

6.3. ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE BUSES TRONCALES

6.3.1. ANÁLISIS DE DEMANDA DEL SISTEMA DE BUSES TRONCALES

En el Estudio de Factibilidad, el pronóstico de demanda del plan de operación del sistema de buses troncales se realiza en la hora pico de la mañana, pero se utiliza una base diaria para el análisis económico, en base del pronóstico de demanda en 2010 y 2025 del Estudio del Plan Maestro de JICA mencionado en la Sección 5, Futuro Pronóstico de Demanda de Tráfico y Transporte.

El análisis de demanda de la operación de los buses troncales y alimentadores en la hora pico de la mañana en 2010 se realiza en base de la red de rutas de buses troncales y alimentadores. Este sistema de redes sirve como un Caso Base. Se pronostica la demanda de los pasajeros suponiendo un sistema de tarifas integrado de S./1.5. Para poder identificar el efecto del sistema de buses troncales, también se realiza la comparación con un caso “Sin” proyecto que mantiene el sistema de buses convencionales con un sistema de 202 rutas. También se realiza el análisis de demanda en el año 2025 que es el año objetivo del Plan Maestro realizado por JICA para observar la sostenibilidad del sistema de buses troncales.

(1) Número Total de Pasajeros en el Sistema de Buses Troncales

La Tabla 6.3-1 muestra el número total de pasajeros de buses en la hora pico de la mañana por modo de bus compuesto por buses troncales, buses alimentadores y buses convencionales. Los pasajeros del bus alimentador están clasificados en áreas donde se encuentra el bus alimentador. Esta cifra indica que cuando un pasajero utiliza el bus troncal y el bus alimentador en un viaje, el pasajero es considerado como “pasajero de bus troncal” y “pasajero de bus alimentador”.

El número total de pasajeros de buses troncales en 2010 en el sistema este-oeste es aproximadamente 41,000 pasajeros / hora y los pasajeros de buses alimentadores en las áreas del Callao, Santa Clara y Huaycan son 1,900, 6,700 y 6,300 pasajeros / hora, respectivamente. El volumen de pasajeros en el Callao es menor que en Santa Clara y Huaycan. Esto se debe a que la generación y atracción de viajes en dirección al corredor este-oeste en el Callao es relativamente baja en comparación con las áreas de Santa Clara y Huaycan. En 2025, el número total de pasajeros en el sistema de buses troncales aumentará 1.27 veces en comparación con el número de 2010, cuando los pasajeros de buses troncales son 1.25 veces más.

Tabla 6.3-1 Número Total de Pasajeros de Buses por Hora en el Sistema de Buses Troncales

(Unidad: pasajeros/hora)

Area	Mode	With (Passengers)		With (Composition)		Increase Ratio 2025/2010
		2010	2025	2010	2025	
EW Line	Trunk Bus	41,064	51,523	73.4%	72.6%	1.25
Callao	Feeder Bus	1,880	2,872	3.4%	4.0%	1.53
Santa Clara	Feeder Bus	6,708	6,798	12.0%	9.6%	1.01
Huaycan	Feeder Bus	6,326	9,736	11.3%	13.7%	1.54
Total	Trunk-Feeder Bus	55,978	70,929	100.0%	100.0%	1.27

(2) Demanda de pasajeros en el Corredor Este-Oeste

1) Flujos de Pasajeros de Buses

La muestra los pronósticos de los pasajeros de buses troncales por segmento vial en 2010. Los números en la figura indican pasajeros a bordo en ambas direcciones en la hora pico de la mañana. El número máximo de pasajeros se observa en la Av. Ayllón con 22,000

pasajeros/hora/ambas direcciones. Los grandes flujos de pasajeros se encuentran en el segmento entre la Av. Grau y Carretera Central. Son pocos los pasajeros en el lado del Callao desde la Av. Grau. La Tabla 6.3-2 muestra el número máximo de pasajeros de ruta, flotas de buses operadas e intervalo mínimo en la vía de buses troncales EO en 2010 y 2025. Esos valores indican la suma de pasajeros o la flota de buses por cada línea, los cuales se muestran en la Figura 6.2-3. Los valores máximos indican el máximo de la suma en cada sección del corredor troncal. El número máximo de pasajeros de ruta en 2010, es aproximadamente 14,000/horra dirección en dirección entrante (E-O), que aumenta 1.2 veces en 2025. El intervalo operativo en 2010 equivale a 44 segundos y en 2025 el intervalo se reduce a 35 segundos. Desde el punto de vista del intervalo operativo, el sistema de buses troncales EO estará cerca de la capacidad de la ruta en 2025. En el evento que la demanda de pasajeros para la vía de buses troncales EO fuera lo suficientemente grande como para requerir un intervalo menor a 30 segundos, sería más apropiado introducir el bus biarticulado enlazando a tres vehículos (capacidad de 200 o 240 pasajeros). Bajo estas condiciones, el sistema de buses troncales EO será utilizado para tratar de prolongar la vida del sistema.

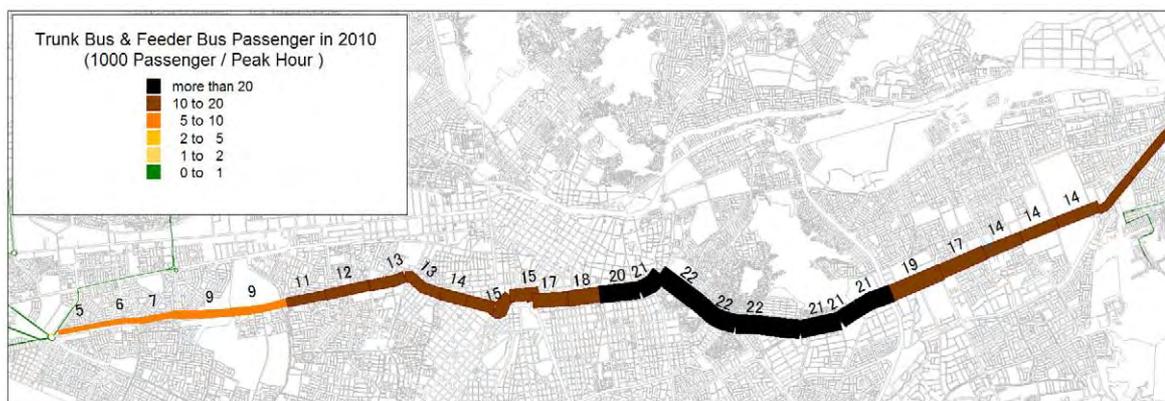


Figura 6.3-1 Flujos de Pasajeros de Buses Troncales en la Hora Pico de la Mañana en Ambas Direcciones

Tabla 6.3-2 Número Máximo de Pasajeros de Línea en la Vía de Buses Troncales EO

Items	2010	2025	2025/2010
Passengers/hr/dir	13,685	16,755	1.22
Bus Fleets/hr/dir	82	103	1.26
Headway (sec)	43.9	35.0	–

Con respecto a la hora no pico, de acuerdo a la fluctuación por hora de los pasajeros de buses en la Carretera Central del conteo de buses como se muestra en la Figura 6.3-3, los pasajeros y flota de buses disminuyen en alrededor de 50% de la hora pico. Por lo tanto, el intervalo de operación en la hora no pico se estimará en intervalos de aproximadamente 1.5-minutos en 2010 suponiendo la misma fluctuación como la actual.

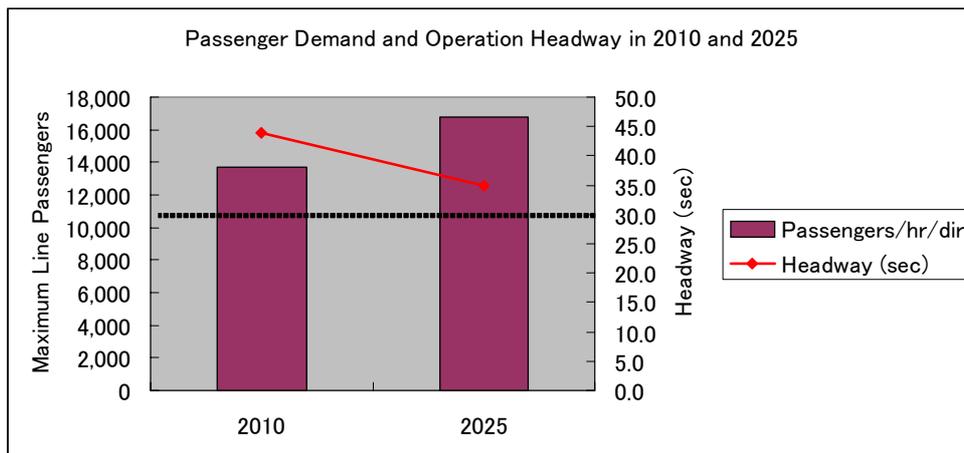


Figura 6.3-2 Demanda de los Pasajeros de Rutas/hora/dirección e Intervalo Mínimo de Operación en 2010 y 2025 en la Vía de Buses Troncales EO

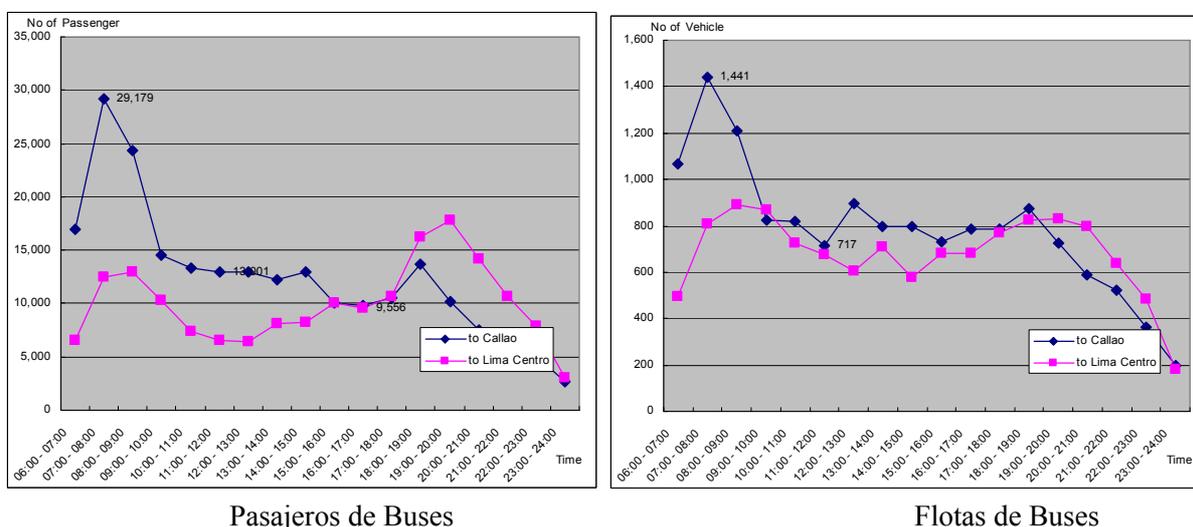


Figura 6.3-3 Fluctuación por Hora de Pasajeros y Flota de Buses en la Carretera Central en 2006

La Figura 6.3-4 y Figura 6.3-5 muestran los pasajeros de buses alimentadores por segmento de vía en el Callao, Santa Clara y Huaycan en el caso base en 2010. En el Callao, la gran cantidad de pasajeros se concentra cerca del terminal de buses troncales, y sus cifras varían entre 200 a 600 pasajeros/hora/ambas direcciones. Por otro lado, los pasajeros de buses alimentadores en Santa Clara y Huaycan son mayores que en el Callao. Un máximo de aproximadamente 1,900 pasajeros utiliza el bus alimentador en Santa Clara. Como las rutas del bus alimentador se concentran en los segmentos cercanos al terminal de Santa Anita, los pasajeros cerca del terminal aumentan notablemente a 4,200 pasajeros/hora/ambas direcciones.

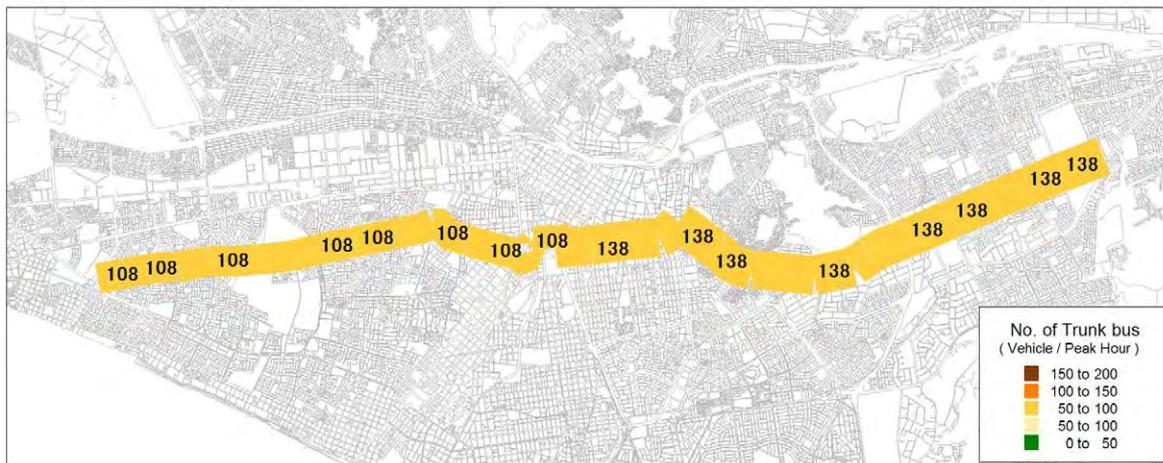


Figura 6.3-6 Volúmenes de Buses Troncales en la Hora Pico de la Mañana/Ambas Direcciones

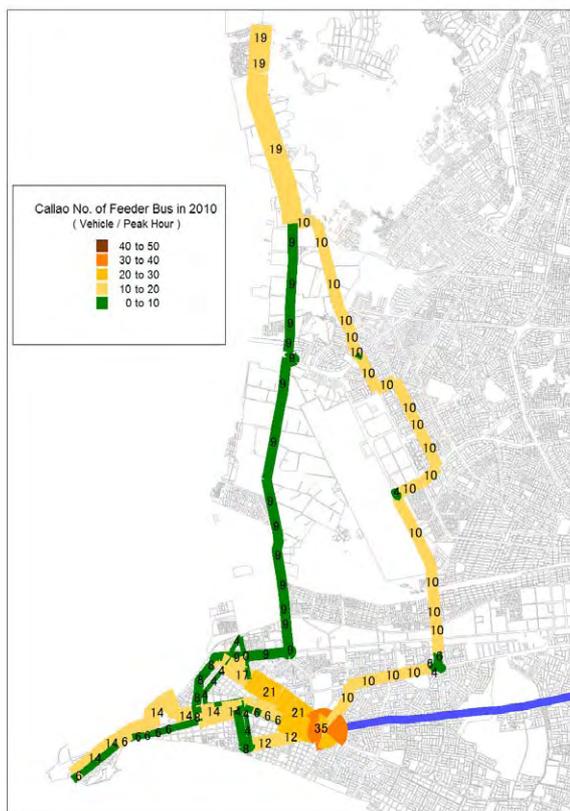


Figura 6.3-7 Flujo de Buses Alimentadores en la Hora Pico de la Mañana/Ambas Direcciones en el Callao



Figura 6.3-8 Flujos de Buses Alimentadores en la Hora Pico de la Mañana/Ambas Direcciones en Santa Clara y Huaycan

(3) Características de Rutas

1) Pasajeros por Modalidad de Transferencia en el Sistema de Buses Troncales

En el sistema de buses troncales EO, los pasajeros realizan transferencias del bus troncal a otros buses. La clasificación de pasajeros que realizan transferencias o no se muestra en la Tabla 6.3-3 y Figura 6.3-9 donde se clasifica sólo el bus troncal EO, sólo el bus alimentador y su uso combinado. Sólo el bus troncal llega a tener hasta 13,300 pasajeros / hora en 2010, equivalente a 33% del total en el sistema de buses troncales que es aproximadamente 40,000 pasajeros / hora. Por otro lado, sólo el bus alimentador tiene un número inferior de pasajeros con una cifra de aproximadamente 1,800. Las combinaciones con otros buses como los buses troncales-alimentadores y los buses alimentadores-convencionales tienen mayores volúmenes de pasajeros. En 2025, los pasajeros en el sistema aumentarán 1.24 veces en comparación con la cifra del 2010.

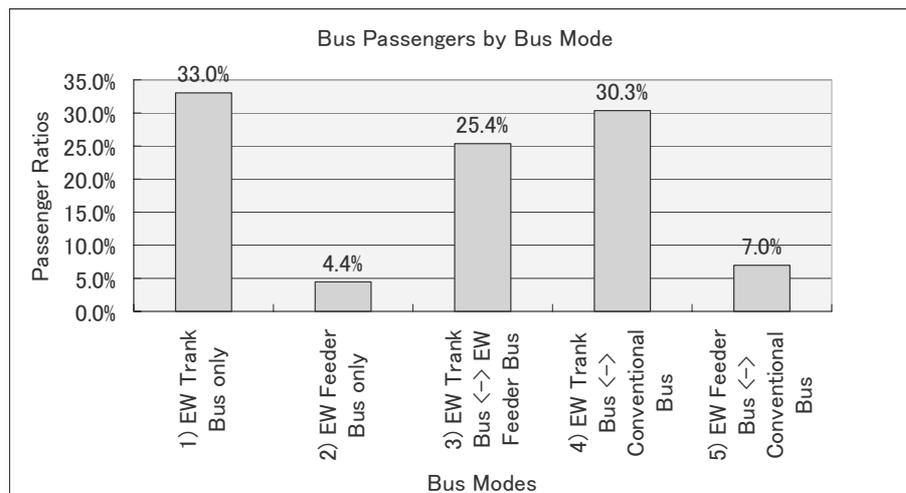


Figura 6.3-9 Pasajeros de Buses por Modo de Transferencia de Buses

Tabla 6.3-3 Número de Pasajeros por Modo de Transferencia en el Sistema de Bus Troncal EO

(Unidad: pasajeros/hora)

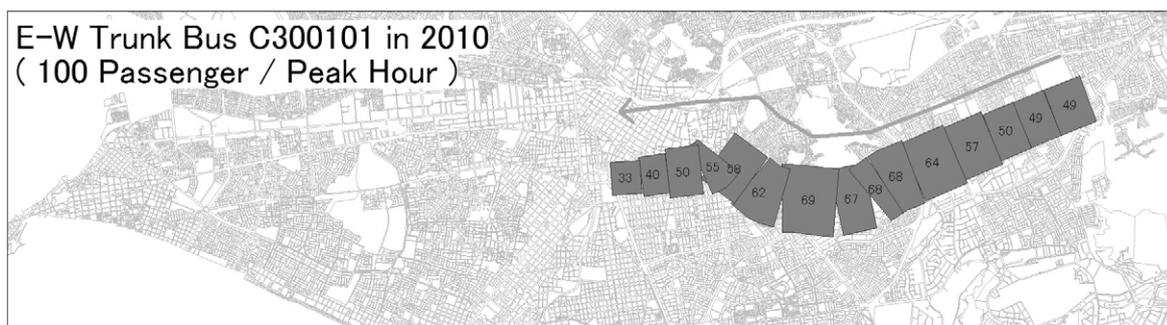
Transfer	With		With		
	2010	2025	2010	2025	2025/2010
	Passengers		Ratio		
1) EW Trunk Bus only	13,332	14,261	33.0%	28.3%	1.07
2) EW Feeder Bus only	1,775	2,119	4.4%	4.2%	1.19
3) EW Trunk Bus <-> EW Feeder Bus	10,255	12,959	25.4%	25.8%	1.26
4) EW Trunk Bus <-> Conventional Bus	12,244	16,723	30.3%	33.2%	1.37
5) EW Feeder Bus <-> Conventional Bus	2,822	4,251	7.0%	8.4%	1.51
Total	40,428	50,313	100.0%	100.0%	1.24

2) Pasajeros en las Rutas de Buses Troncales

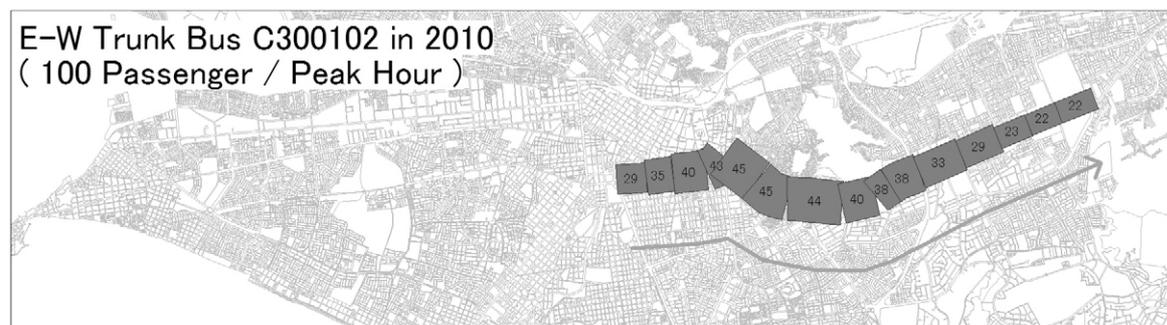
La Figura 6.3-10 a la Figura 6.3-12 muestran los pasajeros de buses entrantes y salientes en la hora pico de la mañana por línea de buses troncales en 2010. La configuración de las líneas de buses troncales en el sistema de buses troncales este-oeste ya se muestra en la Figura 6.2-3 donde las líneas de buses troncales consisten en tres líneas/ida y vuelta. Las rutas No. C300101 y 102 operadas en el segmento entre la Av. Grau y el terminal de Santa Anita transportan 6,900 pasajeros/hora/dirección en dirección entrante, en contraste con 4,500 en la dirección saliente.

En las rutas No. C300111 y 112 en el lado del Callao, como se muestra en la Figura 6.3-11, se utilizan aproximadamente 3,800 pasajeros/hora/dirección en dirección saliente, mientras que se utiliza 2,300 pasajeros/hora/dirección en dirección entrante.

La Figura 6.3-12 muestra los volúmenes de pasajeros en las rutas No. C300121 y 122 que conectan a ambos terminales. El número máximo de pasajeros es aproximadamente 6,900 pasajeros/hora/dirección en la Av. Grau en dirección al terminal de Santa Anita.

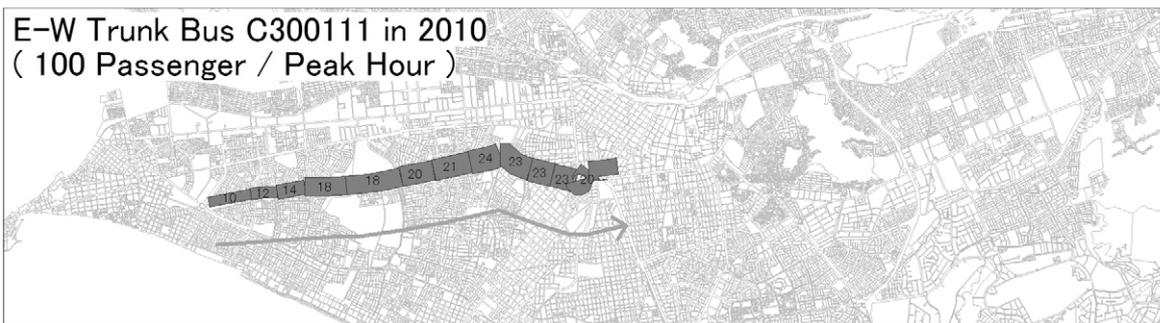


(Dirección Entrante)

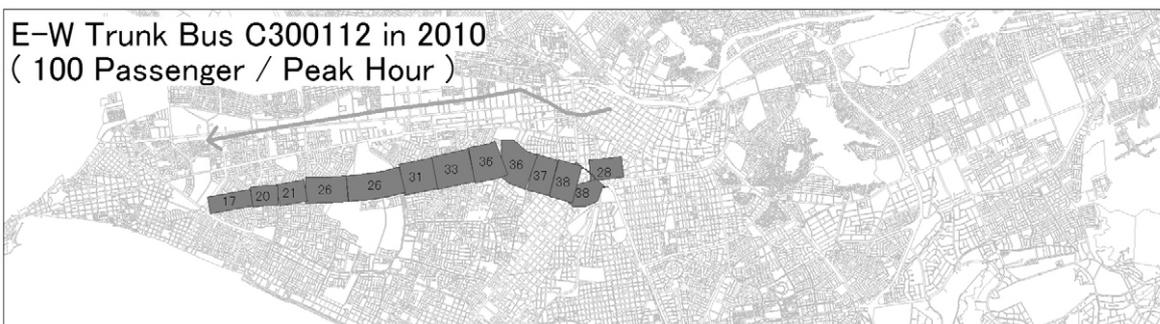


(Dirección Saliente)

Figura 6.3-10 Pasajeros de Buses Troncales a Bordo

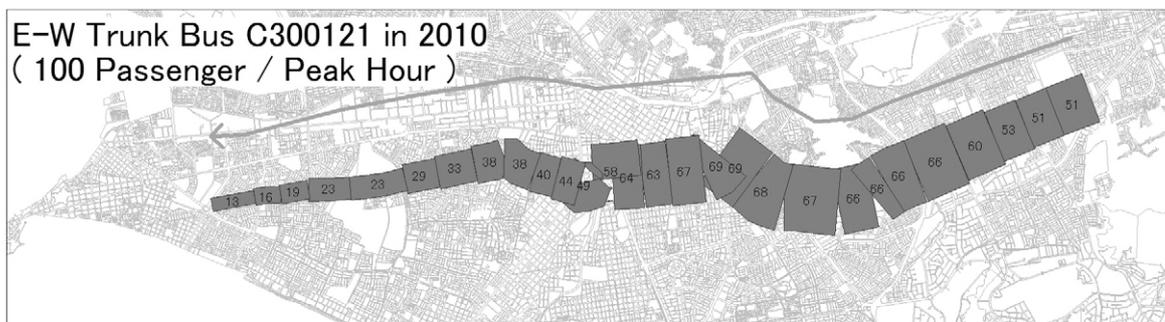


(Dirección Entrante)

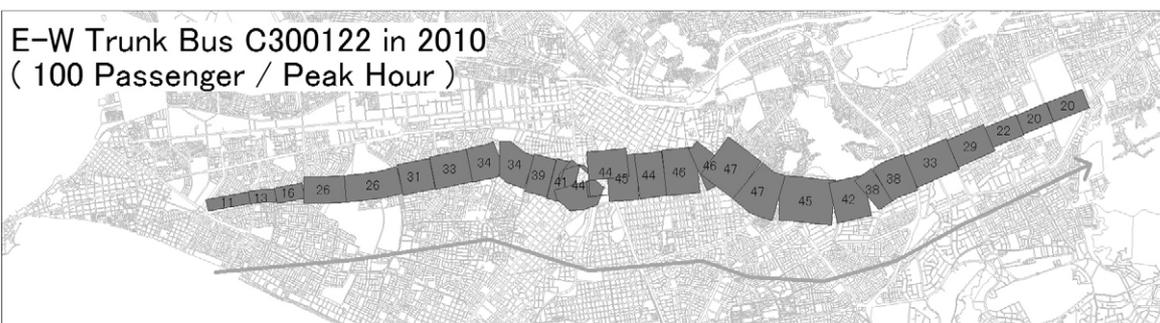


(Dirección Saliente)

Figura 6.3-11 Pasajeros de Buses Troncales a Bordo

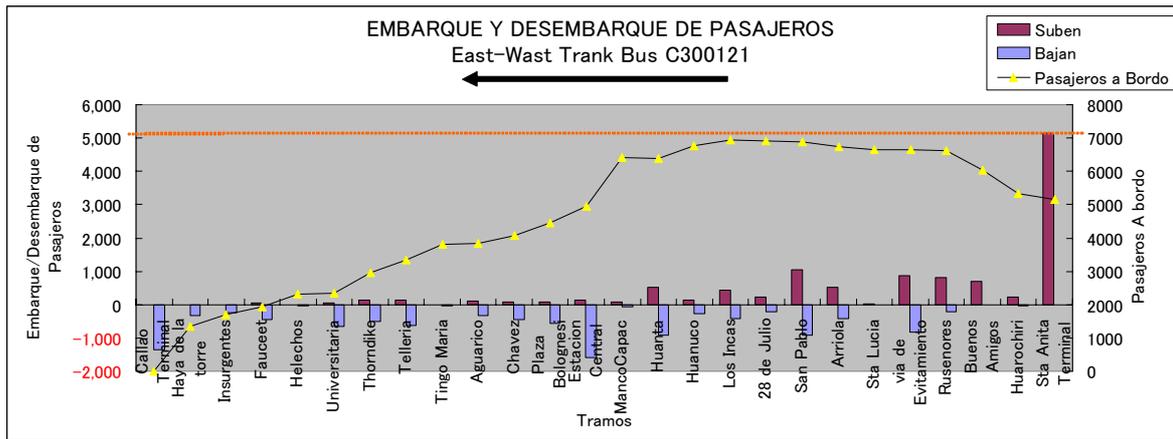


(En Dirección del Terminal de Buses de Santa Anita)

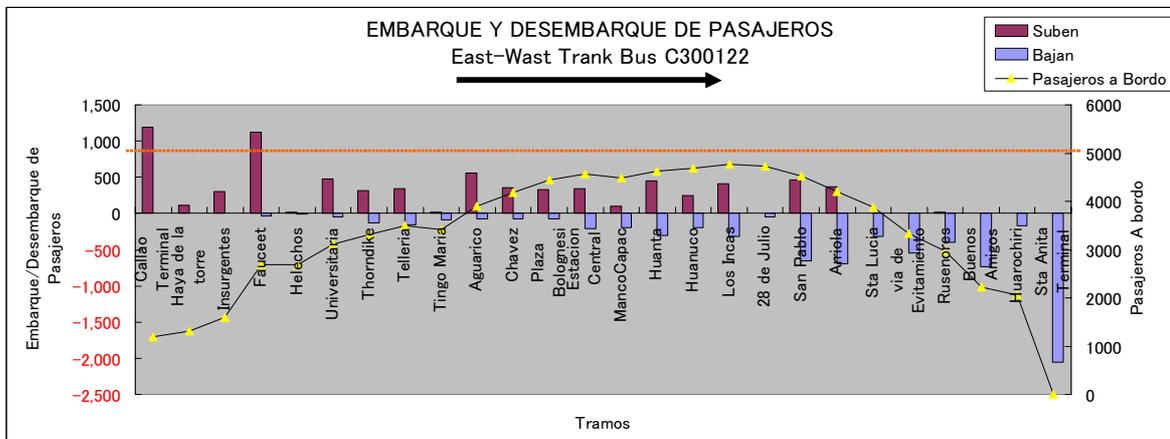


(En Dirección del Terminal de Buses del Callao)

Figura 6.3-12 Pasajeros de Buses Troncales a Bordo



Dirección desde el Terminal de Santa Anita hasta el Terminal del Callao (Línea No.: C300121)



Dirección desde el Terminal del Callao hasta el Terminal de Santa Anita (Línea No.: C300122)

Figura 6.3-14 Pasajeros que Embarcan y Desembarcan en Paraderos de Buses, y Pasajeros a Bordo (Líneas No. C300121 y C300122)

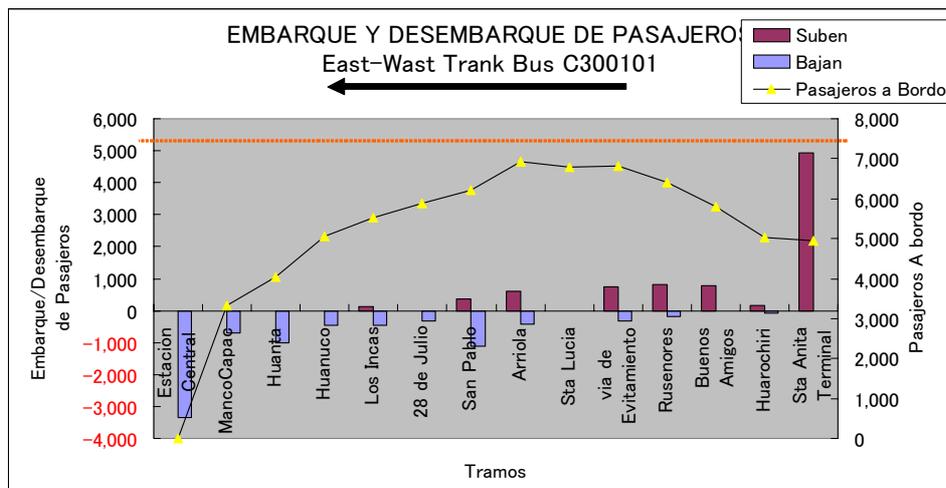


Figura 6.3-15 Pasajeros que Embarcan y Desembarcan en Paraderos de Buses, y Pasajeros a Bordo (Línea No. C300101)

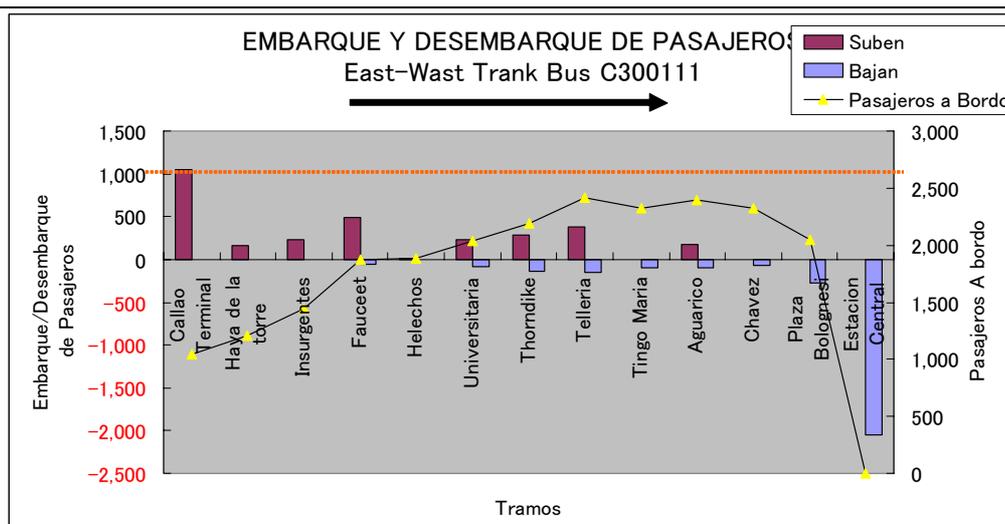


Figura 6.3-16 Pasajeros que Embarcan y Desembarcan en Paraderos de Buses, y Pasajeros a Bordo (Línea No. C300111)

(5) Comportamiento de los Pasajeros en los Terminales de Buses

La Tabla 6.3-4 muestra el comportamiento de los pasajeros en los terminales de buses en términos de pasajeros de buses troncales y alimentadores, y frecuencia de servicio. El número máximo de buses operados para la salida o llegada de buses troncales y alimentadores en el terminal de Santa Anita es aproximadamente 220 buses/hora, en contraste con 85 buses/hora en el terminal del Callao. Estos valores se estiman en base de la demanda de pasajeros en los terminales de buses. El número actual de buses operados será estimado en el plan de operación de buses. Estos valores serán utilizados para un área terminal necesaria.

Tabla 6.3-4 Pasajeros de Buses Troncales y Alimentadores, y Frecuencia de Servicio en Ambos Terminales de Buses

Terminal	Types	Passengers		No. of Operated Buses	
		Boarding	Alighting	Departure	Arriving
Callao	Trunk Bus	2,243	3,087	44	64
	Feeder Bus	1,419	233	41	22
	Conventional Bus	2,263	3,956	317	317
Santa Anita	Trunk Bus	10,114	4,280	82	56
	Feeder Bus	4,748	5,401	137	177
	Conventional Bus	1,240	5,631	540	540

(6) Ingresos de Pasajes

La Tabla 6.3-5 muestra los ingresos estimados de la operación de buses 2010. Se supone que el pasaje de buses es S./1.5 por viaje en los buses troncales y alimentadores bajo el sistema integrado de pasajes. Transferencias del servicio del bus alimentador al bus troncal y viceversa en terminales integrados de buses no requieren un cobro adicional. El ingreso total en el sistema de buses troncales y alimentadores es aproximadamente S./82,800/hora. El ingreso promedio por bus es S./153. El pasaje promedio pagado por pasajero utilizando el sistema de buses troncales es S./2.1.

El análisis detallado del sistema de pasajes en el sistema de buses troncales se realiza en la Sección 6.4 donde se analiza la relación entre los ingresos totales y los pasajeros con varias tarifas en el análisis de sensibilidad.

Tabla 6.3-5 Ingresos Totales de la Operación de Buses

(Unidad: S./ por hora)

	Items	With
Trunk Bus-Feeder Bus	Total Proceeds (S./)	82,836
	Proceeds/bus (S./)	153
	Proceeds/passenger (S./)	2.1

6.4. PLAN DEL SISTEMA DE TARIFAS DE BUSES

6.4.1. SISTEMA DE TARIFAS PROPUESTO

En el Estudio de Factibilidad, el sistema de tarifas emplea el sistema integrado de tarifas que permite transferencias sin el pago de una tarifa adicional cuando los pasajeros se transfieren desde/hacia el bus alimentador o bus troncal en el terminal. La tarifa fijada en S./1.5 se refiere a la tarifa de COSAC. La Figura 6.4-1 muestra un ratio de la tarifa de buses al PBIR/capita en los países de Sudamérica. La tarifa actual de S./1.0 en Lima es equivalente a 0.012% del PBIR/capita. La tarifa de S./1.5 establecida en el sistema integrado de tarifas es 0.018% del PBIR/capita. Sus cifras son un poco bajas en comparación con los otros países. Será posible que los pasajeros acepten la tarifa propuesta.

En esta sección, se realiza el análisis detallado del sistema de tarifas en el sistema de buses troncales donde se analiza la relación entre los ingresos y pasajeros totales con varias tarifas en el análisis de sensibilidad.

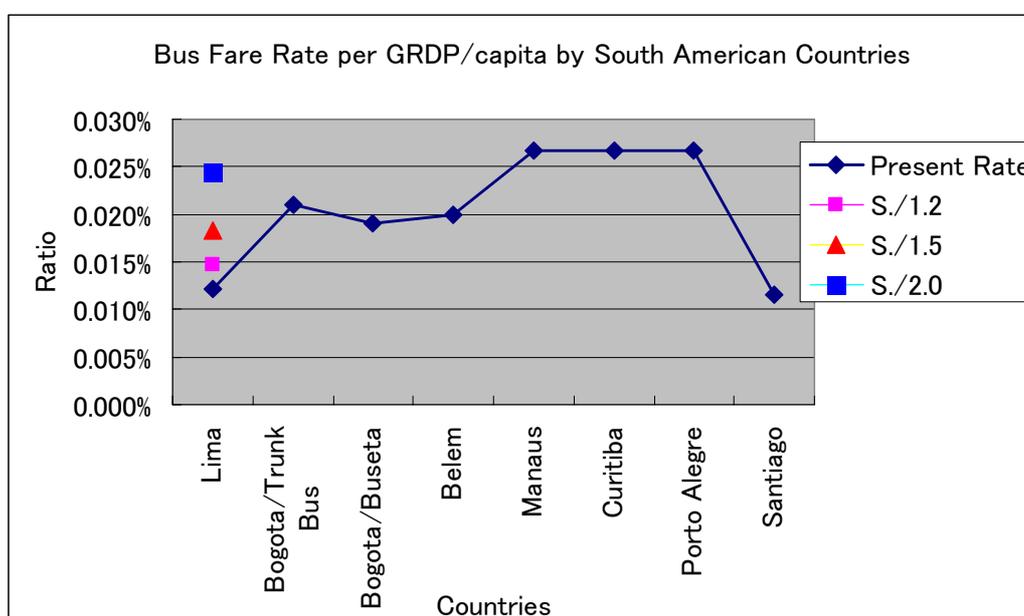


Figura 6.4-1 Tarifas de Buses por PBIR/capita en Países Sudamericanos

6.4.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

(1) Caso de Evaluación

Las siguientes cuatro (4) alternativas al sistema integrado son evaluadas en el análisis de sensibilidad.

- 1) Tarifa S./1.0
- 2) Tarifa S./1.2
- 3) Tarifa S./1.5 (tarifa propuesta)
- 4) Tarifa S./2.0

Por otro lado, también se establece una menor tarifa del bus alimentador en el caso de evaluación para fomentar el uso de buses para la gente pobre. Se establecen los siguientes dos (2) casos de evaluación.

- 5) Tarifa del bus troncal S./1.5 y tarifa del bus alimentador S./0.5
- 6) Tarifa del bus troncal S./1.5 y tarifa del bus alimentador S./1.0

La Figura 6.4-2 muestra el procedimiento del análisis de sensibilidad.

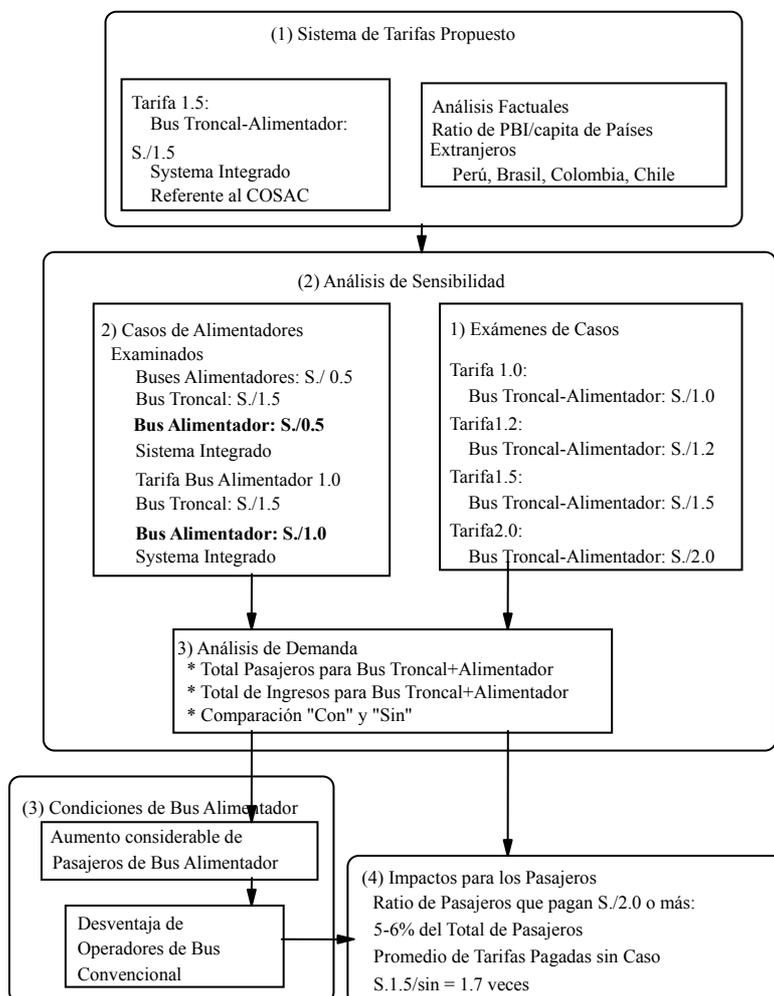


Figura 6.4-2 Procedimientos para el Análisis de Sensibilidad

(2) Análisis de Sensibilidad

1) Número Total de Pasajeros por Buses Troncales y Alimentadores

La Tabla 6.4-1 muestra el número total de pasajeros de buses por horas e ingresos por diferentes casos de tarifas. La Figura 6.4-3 muestra la relación entre el total de ingresos, pasajeros y tarifas pagadas por pasajero. El gráfico lineal de pasajeros e ingresos totales muestran una reducción aumentando la tarifa. Como estas líneas no muestran el punto máximo o mínimo de inflexión de una curva, es difícil encontrar una tarifa óptima.

El ratio del total de pasajeros con la tarifa de S./1.5 es 2.0 veces con la tarifa de S./1.0, en contraste con 0.7 veces con la tarifa de S./2.0. Por otro lado, los ratios de los ingresos totales son 1.6 veces con la tarifa de S./1.0 y 0.8 veces con la tarifa de S./2.0. Los ingresos por pasajero son S./2.0 con la tarifa de S./1.5, en contraste con S./1.6 en el caso "Sin". Desde el punto de vista de ingresos, las tarifas de S./1.0 o 1.2 son racionales.

La Figura 6.4-4 muestra la relación entre los buses operados e ingresos/bus en las casos de evaluación. Los ingresos por bus se elevan aumentando la tarifa. Por otro lado, el número

de buses operados se reduce aumentando la tarifa. Desde el punto de vista de operación de buses, las tarifas de buses de S. /1.5 o 2.0 son razonables.

Tabla 6.4-1 Número Total de Pasajeros e Ingresos de Buses por Hora por Casos de Tarifas

Items	Fare Rate 1.0	Fare Rate 1.2	Fare Rate 1.5	Fare Rate 2.0
Trunk and Feeder Bus Passengers (pax/hr)	79,931	53,809	40,428	27,786
Total Proceeds of Trunk Bus System (S./hr)	135,526	97,890	82,836	66,764
Proceeds/passenger of Trunk Bus System	1.7	1.8	2.0	2.4
Proceeds/bus of Trunk Bus Sytem	134.5	134.7	153.1	191.3
Ratio of Bus Passengers to Fare Rate 1.5	2.0	1.3	1.0	0.7
Ratio of Total Proceeds to Fare Rate 1.5	1.6	1.2	1.0	0.8

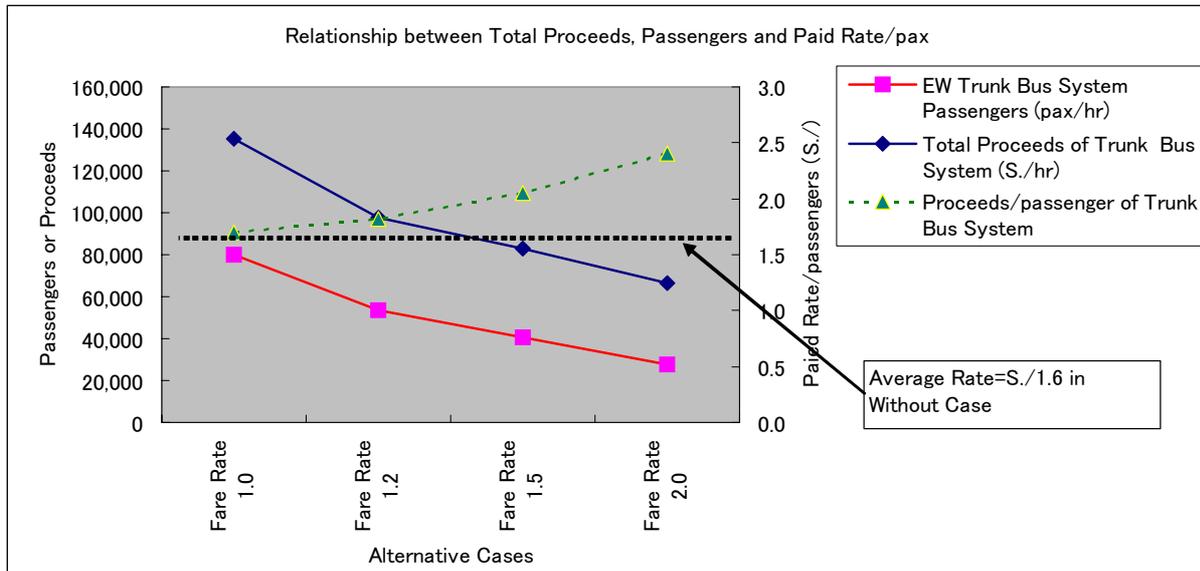


Figura 6.4-3 Relación entre el Total de los Ingresos, Pasajeros Tarifas Pagadas/pasajero

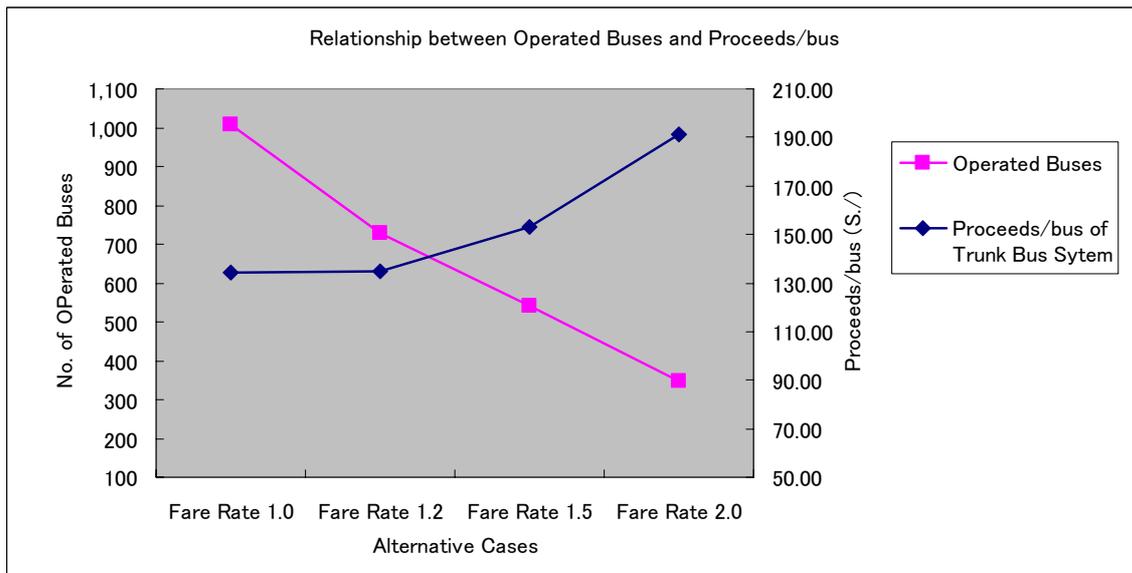


Figura 6.4-4 Relación entre los Buses Operados e Ingresos/bus

(3) Condiciones del Bus Alimentador

La Tabla 6.4-2 muestra los pasajeros por modo de transferencia de buses e ingresos totales en las tarifas alimentadoras de S./0.5 y S./1.0. Como se puede observar, los pasajeros relacionados con el bus alimentador que pagan S./0.5 aumentan sorpresivamente 6.4 veces para “sólo el bus alimentador” y 9.6 veces para “los buses alimentadores y convencionales”. Con respecto a la tarifa alimentadora S./1.0, los ratios de aumento de pasajeros son 2.4 veces para “sólo el bus alimentador” y 3.1 veces para “los buses alimentadores y convencionales” (ver la Figura 6.4-5).

De la discusión anterior, cuando la tarifa del bus alimentador se fije en S./0.5 o S./1.0, habrá demasiados pasajeros de buses convencionales para operar un bus alimentador. Estas condiciones tienen un fuerte impacto sobre la operación del bus convencional y el bus convencional pierde pasajeros en beneficio del bus alimentador debido a la menor tarifa. Por lo tanto, la menor tarifa del bus alimentador no es aceptable, no sólo en el sistema del bus convencional, sino también en el sistema del bus troncal.

Tabla 6.4-2 Pasajeros por Modalidades de Transferencia de Buses y Ingresos Totales

	(1) T=S/1.5, F=S/0.5	(2) T=S/1.5, F=S/1.0	(3) Fare Rate 1.5	(1)/(3)	(2)/(3)
EW Trunk Bus only	12500	13124	13332	0.94	0.98
EW Feeder Bus only	11292	4255	1775	6.36	2.40
EW Trunk Bus <-> EW Feeder Bus	17349	14070	10255	1.69	1.37
EW Trunk Bus <-> Conventional Bus	8755	10983	12244	0.72	0.90
EW Feeder Bus <-> Conventional Bus	26978	8782	2822	9.56	3.11
Total Passengers	76,874	51,214	40,428	1.90	1.27
Total Proceeds of Trunk Bus System	131614.3	100937.4	82835.9	1.59	1.22
Proceeds/bus of Trunk Bus Sytem	114.45	127.13	153.12	0.75	0.83
Proceeds/passenger of Trunk Bus System	1.71	1.97	2.05	0.83	0.96

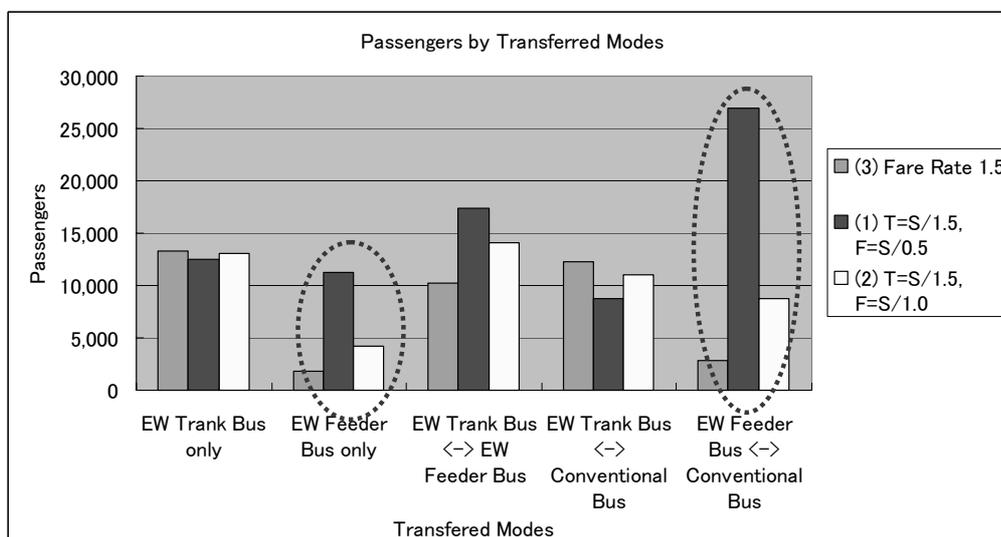


Figura 6.4-5 Pasajeros por Modalidades de Transferencia

(4) Impactos en pasajeros

La tarifa propuesta de S./1.5 es razonable considerando el volumen de los pasajeros de buses y los buses operados. Y es difícil proponer la baja tarifa del bus alimentador en el sistema. Cuando se emplee este sistema de tarifas, los pasajeros que pagan una tarifa de S./2.0 o más, incluyendo el uso del bus convencional, son apenas el 7% del total de los usuarios de buses troncales.

6.5. PLAN DE OPERACIÓN DE BUSES TRONCALES

6.5.1. PLANIFICACIÓN

(1) Frecuencia de Servicio

1) Frecuencias de Servicio del Bus Troncal y Alimentador

En la Sección 6.1, se muestra la frecuencia e intervalo de operación de buses en base al modelo de asignación de tránsito. La frecuencia de operación de la hora pico por línea de bus troncal, sin embargo, se obtiene dividiendo el mayor segmento de ruta de demanda de pasajeros de una línea específica por la capacidad del bus articulado. Los pasajeros en una línea específica varían constantemente a lo largo de la ruta desde el origen hasta el destino, y la mayor demanda se concentra en ciertos segmentos de rutas o entre ciertos paraderos de buses. Desde el punto de vista de eficiencia de operación y economía, la capacidad de buses tiene 110% de la capacidad estándar considerando las características de los pasajeros a bordo. Los resultados del cálculo se muestran en la tabla Tabla 6.5-1. Las características sobresalientes de la frecuencia de operación se resumen a continuación.

- 1) En 2010, el intervalo de las líneas de buses troncales es alrededor de 1.7 y 2.5 minutos en las Líneas C300101 y C300102. En las Líneas C300111 y C300121, el intervalo es alrededor de 4.6 y 3.0 minutos. Las Líneas C300121 y C300122 son operadas con un intervalo de 1.7 y 2.3 minutos.
- 2) Cuatro (4) rutas de buses alimentadores están en operación, cada una con un intervalo mínimo de alrededor de 5 minutos y sus pasajeros se transfieren a las líneas de buses troncales en el terminal del Callao.
- 3) En Santa Anita, tres rutas de buses alimentadores respectivamente parten del terminal cada 3-10 minutos aproximadamente exclusivamente en la Línea F420111.
- 4) Tres rutas de buses alimentadores en Huaycan parten del terminal cada 3 minutos.

Tabla 6.5-1 Frecuencia de Servicio de Buses y Requerimiento de Flota para los Buses Troncales y Alimentadores

Seq.No.	Area	Mode	Line No.	Distance (km)	Direction	Operation Speed (km/h)	Operation Time (min)	Passengers	Maximum Line Passengers	Modified Frequency	Modified Headway (min)	No. of Needed Operation Buses	Sub-total /Area	Total Buses /Type
1	EW Line	Trunk Bus	C300101	11.7	E→W	35	20.0	8508	6970	36	1.7	30	96	96
2			C300102	11.7	W→E	35	20.0	5728	4590	24	2.5			
3			C300111	9.6	W→E	35	16.4	3025	2550	13	4.6			
4			C300112	9.6	E→W	35	16.4	4739	3910	20	3.0			
5			C300121	21.3	E→W	35	36.4	11539	6970	36	1.7			
6			C300122	21.3	W→E	35	36.4	7525	4930	26	2.3			
7	Callao	Feeder Bus	F219211	5.6		25	13.3	185	222	5	12.0	10	40	
8			F219212	6.5		25	15.6	514	518	12	5.0			
9			F219221	17.4		25	41.7	0	0	0	0.0			
10			F219222	17.5		25	42.1	305	333	8	7.5			
11			F219231	18.9		25	45.2	186	148	3	20.0			
12			F219232	18.7		25	44.9	300	222	5	12.0			
13			F219251	7.6		25	18.1	118	148	3	20.0			
14			F219252	7.6		25	18.3	272	296	7	8.6			
15	Santa Clara	Feeder Bus	F420111	9.5		25	22.9	124	111	2	30.0	8	130	
16			F420112	9.5		25	22.9	457	296	7	8.6			
17			F420121	11.0		25	26.3	953	962	23	2.6			
18			F420122	11.0		25	26.3	1079	962	23	2.6			
19			F420131	15.7		25	37.7	2863	2812	68	0.9			
20			F420132	15.7		25	37.7	1232	962	23	2.6			
21	Huaycan	Feeder Bus	F410111	18.6	E→W	25	44.7	780	703	17	3.5	38	40	
22			F410112	18.6	W→E	25	44.7	1153	925	22	2.7			
23			F410121	19.1	E→W	25	45.8	843	814	19	3.2			
24			F410122	19.1	W→E	25	45.8	1208	962	23	2.6			
25			F410131	21.5	E→W	25	51.5	1190	1147	27	2.2			
26			F410132	21.5	W→E	25	51.5	1152	962	23	2.6			

(2) Operación de Flota de Buses

El sistema de buses troncales requiere buses articulados (unidades de dos cuerpos con capacidad de 170 pasajeros) y buses alimentadores (capacidad de 37 pasajeros)¹. El tamaño de la flota se obtiene básicamente del mayor número de pasajeros por línea en hora pico, con algunos ajustes para el largo respectivo de la línea, la velocidad de operación y la frecuencia de rotación. El número de flota de buses requerida se calcula tentativamente del mayor número de pasajeros en la hora pico por terminal de buses troncales y la capacidad del bus alimentador. Se aplican los siguientes supuestos para estimar la flota necesaria de buses troncales y alimentadores.

- 1) El valor del mayor número de pasajeros de buses usado para calcular el número de flota de buses troncales y alimentadores se toma de los resultados de asignación por línea de buses troncales.
- 2) La extensión total de la ruta es la distancia de cada línea de buses troncales y alimentadores desde el origen hasta el destino.

La Tabla 6.5-1 muestra los resultados del cálculo para cada línea de buses troncales y alimentadores. La conclusión del cálculo se puede resumir de la siguiente manera.

- 1) Un total de 100 buses articulados con una capacidad de 170 pasajeros será necesaria para 2010 cuando el sistema de buses troncales inicie su operación.
- 2) 300 buses alimentadores con una capacidad de 37 pasajeros serán necesarios en 2010 de los cuales 40 buses son necesarios en el Callao, 130 en Santa Clara y 130 en Huaycan.

6.5.2. PLAN DE ADQUISICIONES DE BUSES TRONCALES Y BUSES ALIMENTADORES

En Lima, como las empresas de buses no posee buses articulados con capacidad para 170 pasajeros, el sistema de buses troncales propone la adquisición de buses troncales nuevos. Con respecto al bus alimentador, se propone la adquisición de una flota nueva de buses alimentadores con capacidad para 37 pasajeros en lugar de utilizar los Microbuses existentes al sistema alimentador.

La adquisición total de las flotas de buses troncales y alimentadores es alrededor de 100 buses articulados y 300 buses alimentadores.

6.5.3. REQUERIMIENTO VEHICULAR DEL SISTEMA DE BUSES TRONCALES

(1) Requerimiento Estructural

El sistema troncal de buses este-oeste opera una flota de buses articulados de doble cuerpo. La Figura 6.5-1 muestra las vistas laterales y superiores de un bus articulado al cual se hace referencia en el proyecto COSAC. Las especificaciones principales son las siguientes.

- 1) Articulación de dos cuerpos con motor de gas natural comprimido (GNC)
- 2) Capacidad estándar para alrededor de 170 pasajeros
- 3) Dado que se espera el crecimiento de los pasajeros en la hora pico a 110-120%, o 180-200 pasajeros, de la capacidad, la estructura debe ser lo suficientemente fuerte para transportar la carga pesada.
- 4) Cuatro puertas, o dos por cuerpo, están disponibles para los pasajeros que embarcan y desembarcan.

¹ La capacidad de los buses alimentadores puede variar de entre 35 a 40 pasajeros.

- 5) Las puertas se encuentran al lado izquierdo de los cuerpos en donde el piso se encuentra a 90 cm. del suelo.
- 6) El número y distribución estándar de asientos es de cuatro asientos por fila, o dos asientos a casa lado de la fila del centro. Para poder cumplir con la demanda de la hora pico, sin embargo, el número de asientos será reducido con una fila central mas grande.

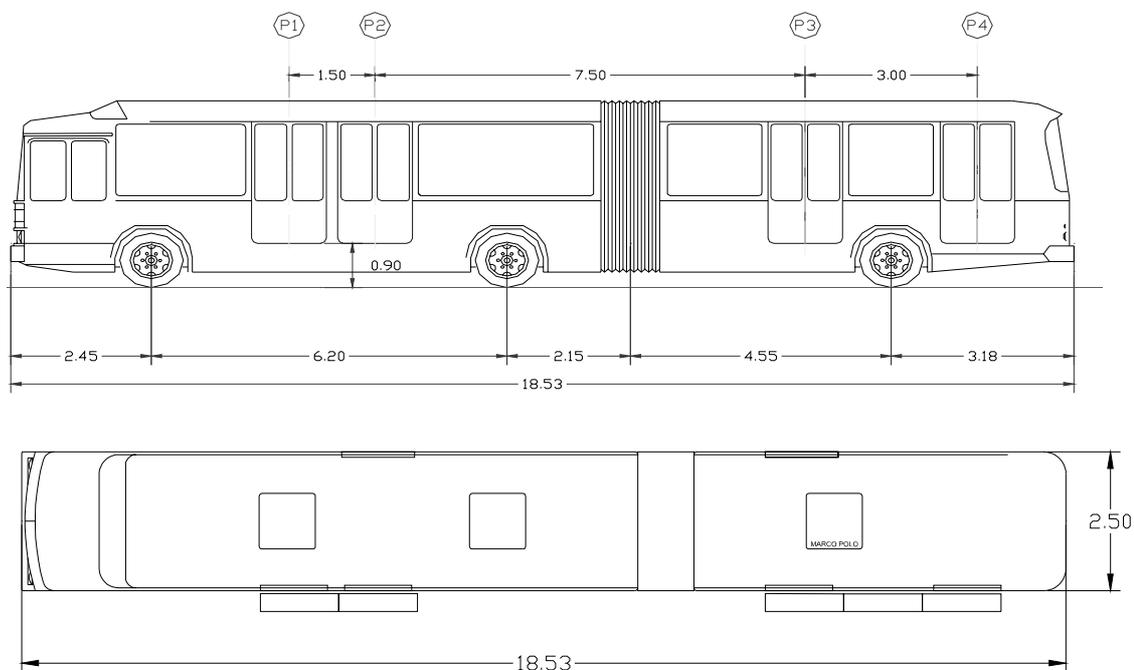


Figura 6.5-1 Vistas Estándar de la Sección Transversal del Bus Articulado de Cuatro Puertas

(2) Requerimiento Ambiental

El volumen de emisiones seguramente aumentará aprisa con el crecimiento esperado del tráfico motorizado en el futuro cercano. Para contrarrestar el calentamiento global, un mayor número de gobiernos están tratando de desarrollar y comercializar carros de bajas emisiones. Los países Europeos están considerando aumentar el estándar de emisiones del actual EURO-4 vigente desde Enero de 2005. Japón ha estado promoviendo el mayor uso de buses abastecidos por gas natural comprimido (GNC) y desarrollando nuevos buses híbridos de baja emisión.

La gran tendencia global es el uso de buses abastecidos por GNC, aunque existen varios esfuerzos para desarrollar nuevos motores de baja emisión. Los motores GNC son mecánicamente iguales que los motores diesel pero utilizan gas natural comprimido en lugar de petróleo diesel. La emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) por motores con combustible GNC es 60 a 80% menos que los motores a combustión de diesel. La emisión de monóxido de hidrógeno (HC) y monóxido de carbono (CO) también es 80% y 70% menos, respectivamente.

Por lo tanto, la flota del bus troncal propone introducir el bus a combustible GNC en el sistema de buses troncales. Se debe resaltar, sin embargo, que los buses a combustible GNC tienen algunas desventajas. Primero, son más caros, costando 20 a 30% más que los buses a combustión de diesel. Segundo, tienen una baja autonomía de manejo de 200 a 250 Km. por tanque que es la misma distancia a la del bus convencional. Tercero, existe un número limitado de estaciones GNC en Perú. En Japón, la Agencia de Protección Ambiental del gobierno nacional ha establecido una facilidad financiera para subvencionar

a las empresas de buses privadas que están dispuestas a cambiar sus flotas de buses a combustión de diesel a buses a combustión de GNC. Con respecto al área de estudio, se propone establecer una estación de GNC en cada terminal de buses troncales. (Las líneas de buses troncales propuestas varían con entre 15 a 20 kilómetros de largo. Esto significa que los buses troncales tienen que volver a llenar sus tanques después de 10 a 15 viajes completos.)

(3) Sugerencias para las Condiciones de las Flotas de Buses

Los principales objetivos para la introducción del sistema de buses troncales son i) reducir el volumen de tráfico de buses existente para mitigar la fuerte congestión vehicular, ii) asegurar un sistema de operación de buses seguro y agradable, y iii) preservar el buen aspecto ambiental especialmente en cuanto a la reducción de la contaminación del aire.

Para atinjar estos objetivos al se introducir el sistema de buses troncales, un cierto número de usuarios de vehículos privados debe transferirse para el sistema de buses troncales. Considerándose el cambio del modo de transportes de vehículos privados para el sistema de buses troncales, así como el incremento de pasajeros en los buses troncales, sugerimos los siguientes temas basados en la flota de buses troncales. Los beneficios de la introducción del sistema de buses troncales se describen en la sección 6.6 así como en el análisis económico y financiero de este informe.

- a) La flota de buses debe asegurar la seguridad y confort en el interior de las unidades. (El conductor debe ser capacitado dentro de las cooperativas de las empresas de buses para garantizar la seguridad en el tránsito y el confort del pasajero)
- b) El interior de las unidades de la flota de buses debe ser mantenido limpio y bien iluminado.
- c) La flota de buses debe recibir un mantenimiento diario, al finalizar la operación.
- d) Se debe instalar un sistema de aire acondicionado en las unidades de la flota de buses.

Por ejemplo, antes de la introducción del sistema de buses troncales en la ciudad de Bogota, la seguridad al interior de la flota de buses era bastante deficiente. Sin embargo, con la introducción del sistema de buses troncales, la seguridad al interior de las unidades fue mejorada por el uso de una flota de buses de alta cualidad tal como a la mencionada anteriormente.

6.5.4. SISTEMA DE TARIFAS

(1) Cobranza de Tarifas

La tarifa de buses es pagada actualmente en efectivo al momento del embarque. Los pasajeros se embarcan al bus por la puerta delantera y le pagan la tarifa al conductor y caminan hacia la puerta trasera para bajarse del bus. Los pasajeros tienen que volver a pagar la tarifa cuando se transfieren de una línea a otra.

El sistema de tarifas propuesto para la operación de buses troncales está integrado en los terminales entre las líneas de buses troncales y las líneas de buses alimentadores. Las transferencias entre las líneas de buses troncales y convencionales no están integradas: los pasajeros tienen que volver a pagar la tarifa cuando se transfieren de uno al otro. Debido a que todas las líneas de buses troncales se encuentran en un rango de 15 a 20 Km. de largo. en largo total, la tarifa será fijada uniformemente.

Se estima que las líneas de buses troncales operan con el intervalo respectivo de 2 a 5 minutos desde cada terminal durante las horas pico. Esto implica que el tráfico de buses troncales en la Av. Grau es un bus cada 40 segundos. Con el sistema de tarifas actual, un

pasajero necesita 1.5 a 2.0 segundos para subirse al bus. En los paraderos de buses donde hay 10 pasajeros esperando, su embarque demora 15 a 20 segundos. Para poder operar buses troncales cada 40 segundos, es crucial reducir el tiempo requerido para embarque. Asimismo, la operación del bus troncal introducirá un sistema de ventas de boletos como se muestra en la próxima sesión.

(2) Venta de Boletos, Cupones y Pases a Término

Boletos, cupones y pases por periodos pueden ser vendidos en kioscos, terminales de buses, o centros comerciales. Los pasajeros deberán comprar los boletos o cupones antes de subirse a un bus troncal y antes de ingresar a un terminal integrado de buses. Esto reducirá substancialmente el tiempo requerido para el embarque de pasajeros.

Por lo tanto, el cobrador no es necesario debido a la precompra.

Es necesario inspeccionar a los pasajeros con boletos gratis cuando se embarquen en el paradero de buses. Por lo tanto, el inspector se encuentra ubicado en el paradero de buses para observar a los pasajeros que no pagan una tarifa de buses por ingreso ilegal al paradero.

Para evitar la confusión inicial esperada, puede ser necesario permitir el pago en efectivo durante los primeros meses.

(3) Reestructuración de la Mano de Obra

El sistema de buses troncales propuesto introduce una flota de buses articulados más grandes y una operación de buses más eficiente. Por lo tanto, es probable el requerimiento de una reestructuración de tamaño de los chóferes, conductores, cobradores y otro personal empleado actualmente. Durante la etapa inicial de la operación de buses troncales, puede ser necesario facilitar la carga inevitable de la reestructuración permitiendo que los trabajadores redundantes atiendan el terminal de buses que opera y mantiene la operación de buses troncales.

(4) Futura Tendencia del Sistema de Cobranza de Tarifa

El futuro sistema de cobranza de tarifas será como se explica a seguir.

- 1) El sistema electrónico de tarjetas será introducido gradualmente.
- 2) Varios tipos de tarjetas son utilizadas en diferentes ciudades del mundo, como tarjetas prepago, tarjetas inteligentes, tarjetas IC sin contacto, tarjetas de crédito y tarjetas magnéticas utilizadas por viaje. Como el sistema de buses troncales propuesto empezará a operar en 2010, hay tiempo suficiente para examinar las opciones disponibles y tomar la decisión final. Las futuras perspectivas socioeconómicas del área del estudio, opiniones y actitudes de pasajeros de buses y la capacidad administrativa de las empresas de buses tendrán que ser analizados de cerca para seleccionar el tipo de tarjeta más adecuado.

Con respecto a los medios de tarifas electrónicas, los medios electrónicos actualmente ofrecen mayor conveniencia a los usuarios actuales y potenciales del transporte. Actualmente, existen varios tipos de programas desarrollados en el extranjero, pero incluso muchos de esos ejemplos aun están a prueba en fases piloto. En los Estados Unidos, países Europeos y Japón, se ha iniciado el desarrollo de varios programas multipropósito, pero las aplicaciones en servicio son limitadas a la fecha.

6.5.5. SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁFICO

El sistema de bus troncal que opera en corredores segregados sirve para incrementar la demanda de transporte público al mismo tiempo en que mejora la conveniencia del mismo

y asegura la puntualidad. Aún cuando los corredores segregados de buses tienen su propio espacio de tráfico, no tiene un espacio de operaciones prioritario en las intersecciones, como los ferrocarriles. Por lo tanto, en las intersecciones, el bus troncal debe obedecer a los semáforos. La instalación de semáforos con prioridad para los buses busca maximizar los méritos del bus troncal y lograr la coexistencia entre la operación del bus troncal y las vías de tráfico mixto.

La siguiente sección nos muestra el control de flujo de tráfico en las intersecciones y el sistema de control de semáforos con prioridad para buses.

(1) Control del Flujo de Tráfico en las Intersecciones

1) Control del Flujo de Tráfico

Los paraderos propuestos se ubican inmediatamente después de una intersección controlada por semáforo. En estos tipos de paraderos, a veces el bus troncal debe esperar por la luz roja en la intersección. Demoras significativas pueden ocurrir en las intersecciones. El bus está obligado a esperar en la intersección hasta que el semáforo cambie a verde.

En el Estudio, para minimizar las demoras de los buses en las intersecciones, se prohibirá el giro a la izquierda de los vehículos de los carriles de tráfico mixto en las intersecciones del corredor Este-Oeste. No se permitirá que el flujo de tráfico realice giros para cruzar el corredor de buses hacia o de las vías transversales. En tales casos no se restringe el tráfico de giros a la derecha o izquierda de las vías transversales.

2) Control de Semáforos

Generalmente se implementa el control de semáforos para administrar de forma efectiva el bus troncal y el tráfico vial normal, sin demoras excesivas. También se requiere de semáforos para controlar el cruce de los peatones de forma segura. El control de semáforos en las intersecciones del corredor troncal de buses Este Oeste posee dos fases, con restricciones para el flujo de giros a la izquierda. El tiempo de espera en la luz roja se reduce debido a que son dos fases. Cuando se instala un sistema trifásico para permitir los giros a la izquierda, el intervalo de verde del bus troncal se reduce.

- Fase 1: Un intervalo verde para el bus troncal en el corredor y la vía de tráfico mixto que sigue directo o con giro a la derecha.
- Fase 2: Un intervalo verde para las vías transversales, sin restricción

En el caso de un ciclo de 90-100 segundos, el tiempo de verde del flujo principal del corredor será de 55 segundos excluyéndose la pérdida de tiempo. Así, un máximo de dos buses troncales irá pasar por una intersección considerándose el intervalo de salida de los buses en un mínimo de 44 segundos durante las horas punta de la mañana. Así, no habrá filas de buses para entrar en los paraderos, bloqueando las intersecciones.

Con relación al bus convencional, 55 rutas de buses convencionales van a operar en las vías de la Este-Oeste, siendo que 22 rutas de buses que se sobreponen con el corredor de buses serían eliminadas. Algunas rutas realizan giros a la izquierda en las intersecciones sobre los carriles de tráfico mixto de la vía Este-Oeste. Una vez que estos buses que operan en rutas convencionales deben de pasar del carril derecho hacia el centro, cerca de las intersecciones, causarán un conflicto entre los buses convencionales y el tráfico normal, generando la congestión de tráfico. Una vez que se prohíba a los buses convencionales el giro a la izquierda de los carriles de tráfico mixto en las intersecciones, será necesario examinar esta cuestión de las líneas de buses convencionales con mayor detenimiento posteriormente.

(2) Sistema de Prioridad al Transporte Público (SPTP)

1) Introducción

La prioridad de señales ha sido un método promisorio para mejorar la operación de buses y la calidad de servicio en general..

Los beneficios esperados de la prioridad de semáforos para buses (PSB) son los siguientes

- Mejora la movilidad y eficiencia de transporte y tránsito por medio de la optimización de los semáforos de control de tráfico.
- Mayores eficiencias operativas y normativas para usuarios del sistema y entidades públicas.
- Menores impactos ambientales con la reducción de emisiones del uso vehicular.
- Mejores tiempos de viaje y seguimiento de horarios para la flota de buses.

2) Prioridad a Semáforos de Buses propuesta en el Sistema del Bus Troncal

Es importante introducir semáforos con prioridad para buses para que el corredor troncal pueda funcionar de forma más efectiva.

En el Estudio, como una solución de bajo costo, se propone la implementación de un sistema de semáforos con prioridad para los buses en el sistema troncal este-oeste, utilizando el método del sistema independiente de control de tráfico - actuado. La Figura 6-5-2 muestra el funcionamiento del sistema y el concepto del sistema de control de semáforos con prioridad para buses. Se instala un detector de vehículos de ultrasonido en el corredor segregado para detectar los buses y este transfiere la información hacia la unidad de control de semáforos en una instalación local. La unidad de control de semáforos decide si se debe cambiar la sincronización del semáforo en base a la sincronización actual y la información recibida sobre el bus.

Igualmente, los semáforos son regulados por la extensión de la luz verde, reducción en el tiempo del rojo o cambiando rápidamente el verde en la dirección opuesta, de acuerdo con el tiempo en que el bus llega a la intersección. Esto significa que los buses no necesitan parar, o que su tiempo de espera se reduce a lo mínimo posible en las intersecciones.

Puesto que, el sistema de control de prioridad de buses detecta solamente los buses troncales antes de la intersección, los paraderos deben ubicarse después de las intersecciones. Si el paradero se ubica inmediatamente antes de una intersección, el bus cruza la misma después de recoger a los pasajeros. Puesto que no se puede estimar con exactitud el tiempo que tarda en recoger a todos los pasajeros, es difícil extender el tiempo de verde o reducir el rojo, dentro del sistema prioritario. Por lo tanto, algunas veces el bus troncal debe esperar por la luz verde en los paraderos. Considerándose el sistema de prioridad de semáforo para buses, se propone ubicar a los paraderos después de las intersecciones.

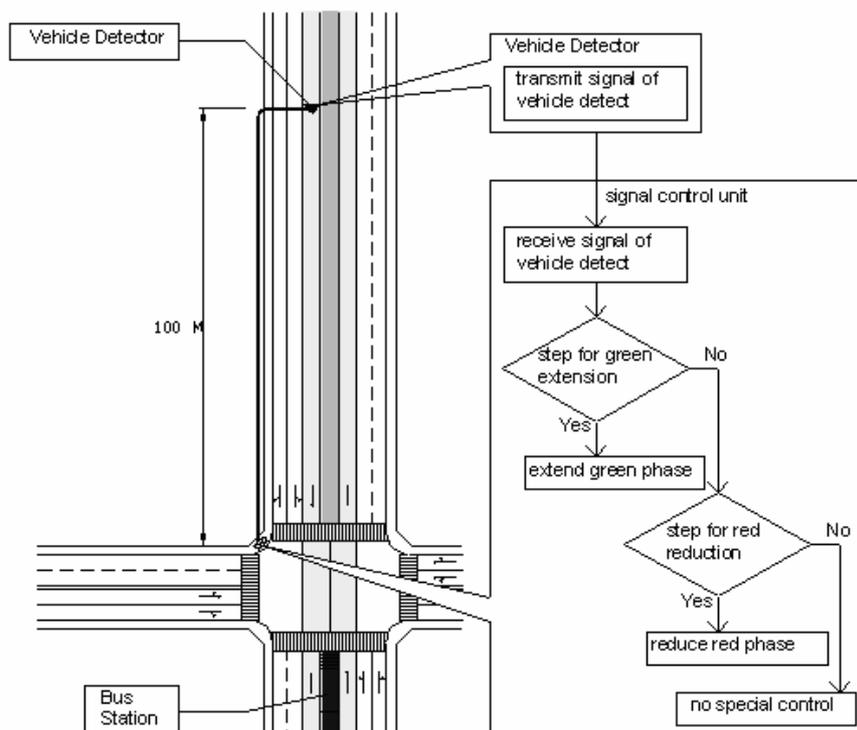


Figura 6.5-2 Sistema de Semáforos con Prioridad para Buses Propuesto

(3) Sistema Automatizado de Ubicación de Vehículos (Sistema AVL)

Las entidades de transporte de buses están recurriendo a las tecnologías avanzadas para mejorar el servicio, aumentar la seguridad, y atraer pasajeros. Específicamente, sistemas automatizados de monitoreo de vehículos (AVM) están siendo desarrollados para que el transporte de buses obtenga beneficios del sistema operativo. Aunque los sistemas AVM fueron desarrollados en los años 70's y 80's, recientemente las entidades de tránsito han comprendido el concepto. La tecnología de punta, el sistema automatizado de ubicación de vehículos (AVL), ofrece información detallada de estatus previamente ausente de la operación de buses, apoyo a clientes, mantenimiento, y áreas de planeamiento de servicio.

El sistema AVL rastrea el movimiento vehicular. Esta capacidad, integrada con otras funciones, permite que las entidades de tránsito brinden nuevos y mejores servicios, tales como un menor tiempo de respuesta a emergencias, información acerca de la localización y demoras del buses en tiempo real, información automatizada de conteo de pasajeros, y mejores comunicaciones móviles.

En el sistema troncal de buses Este Oeste, el intervalo de operación del bus troncal será de 40 segundos durante las horas punta de la mañana en 2010. Esto significa que será posible a los pasajeros subir al bus troncal sin esperar en los paraderos. Así, el sistema de servicio AVL es bajo, desde el punto de vista del pasajero.

En el futuro, será necesario introducir la tecnología AVL para mejorar los servicios de operación de buses. Sin embargo, en este estudio se propone la tecnología AVL como un reto futuro.