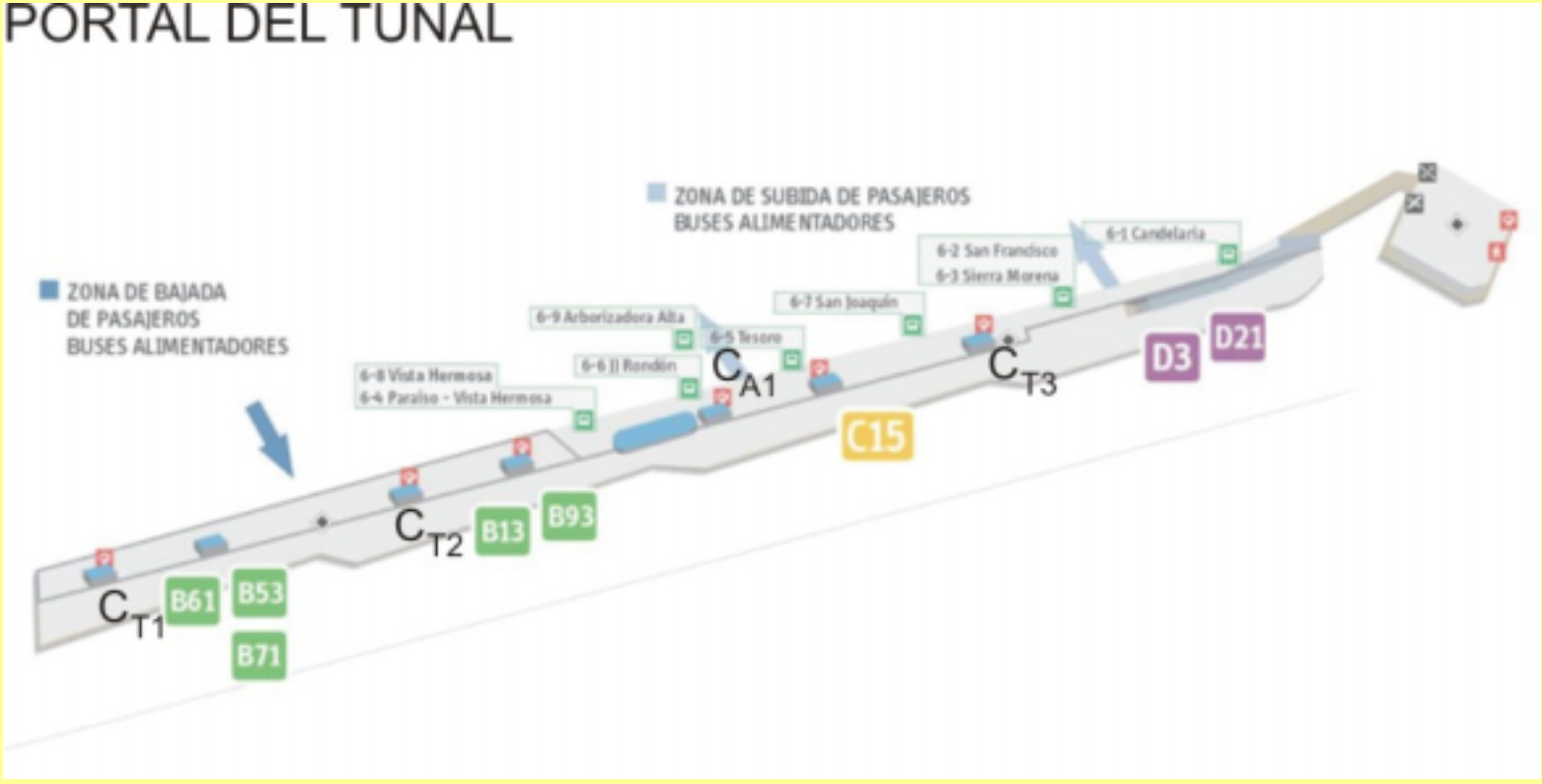
- **PORTAL DE SUBA**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}**



CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

- **PORTAL DEL TUNAL**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}**



CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

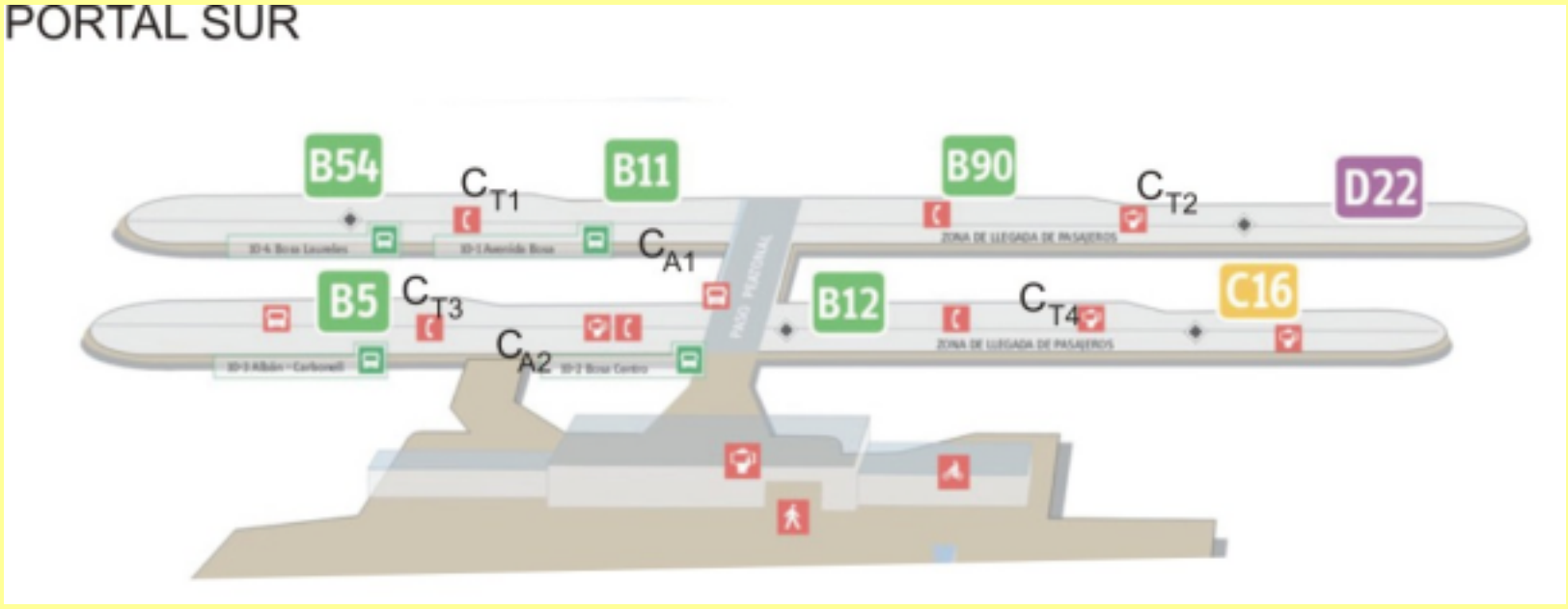
Puestos de Supervisión por Portal

- **PORTAL NORTE**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}, C_{A2}**

CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

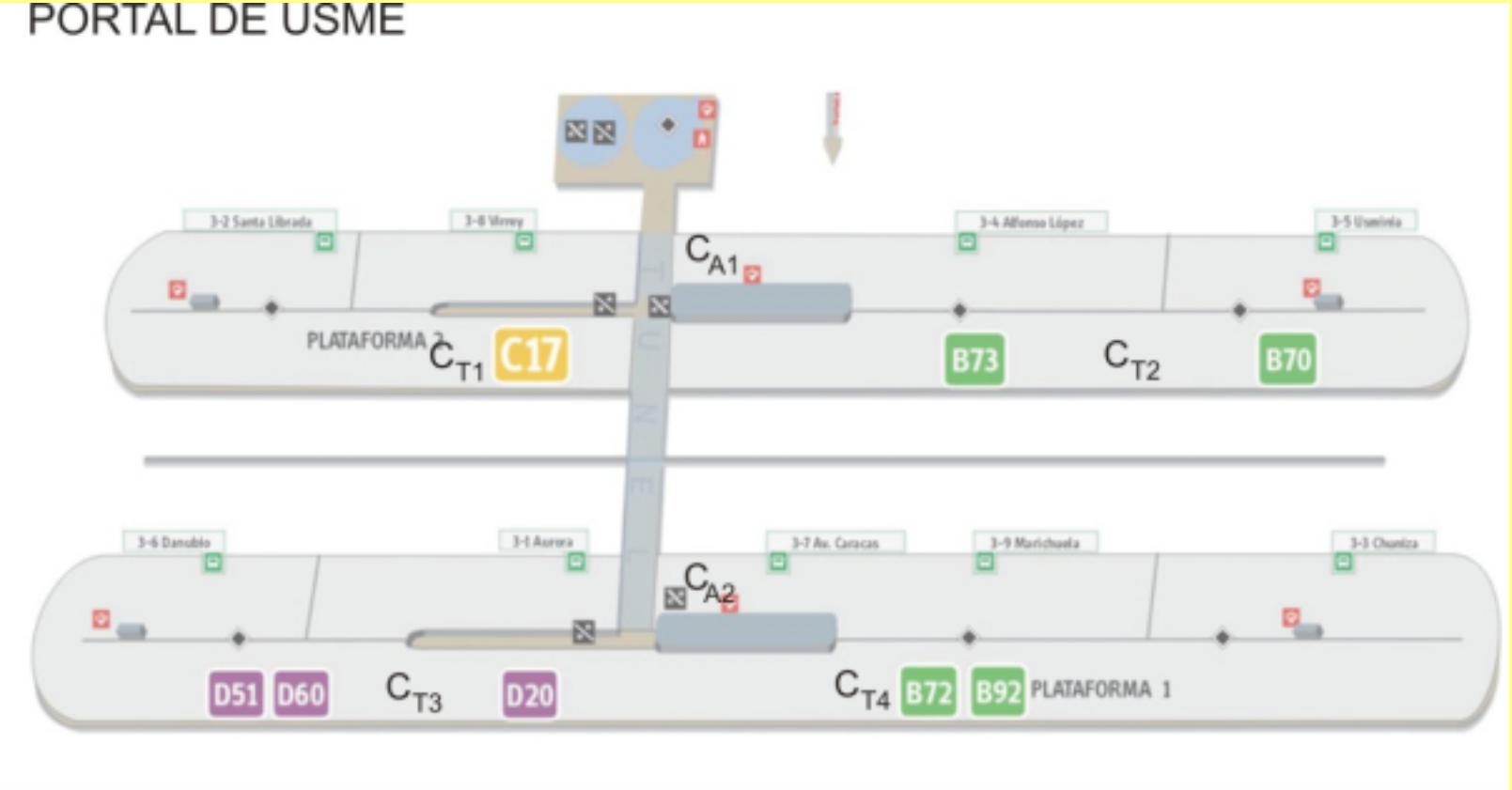
- **PORTAL DEL SUR**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}, C_{A2}**



CONTROL DE OPERACIÓN DE SERVICIOS

Puestos de Supervisión por Portal

- **PORTAL DE USME**
  - **Control Rutas Troncales: C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}, C_{T4}**
  - **Control Rutas Alimentadora: C_{A1}, C_{A2}**



❑ Mejoría del Control y Operación

❑ Rutas Troncales

❑ Rutas Alimentadoras

La ampliación de los corredores troncales puede mejorar el servicio al usuario del nuevo tramo que deja de usar alimentadoras, por lo tanto con el beneficio de no hacer un trasbordo, reduce la longitud de las rutas alimentadoras pero incrementa la longitud de las rutas troncales extendidas hasta el nuevo Portal o Estación de Transferencia.

Para evaluar el impacto financiero en la operación de rutas alimentadoras y troncales ha que considerar:

- ❑ La longitud de la ampliación del corredor (**L**)
- ❑ Las frecuencias de los servicios troncales extendidos (**F′**)
- ❑ La demanda del área de influencia del tramo ampliado

- Incremento del costo operacional de rutas Troncales

  Δ CT = Δ Costo Troncal = 2.L.F'.RPK_T

  Siendo **RPK_T** la remuneración promedia por kilómetro de troncales

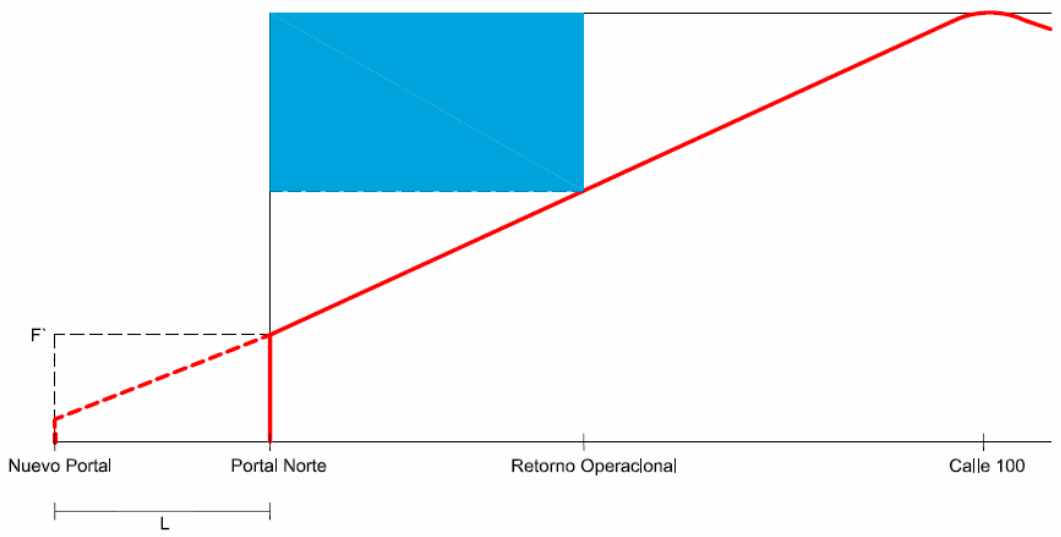
- Reducción de costo de alimentación

  Δ CA = Δ Costo Alimentación = - D_L . RPP_A

  Siendo **RPP_A** la remuneración promedia por pasajero de alimentador y **D_L** la demanda del tramo **L**

- La comparación entre **Δ CT** y **Δ CA** permite evaluar beneficios o costos operacionales todavía no considera los beneficios socio-económicos a usuarios con los gañíos de tiempos

Perfil Genérico de Carga en Corredores



❑ Evaluación de Retornos Operacionales

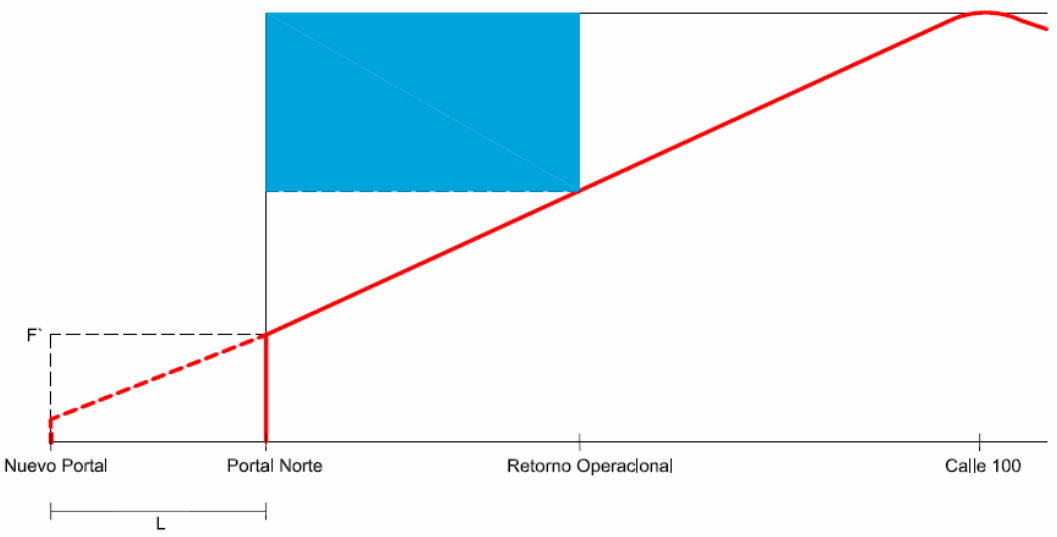
La ampliación de un corredor con la consecuente extensión de rutas troncales requiere un incremento de flota para las rutas troncales afectadas.

El mismo si puede decir, pero en sentido contrario, de la creación de retornos operacionales que provoquen la reducción de la longitud de rutas troncales.

Por ejemplo:

Un retorno operacional en la Autopista Norte, a mitad la distancia entre Calle 100 y Portal Norte, disminuí el tiempo de ciclo de una ruta expresa en al menos unos 12 minutos. Así para cada ruta recortada en el retorno, con unas 20 frecuencias (intervalo = 3 min) serian ahorrados 4 buses de la flota.

Perfil Genérico de Carga en Corredores



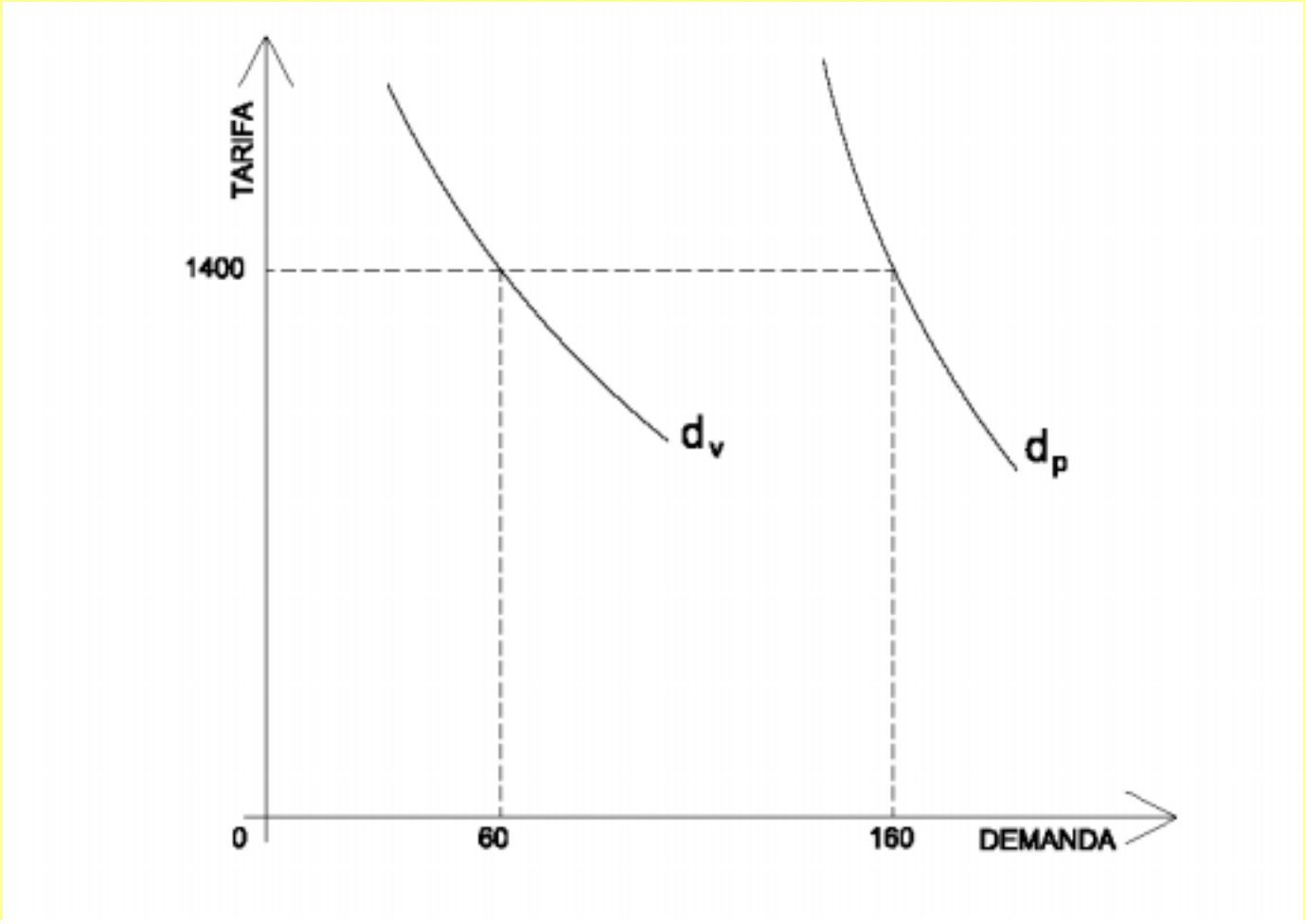
❑ Mejoría de los Servicios en Hora Valle

Conforme ya si ha presentado la demanda de TM en hora valle (9:00 am – 5:00 pm) es de apenas un 40% de la demanda en hora pico. El ajuste de la oferta al mismo nivel, por cuenta de la necesidad de mantener un IPK mínimo, viene bajando los niveles de servicio de TM en hora valle. El proceso se convierte en un ciclo vicioso con cada vez se teniendo menos demanda en hora valle, menos oferta y como consecuencia niveles de servicios mas bajos.

En las siguientes graficas se planteara el proceso de análisis e implementación de una política de tarifas a costo marginal. O sea, como evaluar los escenarios de tarifación del sistema TM en hora valle, de manera a identificar previamente la factibilidad de se introducir una programa de incentivo a demanda.

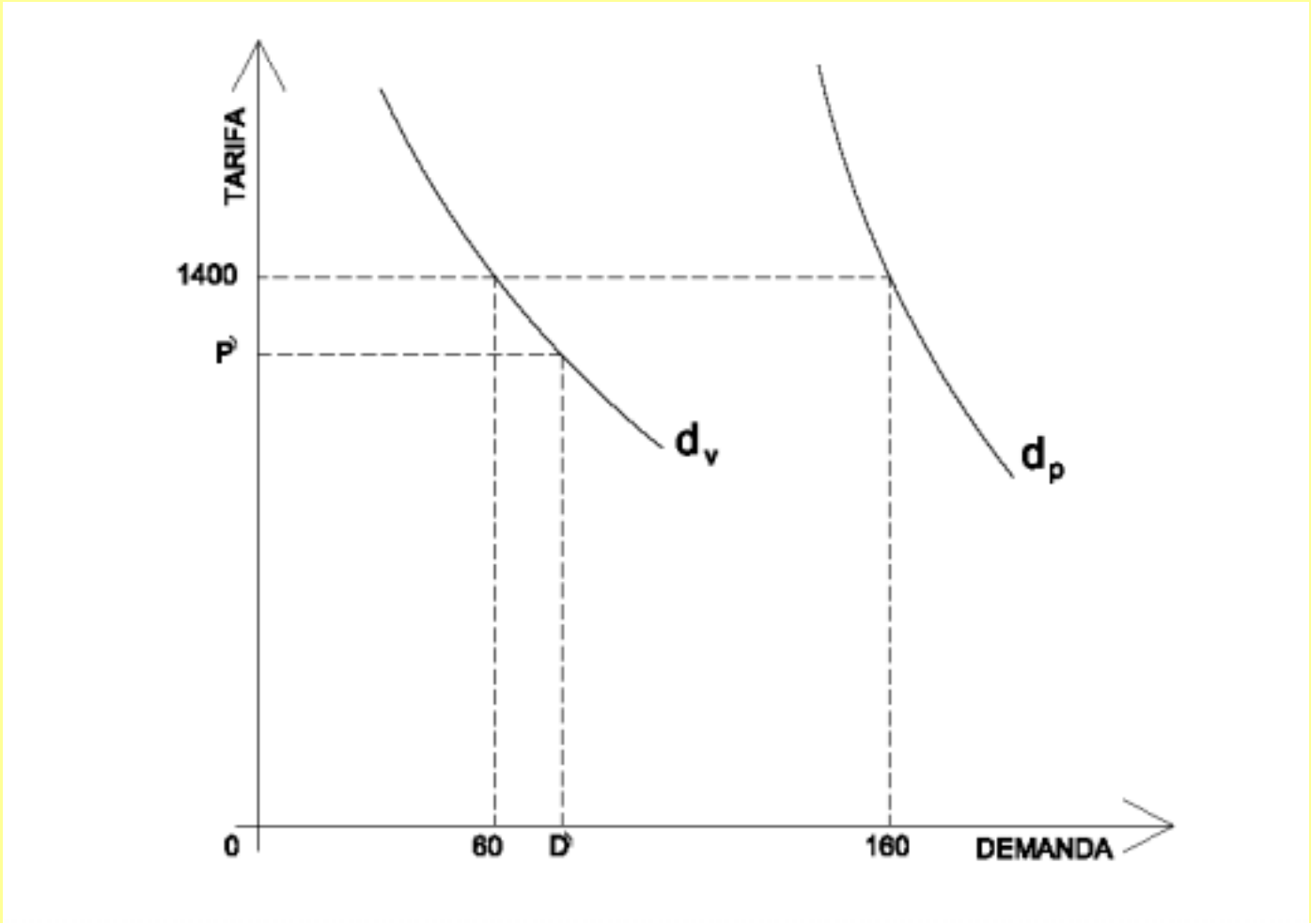
❑ Situación presente

Con una tarifa única de 1.400 pesos TM presenta un demanda de 160 mil pasajeros en hora pico y de unos 60 mil pasajeros en hora valle.
El comportamiento de la demanda en hora pico (**d_P**) y en hora valle (**d_V**) puede ser representado como en la siguiente grafica.



❑ Comportamiento de la Demanda en Hora Valle

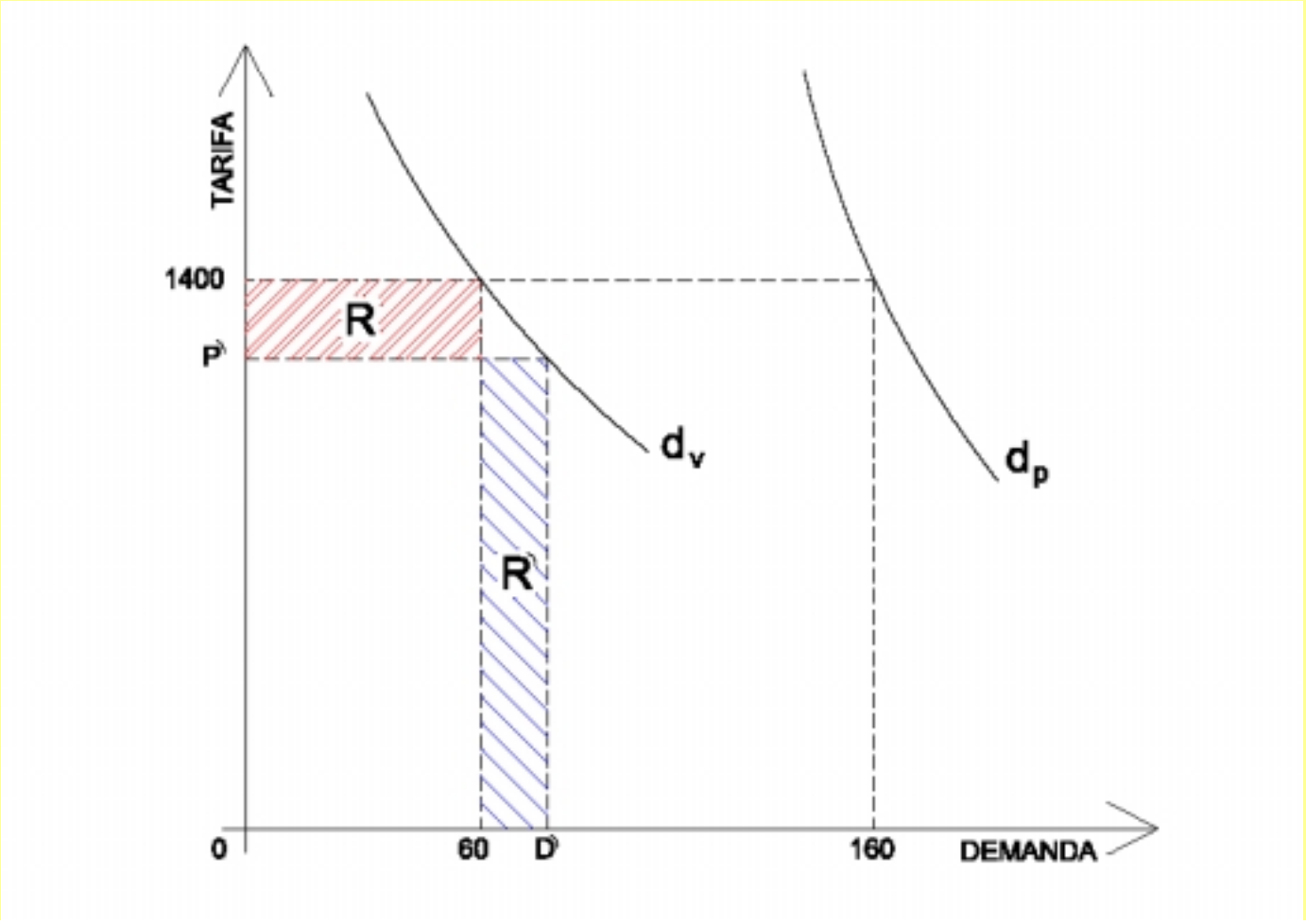
Para un tarifa **P'** < 1.400 pesos la demanda en hora valle (**dv**) debería se incrementar a un **D'** > 60 mil pasajeros, en un nuevo punto de equilibrio entre precio X demanda.



❑ Variación del nivel de ingresos del sistema

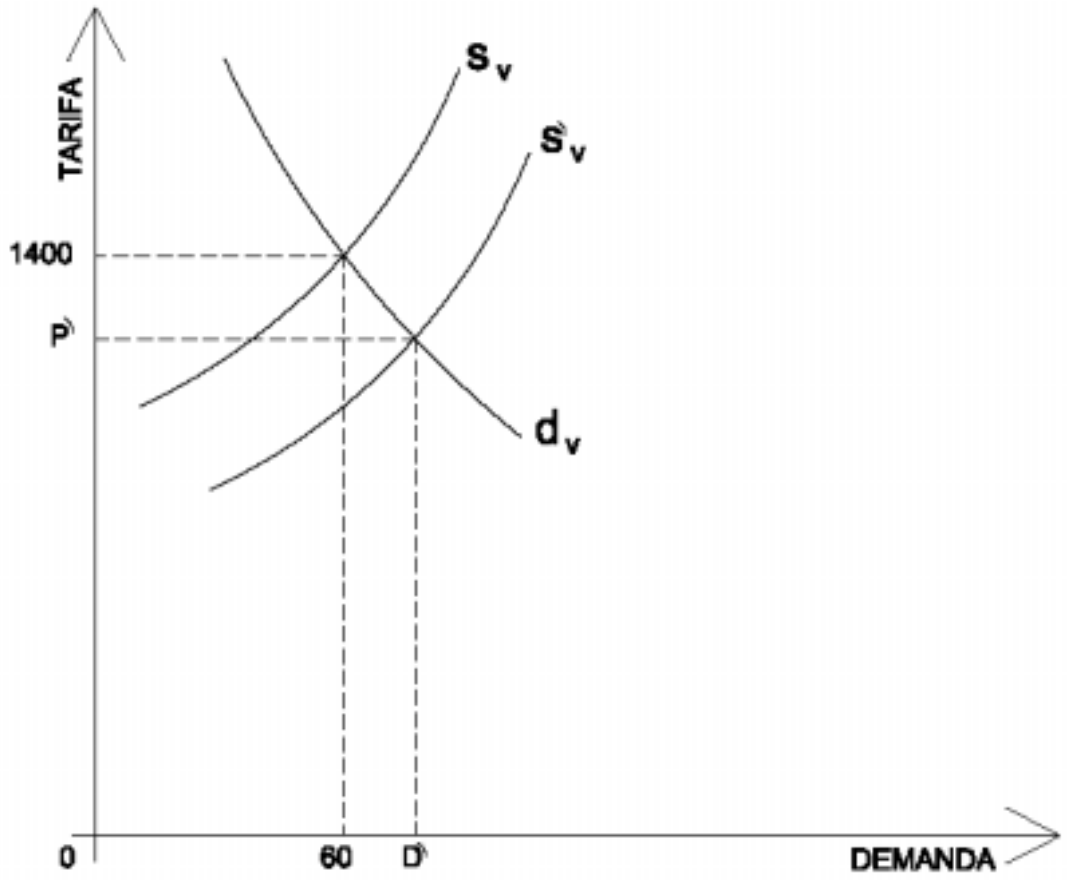
Con el nuevo punto de equilibrio entre precio y tarifa (**D',P'**) el total de ingresos por tarifa sufre una pierda equivalente a **R** y un incremento equivalente a **R'.**

Siendo: **R = 60. (1400 – P') y R' = (D'- 60). P'**



❑ Una nuevo estándar de oferta

Para alcanzar el nuevo punto de equilibrio en hora valle, la curva de oferta (**Sv**) tendrá que se desplazar a derecha estableciendo un nuevo estándar de oferta (**S'v**). Así, mismo que la pierda de ingresos **R** sea compensada con el incremento **R'** la oferta de servicios en hora valle tendrá que ser mas eficiente y menos costosa al sistema, o sea, deberá se ampliar la oferta a nivel de un **costo marginal**.



❑ Mejoría de los Servicios en Hora Valle

Los pasos para la evaluación de escenarios alternativos de política de tarifas en hora valle son:

- ❑ Ajuste y modelación de la matriz multimodal de viajes de hora valle (TM, colectivo y privados)
- ❑ Simulación de escenarios alternativos de tarifa en hora valle, por ejemplo: 1.200 pesos, 1.000 pesos, etc..
- ❑ Ajuste de la oferta de servicios en hora valle para cada escenario de tarifa
- ❑ Evaluación de la mejor alternativa de tarifa

En el Anexo I del Informe Final se presentara a titulo de recomendación, una metodología y las referencias para la modelación de demanda y tarifas en hora valle.

INFORME FINAL

OPTIMIZACION OPERACIONAL DE TRANSMILENIO

(51 pág.)

ITDP – TRANSMILENIO

CONSULTOR:

ING. GARRONE RECK

garrone@logitran.com.br

Diciembre, 2007