



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

“Análisis de supuesto efecto en producción y precios de los protocolos para estabilizar el parque de taxibuses en Temuco”

Informe Económico

Causa Rol C-361-2018

Autor:

José Luis Lima R.¹

14.664.106-7

Santiago de Chile, 30 de noviembre de 2019

¹ Doctor en Economía, especializado en Regulación, Organización Industrial y Microeconomía. Investigador Asociado y consultor de la Unidad Intelis del Departamento de Economía de la Universidad de Chile. Fue Jefe de Regulación Económica de la Comisión Nacional de Energía de Chile. Ha participado en diversos estudios para el Gobierno de Chile en los sectores Eléctrico, Telecomunicaciones, Agricultura, Transporte, Fiscalía Nacional Económica, etc. y en varios procesos de fijación tarifaria en Energía y Telecomunicaciones. Actualmente colabora con informes técnicos presentados al Tribunal de Defensa de la Libre Competencia en diversos casos.

127



“Análisis de supuesto efecto en producción y
 precios de los protocolos para estabilizar el precio
 de taxis en Temuco”

Informe Económico

Causa Rol C-361-2018

Autor:

José Luis Lima R.

14.004.004-1

Temuco, Chile, 30 de noviembre de 2018

1. Doctor en Economía, especializado en Regulación, Organización Industrial y Microeconomía, investigador académico y docente de la Unidad Interdisciplinaria de Economía de la Universidad de Chile. Fue jefe de Regulación Económica en la Comisión Nacional de Energía de Chile. Fue contratado en diversos sectores para el Gobierno de Chile en los sectores Energía, Telecomunicaciones, Agricultura, Transportes, Fideicomiso Económico, etc. y en varios procesos de gestión tanto en Energía y Telecomunicaciones. Actualmente colabora con diversos clientes presentando el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia en diversos casos.

1.000



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

Tabla de Contenidos

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Introducción..... | 4 |
| 1.1 | Requerimiento de la Fiscalía Nacional Económica (FNE)..... | 4 |
| 1.2 | Objetivo y estructura del Informe..... | 5 |
| 2. | Análisis económico preliminar del caso | 6 |
| 2.1 | Definición del Mercado Relevante | 6 |
| 2.2 | Supuestos efectos del acuerdo para estabilizar el parque de taxibuses en el mercado de transporte colectivo urbano de Temuco y Padre Las Casas | 6 |
| 2.3 | Análisis de la forma y efectos de la colusión de taxibuses en la ciudad de Valdivia y comparación con el caso actual..... | 7 |
| 2.3.1 | Colusión de taxibuses en Valdivia, caso Rol C 244-12..... | 7 |
| 2.3.2 | Comparación con el mercado de taxibuses de Temuco..... | 8 |
| 3. | Análisis del mercado de transporte público en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas | 12 |
| 3.1 | Fuentes de Información utilizadas..... | 12 |
| 3.2 | Evolución de Viajes y Modos de transporte en Temuco | 13 |
| 3.3 | Evolución de la Flota y Número de Recorridos de taxibuses y taxicolectivos..... | 15 |
| 3.4 | Evolución de las tarifas de taxibuses y taxicolectivos | 18 |
| 3.5 | Evolución de la demanda de viajes en taxibuses en Temuco y diferenciación en periodos de punta y fuera de punta | 21 |
| 3.6 | Evolución de la frecuencia de recorrido de taxibuses en punta y fuera de punta de la mañana..... | 22 |
| 3.7 | Congestión vehicular en Temuco: existencia y efectos..... | 24 |
| 3.8 | Flota operativa versus flota mínima para atender la frecuencia en punta y fuera de punta de la mañana..... | 28 |
| 4. | Desarrollo teórico y contraste de hipótesis de comportamiento..... | 34 |

fe

Tabla de Contenidos

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introducción..... | 1 |
| 1.1 | Requerimiento de la Fiscalía Nacional Económica (FNE)..... | 1 |
| 1.2 | Objetivo y estructura del Informe..... | 2 |
| 2 | Análisis económico preliminar del caso..... | 5 |
| 2.1 | Definición del Mercado Relevante..... | 6 |
| 2.2 | Supuestos críticos del acuerdo para establecer el punto de taxibus en el mercado de transporte colectivo urbano de Temuco y Barde Las Casas..... | 6 |
| 2.3 | Análisis de la forma y efectos de la colusión de taxibuses en la ciudad de Valdivia y comparación con el caso actual..... | 7 |
| 2.3.1 | Colusión de taxibuses en Valdivia, caso Rol C 244-12..... | 7 |
| 2.3.2 | Comparación con el mercado de taxibuses de Temuco..... | 8 |
| 3 | Análisis del mercado de transporte público en las ciudades de Temuco y Barde Las Casas..... | 12 |
| 3.1 | Fuentes de Información utilizadas..... | 12 |
| 3.2 | Evolución de Viajes y Modos de transporte en Temuco..... | 13 |
| 3.3 | Evolución de la Flota y Número de Recorridos de taxibuses y colectivos..... | 15 |
| 3.4 | Evolución de las tarifas de taxibuses y colectivos..... | 18 |
| 3.5 | Evolución de la demanda de viajes en taxibuses en Temuco y distribución en periodos de punta y fuera de punta..... | 21 |
| 3.6 | Evolución de la frecuencia de recorrido de taxibuses en punta y fuera de punta de la mañana..... | 22 |
| 3.7 | Congestión vehicular en Temuco: existencia y efectos..... | 24 |
| 3.8 | Flota operativa versus flota mínima para atender la frecuencia en punta y fuera de punta de la mañana..... | 28 |
| 4 | Desarrollo técnico y contraste de hipótesis de comportamiento..... | 34 |

1571



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Breve revisión de la literatura | 34 |
| 4.2 | Ingresos, costos y beneficios de operar un taxibus, efectos de congestión en el costo de operación..... | 36 |
| 4.3 | Modelo sin congestión utilizado en FNE (2013) | 37 |
| 4.3.1 | Solución bajo competencia entre taxibuses..... | 39 |
| 4.3.2 | Solución bajo colusión..... | 40 |
| 4.3.3 | Efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes | 42 |
| 4.3.4 | Efecto de un aumento exógeno en el costo de circulación | 43 |
| 4.4 | Modelo sin congestión, con periodos de punta y fuera de punta..... | 44 |
| 4.5 | Modelo con congestión, con periodos de punta y fuera de punta | 46 |
| 4.5.1 | Solución bajo competencia entre taxibuses..... | 46 |
| 4.5.2 | Solución bajo colusión..... | 48 |
| 4.6 | Resumen de predicciones de los modelos, calibración y contraste con el mercado de taxibuses de Temuco y de Valdivia | 50 |
| 4.6.1 | Resumen de las predicciones de los modelos | 50 |
| 4.6.2 | Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Temuco | 51 |
| 4.6.3 | Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Valdivia | 58 |
| 5. | Resumen y Conclusiones | 60 |
| 6. | Bibliografía | 62 |
| | Anexo 1: Efecto del aumento de demanda de viajes sobre precios y frecuencias en modelo FNE | 64 |

Ac

1731



JLLR Consultores
Tecnología, Ingeniería y Negocio

Modelo FNN 04

Anejo F: Efecto del aumento de demandas de viajes sobre precios y frecuencias en

6 Bibliografía 03

7 Resumen y Conclusiones 00

4.3.3 Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Valdivia 08

4.3.2 Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Temuco 21

4.3.1 Resumen de las predicciones de los modelos 50

4.6 Resumen de predicciones de los modelos, calibración y contraste con el mercado de

4.3.2 Solución bajo colusión 48

4.3.1 Solución bajo competencia entre taxistas 50

4.5 Modelo con congestión, con periodos de punta y lucha de punta 46

4.4 Modelo sin congestión, con periodos de punta y lucha de punta 44

4.3.4 Efecto de un aumento exógeno en el costo de circulación 43

4.3.3 Efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes 43

4.3.2 Solución bajo colusión 40

4.3.1 Solución bajo competencia entre taxistas 37

4.1 Modelo sin congestión utilizado en FNN (2013) 37

de operación 36

4.2 Ingresos, costos y beneficios de operar un taxibus, efectos de congestión en el costo

4.1 Efecto revisión de la estructura 34

Rc

152



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

1. Introducción

1.1 Requerimiento de la Fiscalía Nacional Económica (FNE)

Con fecha 26 de septiembre 2018, la FNE presentó su “**Requerimiento de la FNE en contra de Sociedad de Transportes Avda. Alemania-P. Nuevo S.A. y otros.**” al Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC), quien lo acoge a trámite bajo el Rol C-361-2018. Las requeridas por la FNE corresponden a 10 Líneas de taxibuses de transporte urbano de pasajeros que operan en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas.

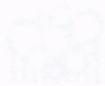
En su Requerimiento, la FNE señala que las requeridas “infringieron el artículo 3° del DL 211, en sus incisos primero y segundo letra a), al celebrar y ejecutar un acuerdo para limitar la producción en el mercado del transporte público urbano de pasajeros en las comunas de Temuco y Padre Las Casas. Es así que entre los años 2003 y 2017 cada una de las Requeridas se obligó recíprocamente a limitar la cantidad máxima de buses y taxibuses de su propia flota, restringiendo, impidiendo y/o entorpeciendo la libre competencia en el mercado referido.” Las multas solicitadas por la FNE al TDLC para las requeridas en conjunto, ascienden a un total de 1870 UTA.

De acuerdo a la FNE, el 27 de febrero de 2003, las requeridas suscribieron un protocolo de acuerdo, en el que convinieron el “congelamiento” del parque inscrito a diciembre 2002, señalando la cantidad máxima de buses que cada línea podía incorporar a la flota en los siguientes 5 años (un máximo de 9 buses, a ritmo de dos por año). En dicho protocolo se establece que las Líneas no compartirán terminales entre sí ni conformarán sociedades con nuevos entrantes, lo cual, a criterio de la FNE, habría dificultado el ingreso de nuevos competidores. Con fecha 26 de febrero 2008, las requeridas habrían suscrito un segundo protocolo de contenido similar al primero, hasta diciembre 2012, manteniendo los términos del primer acuerdo, estableciendo un máximo de flota explícito para cada línea.

Conforme a la FNE, en el año 2012, la Línea 9 incorporó un bus más de lo que le estaba permitido en el segundo protocolo. Esto llevó a que en diciembre 2012 se firmara un tercer y último protocolo, vigente hasta diciembre 2017, de contenido similar a los anteriores, en el cual se permitió la incorporación de un bus adicional en la flota de cada una de las líneas, salvo la Línea 9.

En opinión de la FNE, “las Requeridas dieron cumplimiento al acuerdo, respetando, salvo excepciones muy particulares, el límite de buses establecido en los respectivos protocolos.”

M



JLR Consultores

Caracas, Venezuela

I. Introducción

1.1. Reagrupamiento de la Flota de Buses Nacionales Económicos (FNE)

Con fecha 30 de septiembre 2018, la FNE presentó su "Reagrupamiento de la FNE en la ciudad de Caracas" a la Unidad Ejecutiva de Operaciones y Mantenimiento de Buses (UEOM) del Instituto de Transporte Público (ITP), para la asignación de rutas y frecuencias de los buses que operan en las ciudades de Turmero y Padre Las Casas.

En el Reagrupamiento, la FNE señala que las rutas que se asignaron al servicio "Línea 111" en sus versiones primero y segundo fase, al celebrarse el acuerdo por el cual se otorgó la concesión del transporte público urbano de pasajeros en las comunas de Turmero y Padre Las Casas. Es así que entre los años 2007 y 2017 cada una de las flotas de buses que operaban en la ciudad mantenía de buses y taxistas de su propia flota, independientemente de la concesión de la línea, operando en el mercado público y/o privado, solicitadas por la FNE al ITPC para las rutas en conjunto, asignadas a un total de 1070 UTA.

De acuerdo a la FNE, el 17 de febrero de 2008, se celebró un protocolo de acuerdo, en el que se estableció el "congelamiento" del parque flotante a diciembre 2007, señalando la cantidad máxima de buses que cada línea podía incorporar a la flota en los siguientes 5 años (un máximo de 8 buses, a ritmo de dos por año). Sin dicho protocolo se estimó que las líneas no podrían incorporar buses a su flota, por lo que se acordó con las líneas que, a partir de enero de 2008, las rutas de la FNE, habrían de ser operadas por el ITPC, con un máximo de 25 buses por línea, hasta diciembre 2012, manteniendo los términos del primer acuerdo, estableciendo un límite de buses explícito para cada línea.

Conforme a la FNE, en el año 2012, la línea 9 incorporó un bus más de lo que se estableció en el segundo protocolo. Para llevar a cabo el acuerdo 2012 se firmó un tercer y último protocolo, vigente hasta diciembre 2017, el cual permitió ampliar a los autobuses en el caso de permitir la incorporación de un bus adicional en la flota de cada una de las líneas, como se muestra en la siguiente tabla:

En opinión de la FNE, las Rutas de Buses Nacionales Económicos (RNE) que operan en las ciudades de Turmero y Padre Las Casas, al haberse establecido en los respectivos protocolos

115



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

Asimismo, señala que “los hechos antes expuestos dan cuenta de un acuerdo entre competidores para limitar la oferta de servicios de transporte público urbano de pasajeros de las líneas de buses de Temuco y Padre Las Casas. El acuerdo, celebrado entre las Requeridas, se ejecutó de forma ininterrumpida entre los años 2003 y 2017, logrando afectar el mercado relevante durante todo dicho período.”

De acuerdo a la FNE, “la referida limitación del parque de buses acordada por las Requeridas trajo como consecuencia la limitación de la frecuencia, lo que generó mayores tiempos de espera y tendió a afectar la competencia en precios entre las Requeridas, con el consecuente daño a los usuarios del servicio. Adicionalmente, esta conducta restringió la posibilidad de que las Requeridas ofrecieran nuevos recorridos dentro de la ciudad.”

En opinión de la FNE “es posible afirmar que las Requeridas en conjunto gozan de poder de mercado, lo que les ha permitido restringir la oferta de buses sin que sus competidores más cercanos -las líneas de taxiscolectivos- hayan disciplinado dicho comportamiento.”

Las Líneas de taxibuses requeridas presentaron posteriormente ante el TDLC escritos de contestación al Requerimiento de la FNE, refutando los argumentos presentados por ésta.

1.2 Objetivo y estructura del Informe

El objetivo del presente informe es analizar si los protocolos suscritos por las líneas de taxibuses de Temuco para estabilizar su flota entre los años 2003 y 2017 tuvieron los efectos señalados por la FNE en su requerimiento.

El Informe está organizado de la siguiente manera:

- En el capítulo 2 se realiza un análisis económico preliminar, definiendo mercado relevante, las hipótesis de comportamiento realizadas por la FNE y una comparación de este caso con lo ocurrido en Valdivia en el caso Rol C 244-12 del TDLC.
- En el capítulo 3 se realiza un análisis más detallado de la evolución del mercado de transporte colectivo en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas y evidencias de la congestión vehicular en dichas ciudades.
- En el capítulo 4 se presenta un desarrollo teórico de distintas hipótesis de comportamiento y un análisis cuantitativo para calibrar los modelos y predecir el comportamiento de frecuencias de taxibuses en Temuco.
- En el capítulo 5 se presenta un breve resumen y las conclusiones del informe.

R



LLR Consultores

Adicionalmente señala que "los hechos antes expuestos dan cuenta de un acuerdo entre el operador para limitar la oferta de servicios de transporte público urbano de pasajeros de las líneas de buses de Temuco y Padre Las Casas. El acuerdo, celebrado entre las Receptoras, se extendió a otras líneas de transporte entre los años 2003 y 2017, logrando afectar el mercado relevante durante todo dicho período."

En relación a la FNE, la entidad limitación del parque de buses operadas por las Receptoras tiene como consecuencia la limitación de la oferta, lo que genera mayores precios en el mercado y afecta la competencia en precios entre las Receptoras, con el consecuente daño a los usuarios del servicio. Adicionalmente, este conducto restringió la posibilidad de que las Receptoras ofrecieran nuevos servicios dentro de la ciudad."

En opinión de la FNE "es posible afirmar que las Receptoras en conjunto gozan de posición dominante, lo que les ha permitido restringir la oferta de buses sin que sus competidores puedan -las líneas de taxis colectivos- bajar el precio debido a dicho comportamiento."

Las líneas de autobuses receptoras presentaron peticiones de suspensión de la FNE, con lo que se interrumpió el procedimiento de la FNE, restando los argumentos presentados por las Receptoras.

1.2. Objetivo y estructura del informe

El objetivo del presente informe es analizar si los protocolos suscritos por las líneas de autobuses de Temuco para establecer su oferta entre los años 2003 y 2017 tuvieron los efectos señalados por la FNE en su requerimiento.

El informe está organizado de la siguiente manera:

- En el capítulo 2 se realiza un análisis económico preliminar del mercado relevante, las hipótesis de comportamiento realizadas por la FNE y una comparación de este caso con lo ocurrido en Valdivia en el caso Rol C 244-13 del TIDC.
- En el capítulo 3 se realiza un análisis más detallado de la evolución del mercado de transporte colectivo en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas y evidencias de la competencia vehicular en dichas ciudades.
- En el capítulo 4 se presenta un desarrollo técnico de listados hipotéticos de comportamiento y un análisis cuantitativo para calibrar los modelos y probar el comportamiento de frecuencias de autobuses en Temuco.
- En el capítulo 5 se presenta un breve resumen y las conclusiones del informe.

1574



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

2. Análisis económico preliminar del caso

2.1 Definición del Mercado Relevante

Según la FNE, el mercado relevante de este caso “corresponde al servicio de transporte público urbano de pasajeros en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, prestado mediante buses y taxis colectivos”, los cuales serían sustitutos imperfectos entre sí, y que, en cambio, “los taxis básicos no constituyen un sustituto cercano del servicio de transporte público prestado mediante buses”.

La FNE también estima que “los servicios prestados por las 10 líneas de buses exhiben un grado de sustitución relevante entre sí.” La FNE también sostiene que “en este mercado, los operadores compiten en base a: (i) tarifas; (ii) calidad del servicio ofrecido; y/o (iii) frecuencia de los buses.”

En lo que resta del informe se utilizará esta definición de mercado relevante.

2.2 Supuestos efectos del acuerdo para estabilizar el parque de taxibuses en el mercado de transporte colectivo urbano de Temuco y Padre Las Casas

La lógica utilizada por la FNE en su Requerimiento, para describir los efectos de los protocolos de acuerdo entre las líneas de taxibuses para estabilizar el parque en circulación (de ahora en adelante, “los protocolos”), sobre la prestación del servicio (frecuencias) y precios en el mercado de transporte colectivo urbano de pasajeros en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, es la siguiente:

1. Las Requeridas en conjunto gozan de poder de mercado, que les ha permitido restringir la oferta de buses, mediante la suscripción de Protocolos, sin que las líneas de taxis colectivos hayan disciplinado dicho comportamiento.
2. La limitación del parque de buses trajo como consecuencia la limitación de la frecuencia,
3. La limitación de la frecuencia generó mayores tiempos de espera y tendió a afectar la competencia en precios entre las Requeridas.
4. Esta conducta también restringió la posibilidad de que las Requeridas ofrecieran nuevos recorridos dentro de la ciudad.

1000



2. Análisis económico preliminar del caso

2.1. Definición del Mercado Relevante

Según el FNE, el mercado relevante de este caso "corresponde al servicio de transporte público urbano prestado en las comunas de Temuco y Padre Las Casas, prestado mediante buses y autobuses", los cuales están sujetos a impuestos entre sí y que, en cambio, los taxis urbanos no constituyen un sustituto cercano del servicio de transporte público prestado mediante buses.

La FNE también estima que "los servicios prestados por las 10 líneas de buses existen en un solo mercado relevante entre sí". La FNE también sostiene que "en este mercado los operadores compiten en base a: (i) tarifas, (ii) calidad del servicio ofrecido; y/o (iii) frecuencia de las buses".

En la mayor parte del informe se utiliza esta definición de mercado relevante.

2.2. Supuestos efectos del acuerdo para establecer el parque de taxis en el mercado de transporte colectivo urbano de Temuco y Padre Las Casas

La FNE utilizó por la FNE en su procedimiento, para describir los efectos de los protocolos de acuerdo entre las líneas de autobuses para establecer el parque en circulación (de ahora en adelante "los protocolos"), sobre la prestación del servicio (frecuencia) y precios en el mercado de transporte colectivo urbano de pasajeros en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, los siguientes supuestos:

1. Las Reducidas en conjunto gozan de poder de mercado, que les ha permitido restringir la oferta de buses, mediante la suscripción de Protocolos, en que las líneas de autobuses hayan disciplinado dicho comportamiento.
2. La restricción del parque de buses trae como consecuencia la reducción de la frecuencia.
3. La limitación de la frecuencia genera mayores tiempos de espera y reduce a estos la competitividad en precios entre las Reducidas.
4. Esta conducta también restringió la posibilidad de que las Reducidas ofrecieran nuevos recorridos dentro de la ciudad.

1.777



2.3 Análisis de la forma y efectos de la colusión de taxibuses en la ciudad de Valdivia y comparación con el caso actual

2.3.1 Colusión de taxibuses en Valdivia, caso Rol C 244-12

Cabe señalar que la forma y efectos de los protocolos suscritos en Temuco, son distintos a los señalados en el Requerimiento de la FNE contra Soc. de Transportes Línea Uno Collico S.A. y otros, presentado el 12 de diciembre de 2012 ante el TDLC (Rol C 244-12), en el cual se señala la existencia de un acuerdo explícito entre las líneas de taxibuses de Valdivia para fijar los precios de las tarifas a público desde el año 2008, observándose también una reducción en las frecuencias de recorrido de los taxibuses.

Como lo señala FNE (2013), para que un acuerdo colusivo logre aumentar los beneficios de las líneas de taxibuses, es necesario no solamente aumentar en forma acordada y simultánea las tarifas de todas las líneas sino también es necesario reducir el número de frecuencias (buses/hora) del servicio, para de esta manera compensar, a través de un menor costo operativo y una mayor tasa de ocupación de los buses, la menor demanda de viajes en taxibus que ocasiona el aumento del pasaje.

En el Cuadro No. 1, se observa que **tanto el periodo de punta de la mañana (PM) como fuera de punta de la mañana (FP), hubo una reducción significativa de la frecuencia total de taxibuses en la ciudad de Valdivia** entre 2008 (antes de entrar en vigencia el acuerdo en precios) y 2012 (a cuatro años de iniciado el acuerdo).

Cuadro 1: Evolución de viajes por hora, frecuencia y tasa de ocupación (pax/bus) promedio en taxibuses para Valdivia

| | 2008 | | 2012 | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | PM | FP | PM | FP |
| Viajes x hora | 7,632 | 4,757 | 6,510 | 3,771 |
| Frecuencia total x hora | 283 | 276 | 184 | 186 |
| Pasajeros x taxibus | 27 | 17 | 35 | 20 |

Fuente: Elaboración propia en base a Sectra (2009) y DICTUC (2012).

Nota 1: Las frecuencias y tasa de ocupación de los taxibuses corresponden al promedio simple de las frecuencias y tasas de ocupación horarias en punta (7:00 a 9:00) y fuera de punta (10:00 a 12:00) de la mañana.

Junto a la reducción de frecuencias se observa también una reducción en la demanda de viajes por hora, tanto en punta como fuera de punta, posiblemente como consecuencia del aumento del pasaje. Para contrarrestar dicha reducción, la líneas debieron reducir las frecuencias de recorrido, disminuyendo aún más los viajes posibles pero aumentando la tasa de ocupación de los taxibuses, como se observa en el cuadro, y disminuyendo también sus costos debido al menor

OR



3.3. Evolución de la oferta y costos de la cobranza de tarifas de taxis en la ciudad de Valdivia y comparación con el caso actual

3.3.1. Evolución de tarifas en Valdivia, caso Rol C 344-13

Como se indicó en la forma y efectos de los protocolos suscritos en Valdivia, se realizaron a las tarifas de taxis en el departamento de la FNT, con el Rol C 344-13, en el cual se estableció, a partir del 13 de diciembre de 2012, entre las líneas de taxis de Valdivia para fijar las tarifas de las tarifas a público desde el año 2008, objetivándose también una reducción en las tarifas de cobro de las tarifas.

Como se señaló en el Rol C 344-13, para que un acuerdo cobijado logre alcanzar los beneficios de las tarifas de taxis, es necesario no solamente aumentar en forma sostenida y significativa las tarifas de taxis, sino también es necesario reducir el número de taxis en circulación (horas) del servicio, para de esa manera compensar, a través de un menor costo operativo y una mayor tasa de ocupación de los taxis, la menor demanda de viajes en taxis que ocasiona el aumento del pasaje.

En el Estado No. 1, se observa que tanto el periodo de punta de la mañana (PM) como el de la tarde (TP), hubo una reducción significativa de la frecuencia total de taxis en la ciudad de Valdivia entre 2008 (antes de entrar en vigencia el acuerdo de tarifas) y 2012 (a cambio años de unido el acuerdo).

Cuadro 3: Evolución de viajes por hora, frecuencia y tasa de ocupación (pasajeros/hora) promedio en taxis para Valdivia

| | 2008 | | 2012 | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | PM | TP | PM | TP |
| Viajes x hora | 7,632 | 4,757 | 6,510 | 3,771 |
| Frecuencia total x hora | 283 | 278 | 184 | 186 |
| Pasajeros x taxi/hora | 27 | 17 | 35 | 20 |

Nota: La frecuencia y tasa de ocupación de los taxis corresponden al promedio simple de las frecuencias y tasa de ocupación horaria en punta (1500 y 1500) y fuera de punta (1000 y 1500) de la mañana.

Como se puede observar, tanto en el periodo de punta de la mañana (PM) como en el de la tarde (TP), hubo una reducción significativa de la frecuencia total de taxis en la ciudad de Valdivia entre 2008 (antes de entrar en vigencia el acuerdo de tarifas) y 2012 (a cambio años de unido el acuerdo). Esta reducción de la frecuencia total de taxis, a su vez, ocasiona un menor costo operativo y una mayor tasa de ocupación de los taxis, lo que contribuye a una mayor tasa de ocupación de los taxis, como se observa en el cuadro y disminuyendo también sus costos de explotación.

1576



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

número de viajes que deben realizar, logrando así aumentar sus beneficios, como fue demostrado empíricamente en FNE (2013).

Una forma alternativa que pudieron haber utilizado las líneas de taxibuses en Valdivia era acordar una reducción en las frecuencias de recorrido, es decir, una restricción directa en la producción del servicio. Esto les hubiera permitido aumentar sus pasajes y con ello sus beneficios. No obstante, esta forma es más difícil de monitorear que un acuerdo en precios, ya que requiere fijar las frecuencias permitidas para cada línea y monitorear constantemente su cumplimiento (mediante la contabilización y chequeo cruzado de las salidas de buses de cada línea desde el terminal, por ejemplo) para poder sancionar a las que incumplen el acuerdo.

Un acuerdo en precios es más fácil de monitorear y sostener en este mercado. En efecto, un acuerdo en precios puede ser monitoreado por los mismos choferes durante sus recorridos, ya que cada bus lleva pegado el valor de sus pasajes en el parabrisas. Una vez acordado el precio, cada línea de taxibus reduciría sus frecuencias para aumentar sus beneficios.

En vista de lo ocurrido en Valdivia y cómo se espera que funcione un acuerdo colusivo en un mercado de taxibuses, no resulta evidente que un acuerdo para estabilizar y reducir el crecimiento solamente de la flota de taxibuses, como el ocurrido en Temuco, se refleje directamente en un aumento de las tarifas o en una reducción de frecuencias de servicio, que son las variables claves para aumentar los beneficios de una colusión, o en una imposibilidad de extender los recorridos, más aún si dichas variables de producción permanecieron en el ámbito de decisión de cada línea de taxibus y no fueron parte del acuerdo.

En efecto, controlar el aumento de la flota, no asegura que las líneas reduzcan sus frecuencias si la flota no está siendo utilizada a su máxima capacidad (como se demostrará más adelante),² condición necesaria para que las líneas obtengan mayores beneficios al subir también los pasajes, gracias a la menor competencia.

2.3.2 Comparación con el mercado de taxibuses de Temuco

En el Cuadro No. 2 se puede apreciar la evolución de los viajes por hora, frecuencia y tasa de ocupación promedio de taxibuses en la ciudad de Temuco, entre los años 1996 y 2015,³ tanto para el periodo de punta (PM) como fuera de punta (FP) de la mañana. Lo primero que hay que

² Operar a máxima capacidad se entiende como operar utilizando toda la flota operativa de la línea, es decir, la flota total menos los taxibuses que están fuera de servicio por mantención, reparación o por restricción a su circulación.

³ El cuadro no incluye información para el año 2002 debido a que el informe PUC (2002) no presenta frecuencias medidas en horario de punta y fuera de punta, sino que corresponden a frecuencias declaradas sin diferenciar periodos horarios. Al tratar de utilizar esta información, se observa que entre el año 1996 y 2002 las frecuencias disminuirían drásticamente, para luego subir al año 2008, lo cual puede deberse a ser frecuencias referenciales pero no medidas en terreno. Para poder comparar información que tiene de respaldo mediciones en terreno, se omite el año 2002 del análisis.

157



notar en el cuadro es que, a diferencia de lo ocurrido en Valdivia, la demanda de viajes por hora aumenta en forma importante a lo largo del tiempo, principalmente para el periodo fuera de punta de la mañana. Este incremento en la demanda tiene efectos en las frecuencias y tasas de ocupación esperadas tanto en colusión como en competencia, como se demostrará en el Capítulo 4, por lo que la evolución de las frecuencias y tasas de ocupación en el Cuadro No. 2 debe analizarse considerando dichos efectos.

Cuadro 2: Evolución de viajes por hora, frecuencia y tasa de ocupación (pax/bus) promedio en taxibuses para Temuco

| | 1996 | | 2008 | | 2012 | | 2015 | |
|-------------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| | PM | FP | PM | FP | PM | FP | PM | FP |
| Viajes x hora | 18,426 | 4,829 | 15,869 | 11,733 | 29,260 | 15,476 | 34,574 | --- |
| Frecuencia total x hora | 536 | 450 | 487 | 513 | 465 | 496 | 480 | --- |
| Pasajeros x taxibus | 34 | 11 | 33 | 23 | 63 | 31 | 72 | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa (2014) y Territorio Mayor (2016)

Nota 1: Para hacerlo comparable entre años, los viajes por hora corresponden al promedio simple de los viajes, frecuencias y tasas de ocupación horarias en la punta de la mañana (7:00 a 9:00) y fuera de punta de la mañana (10:00 a 12:00).

Nota 2: La frecuencia por hora de taxibuses para el año 1996 corresponde a las mediciones realizadas entre las 7:30 y 8:30 para la punta de la mañana y entre las 10:30 y 11:30 para fuera de punta de la mañana, según CITRA (1998).

Nota 3: La frecuencia por hora de taxibuses para el año 2008 corresponde al promedio simple de las mediciones horarias realizadas entre las 7:00 y 9:00 para la punta y entre las 10:00 y 12:00 para fuera de punta de la mañana.

Nota 4: La frecuencia por hora de taxibuses para el año 2012 corresponde a las mediciones realizadas entre las 7:30 y 9:00 para la punta de la mañana y entre las 10:00 y 11:30 para fuera de punta de la mañana, según Trasa (2014).

Nota 5: La frecuencia por hora de taxibuses para el año 2015 corresponde a las mediciones realizadas entre las 7:45 y 8:45 para la punta de la mañana, según Territorio Mayor (2016). No se realizaron mediciones fuera de punta.

Debido a lo anterior, el modelo utilizado por FNE (2013) para analizar el mercado de taxibuses en Valdivia no es directamente aplicable a Temuco y debe ampliarse para considerar, al menos, el incremento exógeno en la demanda de viajes. Como se verá en el Capítulo 4, un aumento exógeno en la demanda de viajes debería ocasionar un incremento en la tasa de ocupación y la frecuencia, tanto en situación de competencia como en colusión. Una reducción, en cambio, debería ocasionar una baja en la tasa de ocupación y la frecuencia, tanto en situación de competencia como en colusión.

A continuación vamos a realizar un breve análisis del comportamiento observado en Temuco, por periodo de tiempo: 1996 – 2008, 2008 – 2012 y 2012 – 2015.

Entre 1996 y 2008 se observa que la demanda de viajes en el **periodo fuera de punta de la mañana** aumentó en 143%. Este aumento coincide con un incremento en la frecuencia de 450 a 513 buses/hora, y un incremento en la tasa de ocupación, de 11 a 23 pasajeros/bus.



En el **periodo de punta de la mañana**, en cambio, se observó una reducción en la demanda de viajes de 14%. Esta reducción coincide con una reducción en la frecuencia, de 536 a 487 buses/hora, y una reducción en la tasa de ocupación, de 34 a 33 pasajeros/bus.

La variación en la demanda de viajes y frecuencias también coincide con un fuerte incremento en el costo nominal del pasaje adulto de taxibus, que pasó de 140 pesos a 380 pesos entre 1996 y 2008, el cual a su vez coincidió con un fuerte aumento en el costo del diesel en el periodo.⁴

Parece razonable suponer que, de haber existido colusión en el mercado de taxibuses de Temuco, luego de pocos años de iniciado el acuerdo (4 años en el caso de Valdivia) las líneas ya deberían haber ajustado su frecuencia para aumentar beneficios, considerando también el aumento en el costo de circulación debido al aumento en el costo del diesel. A esta situación base habría que añadir el efecto de la mayor demanda de viajes sobre las frecuencias y tasas de ocupación de los taxibuses.

El aumento en la demanda de viajes en punta de la mañana, debería aumentar tanto la tasa de ocupación de los taxibuses como su frecuencia, como efectivamente se observa en el cuadro. La reducción en la demanda de viajes fuera de punta de la mañana, debería reducir tanto la tasa de ocupación de los taxibuses como su frecuencia, como también se observa en el cuadro. El efecto de la mayor demanda debería observarse tanto en situación de competencia como en colusión, por lo que, por el momento, lo observado no nos permite discriminar entre ambos supuestos.

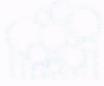
Entre 2008 y 2012 se observó un incremento significativo de la demanda de viajes tanto en periodo de punta como fuera de punta de la mañana, de 84% y 32% respectivamente. El aumento de la demanda coincidió con un aumento en el valor del pasaje adulto, de 380 a 450 pesos, el cual a su vez coincidió con un aumento moderado en el índice de costo de transporte (ICT) del INE.⁵ El aumento en la demanda de viajes coincidió con una reducción en la frecuencia del servicio y un aumento en la tasa de ocupación de los taxibuses.

Si suponemos que el costo marginal de cada viaje no aumentó en forma significativa durante el periodo (el precio del diesel subió solamente en 3.3%), el fuerte aumento en la demanda de viajes debió ocasionar un aumento tanto la frecuencia como la tasa de ocupación de los taxibuses, bajo competencia o colusión. Lo observado, por lo tanto, no es consistente con estos supuestos de comportamiento. En el Capítulo 4 se desarrolla y analiza un supuesto alternativo, que sí es capaz de ajustar las frecuencias, viajes y tasas de ocupación observadas entre 2008 y 2012: la existencia de competencia pero bajo una congestión vehicular creciente en la ciudad de Temuco.

⁴ El precio del diesel en la ciudad de Temuco pasó de 161 a 625 pesos/litro entre 1996 y 2008, un incremento de casi 300%.

⁵ El ICT aumentó en 16% entre 2010 y 2012, e incluye aumento en el precio del diesel.

1258



ULR Consultores
Ingeniería y Arquitectura

En el periodo de punta de la mañana, en cambio, se observó una reducción en la demanda de viajes de 14% para reducción coincidente con una reducción en la frecuencia de 5% y 12% para viajes y una reducción en la tasa de ocupación de 34 a 33 pasajeros por autobús.

La reducción en la demanda de viajes y frecuencias también coincide con un fuerte incremento en el costo normal del pasaje aéreo de taxi, que pasó de 140 pesos a 280 pesos entre 2008 y 2012, el cual a su vez coincidió con un fuerte aumento en el costo del diesel en el periodo.

Por otro lado, también se puede observar que de haber existido colisión en el mercado de taxis de Toluca, luego de unos años de iniciado el acuerdo (4 años en el caso de Valparaíso) las tasas ya deberían haber alcanzado su frecuencia para aumentar también el aumento en el costo de transporte debido al aumento en el costo del diesel. A esta situación hay que añadir el efecto de la mayor demanda de viajes sobre las frecuencias y tasas de ocupación de los autobuses.

El aumento en la demanda de viajes en punta de la mañana, debería aumentar tanto la tasa de ocupación de los autobuses como su frecuencia, como efectivamente se observa en el cuadro. La reducción en la demanda de viajes fuera de punta de la mañana, debería reducir tanto la tasa de ocupación de los autobuses como su frecuencia, como también se observa en el cuadro. El efecto de la mayor demanda debería observarse tanto en situación de competencia como en colisión, por lo que, por el momento, lo observado no nos permite discriminar entre ambos supuestos.

Entre 2008 y 2012 se observó un incremento significativo de la demanda de viajes tanto en periodo de punta como fuera de punta de la mañana, de 84% y 32% respectivamente. El aumento de la demanda coincidió con un aumento en el valor del pasaje aéreo de 140 a 280 pesos, el cual a su vez coincidió con un aumento moderado en el índice de costo de transporte (IT) del INE. El aumento en la demanda de viajes coincidió con una reducción en la frecuencia del servicio y un aumento en la tasa de ocupación de los autobuses.

Se supone que el costo marginal de cada viaje no aumentó en forma significativa durante el periodo (el precio del diesel subió solamente en 33%), el fuerte aumento en la demanda de viajes debió ocasionar un aumento tanto la frecuencia como la tasa de ocupación de los autobuses, pero competencia o colisión. Lo observado, por lo tanto, no es consistente con estos supuestos de comportamiento. En el capítulo 4 se desarrolla y analiza un supuesto alternativo, que si es capaz de explicar las frecuencias, viajes y tasas de ocupación observadas entre 2008 y 2012: la existencia de competencia pero bajo una congestión vehicular creciente en la ciudad de Toluca.

1 El precio del diesel en la ciudad de Toluca pasó de 161 a 252 pesos entre 2008 y 2012, un incremento de casi 50%.
2 El ICT aumentó en 18% entre 2010 y 2012, e incluye aumento en el precio del diesel.

R

1579



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

Entre los años 2012 y 2015, se observa un incremento en la demanda de viajes en punta de la mañana de un 18%. Lamentablemente para 2015 no se realizaron mediciones de frecuencia en horario fuera de punta para poder comparar. Entre 2012 y 2015 no hubo cambios en el valor del pasaje adulto (el ICT aumentó en 1.7% y el precio del diesel disminuyó en el periodo).

El aumento en la demanda de viajes coincidió con un aumento en la frecuencia de servicio y tasa de ocupación. Este comportamiento debería poder observarse tanto en competencia como en colusión, ante un aumento exógeno de demanda, por lo que en este periodo tampoco podemos discriminar entre ambos supuestos en base a lo observado. Este comportamiento también puede ser explicado por presencia de congestión, como se verá más adelante en el informe.

Entre los años 2012 y 2015 se observó un crecimiento en la demanda de viajes en parte de la muestra de los 18%. Lamentablemente para 2015 no se realizaron mediciones de frecuencia en la zona de parte para poder comparar. Entre 2012 y 2015 no hubo cambios en el valor del pasaje aéreo (el ICT aumentó en 1,7% y el precio del diesel disminuyó en el período).

El aumento en la demanda de viajes coincidió con un aumento en la frecuencia de vuelos y en la ocupación. Este comportamiento debería poder observarse tanto en comparación con el período anterior, como en el mismo período de datos de por lo que en este período también podría observarse un aumento en la ocupación. Este comportamiento también podría ser explicado por presencia de congestión, como se verá más adelante en el informe.

1.760



3. Análisis del mercado de transporte público en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas

3.1 Fuentes de Información utilizadas

La información utilizada para la elaboración de este capítulo corresponde principalmente a los informes de análisis de mercado y planificación de transporte urbano para las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, elaborados en estudios contratados por SECTRA, que incluyen:

1. CITRA (1998), “Diagnóstico del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco, II. etapa.”
2. PUC (2002), “Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Etapa - Temuco”.
3. Suroeste Consultores (2008), “Mediciones de demanda de pasajeros en servicios de buses y taxibuses en las comunas de Los Ángeles y Temuco.”
4. Trasa (2014), “Actualización Plan de Transporte Temuco y desarrollo de anteproyecto, I Etapa.”

Estos estudios nos permiten obtener, para algunos indicadores, dos años de información previo a la suscripción del primer protocolo (1998 y 2002) y dos años de información con protocolos vigentes (2008 y 2014), ya que el primer protocolo se suscribió el 2003. A fin de demostrar la poca plausibilidad del supuesto y efectos de una colusión en el mercado de taxibuses, debería bastar con analizar diez años posteriores a la implementación de los protocolos, periodo más que suficiente para que se evidencien sus efectos. Para los indicadores de frecuencia (en punta de la mañana) también se cuenta con información de Territorio Mayor (2016), realizado por la Universidad Mayor para la Municipalidad de Temuco.

Asimismo, respecto a la evolución de la flota de taxibuses y taxicolectivos inscritos, la información se encuentra públicamente disponible en el registro de vehículos del Ministerio de Transporte, desde el año 2010 a la fecha, así como de su antigüedad promedio.⁶

Por último, respecto al trazado de las distintas rutas de líneas de taxibuses y taxicolectivos de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, se pudo obtener del estudio de Trasa (2014), el trazado oficial para el año 2012. De parte de las empresas de taxibuses de la ciudad de Temuco, se pudo obtener información del número de kilómetros del trazado de las distintas rutas para el año 2017. Cabe señalar que toda la información que entregaron las empresas de taxibuses para la elaboración de este estudio fue realizado en forma directa e independiente entre ellas.

⁶ <http://usuarios.subtrans.gob.cl/estadisticas/parques-vehiculares.html>



3. Análisis del mercado de transporte público en las ciudades de Temuco y Padre Las Casas

3.1. Fuentes de información utilizadas

La información utilizada para la elaboración de este capítulo corresponde principalmente a los informes de análisis de mercado y planificación de transporte urbano para las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, elaborados en estudios contratados por SECTRA, que incluyen:

1. CUTRA (1998), "Diagnóstico del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco, II etapa".
2. PUC (2003), "Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV etapa - Temuco".
3. Simoes Consultores (2008), "Mediciones de demanda de pasajeros en sistemas de buses y taxis en las comunas de Los Ángeles y Temuco".
4. Tasa (2014), "Actualización Plan de Transporte Temuco y desarrollo de anteproyecto I etapa".

Estos estudios nos permiten obtener, para algunos indicadores, dos años de información respecto a la suscripción del primer protocolo (1998 y 2003) y dos años de información con protocolos recientes (2008 y 2014), ya que el primer protocolo se suscribió el 2003. A fin de disminuir la poca disponibilidad del supuesto y efectos de una colisión en el mercado de taxis, de esta parte se analizará diez años posteriores a la implementación de los protocolos, periodo más que suficiente para que se evidencien sus efectos. Para los indicadores de demanda (en particular de la mañana) también se cuenta con información de Antonino Mayor (2010), realizado por la Intendencia Mayor para la Municipalidad de Temuco.

Asimismo, respecto a la evolución de la flota de taxis y taxicabos, la información se encuentra públicamente disponible en el registro de vehículos del Ministerio de Transportes, desde el año 2010 a la fecha, así como de su actividad promedio.²

Por último, respecto al cobro de las distintas rutas de líneas de taxis y taxicabos de las ciudades de Temuco y Padre Las Casas, se pudo obtener del estudio de Tasa (2014), el cobro oficial para el año 2012. De parte de las empresas de taxis de la ciudad de Temuco, se pudo obtener información del número de kilómetros del cobro de las distintas rutas para el año 2012. Cabe señalar que toda la información que entregan las empresas de taxis para la elaboración de este estudio fue realizada en forma directa e independiente entre ellas.

² <http://www.mtransportes.cl/vehiculos>

1561



3.2 Evolución de Viajes y Modos de transporte en Temuco

Como se puede observar en el Cuadro No. 3, el número total de viajes en taxibus ha aumentado en 62% entre 1996 a 2012, a una tasa promedio anual de 3.1%. Asimismo, el número de viajes en taxicolectivo ha aumentando en 164% entre 1996 y 2012, a una tasa promedio anual de 6.2%.

Cuadro 3: Evolución del Número de viajes en taxibus y taxicolectivo para Temuco

| Número de Viajes | 1996 | 2002 | 2008 | 2012 | Tasa Crec. |
|---------------------|----------------|----------------|-------------|------------------|-------------|
| Taxi Bus | 164,718 | 204,852 | 214,082 | 267,490 | 3.1% |
| Taxi Colectivo | 29,601 | 52,961 | N.I. | 78,078 | 6.2% |
| Total Viajes | 426,411 | 657,770 | N.I. | 1,008,087 | 5.5% |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002), Suroeste Consultores (2008) y Trasa(2014).
Nota 1: Los viajes 2012 incluyen un factor de subreporte de acuerdo a Trasa (2014).

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 4, aunque el número de viajes en taxibus ha aumentado en términos absolutos, su participación respecto al total de viajes ha disminuido en forma sostenida entre 1996 y 2002, anterior a los protocolos, así como entre 2002 y 2012, durante la vigencia de los mismos.

Cuadro 4: Evolución de la distribución modal de viajes en Temuco

| Modo de Viaje | 1996 | 2002 | 2012 |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| Auto acompañante | 5.5% | 7.7% | 9.7% |
| Auto Chofer | 12.4% | 12.6% | 17.5% |
| Bicicleta | 2.0% | 2.2% | 2.4% |
| Caminata | 23.8% | 33.1% | 30.1% |
| Taxi Bus | 38.6% | 31.2% | 22.8% |
| Taxi Colectivo | 6.9% | 8.1% | 8.2% |
| Otro | 10.8% | 5.1% | 9.3% |
| Total | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002) y Trasa(2014).
Nota 1: Los viajes 2012 no incluyen el factor de subreporte para hacerlo comparable con 2002, de acuerdo a Trasa (2014).

La participación de viajes en taxicolectivos, por otro lado, tuvo un aumento entre 1996 y 2002, y aumentó levemente entre el 2002 y 2012. El viajar en auto particular, como chofer o acompañante, es la modalidad de viaje que mayor aumento relativo tuvo, pasando de 17.9% en 1996 a 20,1% en 2002 y 27.2% en 2012. En términos absolutos, el viaje en auto particular aumentó de 175 mil viajes en 2002 a 430 mil viajes en 2012, a una tasa promedio anual de 9.4%.

1251

3.3. Evolución de Viajes y Modos de Transporte en Temuco

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 3, el número total de viajes en tránsito ha aumentado en 42% entre 1998 y 2012, a una tasa promedio anual de 3.1%. Asimismo, el número de viajes en colectivo ha aumentado en 164% entre 1998 y 2012, a una tasa promedio anual de 6.3%.

Cuadro 3: Evolución del Número de Viajes en tránsito y taxicolectivo para Temuco

| Número de Viajes | 1998 | 2002 | 2008 | 2012 | Tasa Crec. |
|------------------|---------|---------|---------|-----------|------------|
| Taxi bus | 164,718 | 204,852 | 214,082 | 267,490 | 3.1% |
| Taxi Colectivo | 29,601 | 52,961 | N.I. | 78,078 | 6.3% |
| Total Viajes | 426,413 | 627,770 | N.I. | 1,008,087 | 2.5% |

Nota: La información propia en base a CTRU (1998), PUCV (2002), ULR Consultores (2008) y (2012).
 Nota: El total de viajes 2008 incluye en favor de transporte de acuerdo a Taxi (2008).

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 4, aunque el número de viajes en tránsito ha aumentado en términos absolutos, su participación respecto al total de viajes ha disminuido en forma constante entre 1998 y 2002, respecto a los protocolos, así como entre 2002 y 2012, durante la vigencia de los mismos.

Cuadro 4: Evolución de la distribución modal de viajes en Temuco

| Modo de Viaje | 1998 | 2002 | 2012 |
|------------------|--------|--------|--------|
| Auto acompañante | 5.2% | 7.7% | 9.7% |
| Auto Chófer | 12.4% | 12.6% | 17.5% |
| Bicicleta | 5.0% | 3.2% | 2.4% |
| Caminata | 23.8% | 33.1% | 30.1% |
| Taxi Bus | 38.6% | 31.2% | 22.8% |
| Taxi Colectivo | 0.9% | 8.1% | 8.2% |
| Otro | 10.8% | 5.1% | 9.3% |
| Total | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

Nota: La información propia en base a CTRU (1998), PUCV (2002) y (2012).
 Nota: Los viajes 2012 no incluyen el total de viajes en tránsito con 300, se sumó a Taxi (2012).

La participación de viajes en taxicolectivos, por otro lado, tuvo un aumento entre 1998 y 2002, y aumento leve entre 2002 y 2012. El viaje en auto particular, como chofér o acompañante es la modalidad de viaje que mayor aumento relativo tuvo, pasando de 1.7% en 1998 a 10.1% en 2002 y 27.2% en 2012. En términos absolutos, el viaje en auto particular aumentó de 173 mil viajes en 2002 a 430 mil viajes en 2012, a una tasa promedio anual de 9.4%.

1862



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

De acuerdo a Trasa (2014), la tasa de motorización de los hogares en Temuco ha aumentado en forma importante desde el año 1996: al año 96 habían 100 vehículos por 1.000 habitantes en Temuco, cifra que aumentó a 158 vehículos por 1.000 habitantes en 2013.

Lo anterior debería estar asociado al aumento que ha tenido la opción de viaje en auto particular observada en Temuco, y el decrecimiento relativo de otras opciones que implican menor comodidad y mayor tiempo de traslado, como el uso de taxibus. En efecto, de acuerdo a Trasa (2014), el tiempo promedio de traslado en auto particular es de 20 minutos en punta de la mañana y de 21 minutos fuera de punta. En cambio, el tiempo promedio de traslado en taxibus es de 31 minutos en punta de la mañana y de 30 minutos fuera de punta. El mismo estudio proyecta un aumento en los tiempos de traslado de hasta 55 minutos en taxibuses para el 2030, debido a la mayor congestión esperada.

En la ciudad de Temuco existe un alto nivel de congestión vehicular en horarios de punta, principalmente en las calles del centro que forman parte de todos los recorridos de las líneas de taxibuses y taxicolectivos. Producto del problema de congestión, la Secretaría Ministerial de Transporte de la Región de la Araucanía, estableció restricciones de circulación para taxicolectivos (de 2 dígitos en día laboral) a partir del 2009 y para taxibuses (de 1 dígito en día laboral) a partir del 2013. Cabe destacar que desde 1996 a la fecha no hubo restricciones efectivas de circulación para autos particulares en Temuco por parte de la autoridad.

Esta forma de enfrentar la congestión por parte de la autoridad regional llama la atención, ya que reduce en 10% el parque de taxibuses que puede utilizarse en día laboral (y en 20% el de taxicolectivos) y, en cambio, no coloca desincentivo al uso de vehículo particular, que es menos eficiente en trasladar personas en términos de pasajeros/vehículo y espacio de uso en las calles.

Ante la solicitud de establecer una medida de restricción de circulación para autos particulares, el SEREMI de la Araucanía declaró hace poco que “como Ministerio de Transportes, tenemos la facultad de poner restricción vehicular en la medida que (los móviles motorizados) sean causante de contaminación”, y no han aplicado esta medida porque “la contribución de los entes móviles (a la contaminación ambiental) no es más allá del 2 por ciento, y respecto de lo cual el transporte público apenas supera el 1 por ciento”.⁷

El aumento de la congestión y en los tiempos de traslado en taxibus podría explicar, en parte, la reducción paulatina en el uso relativo de taxibuses y el aumento en el uso de autos particulares,

⁷ Ver <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/region-de-la-araucaania/transportes-descarto-aplicar-restriccion-vehicular-en-temuco-por/2019-04-30/134415.html>

1292



MUNICIPALIDAD DE TEMUCO

De acuerdo a Ley (2014) la tasa de motorización de los hogares en Temuco ha aumentado en forma importante desde el año 1998 al año 2009 habiendo 100 vehículos por 1.000 habitantes en Temuco, esta tasa aumentó a 158 vehículos por 1.000 habitantes en 2013.

La ciudad debe estar asociada al aumento que ha tenido la opción de irse en auto particular observada en Temuco y el crecimiento relativo de otras opciones que implican menor congestión y menor tiempo de traslado, como el uso de taxis. En efecto, de acuerdo a Ley (2013) el tiempo promedio de traslado en auto particular es de 50 minutos en punta de la mañana y de 25 minutos fuera de punta. En cambio, el tiempo promedio de traslado en taxis es de 35 minutos en punta de la mañana y de 30 minutos fuera de punta. El mismo estudio proyecta un aumento en los tiempos de traslado de hasta 75 minutos en taxis para el 2030, debido a la mayor congestión esperada.

En la ciudad de Temuco existe un alto nivel de congestión vehicular en los puntos de punta, principalmente en las calles del centro que forman parte de los ejes de las líneas de autobuses y taxicabos. Producto del problema de congestión, la Secretaría Municipal de Transporte de la Región de la Araucanía, estableció restricciones de circulación para taxicabos (de 2 ejes en día laboral) a partir del 2009 y para autobuses (de 1 eje) en día laboral a partir del 2013. Cabe destacar que desde 1998 a la fecha no hubo restricciones estrictas de circulación para autos particulares en Temuco por parte de la autoridad.

Para tomar de enfrentar la congestión por parte de la autoridad regional para la ciudad, se que reduce en 10% el parque de autobuses que puede utilizarse en día laboral (o en 20% si de taxicabos) y, en cambio, no coloca restricciones al uso de vehículos particulares, que es menos eficiente en trasladar personas en términos de pasajeros/vehículo y espacio de uso en las calles.

Ante la solicitud de establecer una medida de restricción de circulación para autos particulares, el SE-REMI de la Araucanía declaró hace poco que "como Ministerio de Transportes, tenemos la facultad de poner restricción vehicular en la medida que los móviles motorizados sean fuente de contaminación", y no han aplicado esta medida porque "la congestión de las calles no es la comisión ambiental, no es más allá del 2 por ciento y respecto de lo cual el transporte público supera el 1 por ciento".

El aumento de la congestión y en los tiempos de traslado en taxis podría explicarse en parte la reducción puntual en el uso relativo de autobuses y el aumento en el uso de autos particulares.

1763



ya que la congestión vehicular no ha sido debidamente corregida y más bien aumenta por el mayor número de vehículos particulares transitando en hora de punta y fuera de punta.

3.3 Evolución de la Flota y Número de Recorridos de taxibuses y taxicolectivos

Como se observa en el Cuadro No. 5, la tasa de crecimiento de la flota total de taxibuses en Temuco, entre 1996 y 2002, fue de 4.3% anual, y entre 2002 y 2017 de 0.7% anual. La flota de taxicolectivos ha ido creciendo a una tasa promedio anual entre 1.7 y 1.8%.

Cuadro 5: Tasa promedio de crecimiento anual de toda la Flota

| Tasa Crecimiento Anual Flota | 1996 a 2002 | 2002 a 2017 |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Taxi Buses | 4.3% | 0.7% |
| Taxi Colectivos | 1.7% | 1.8% |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002) y Ministerio de Transporte (2018)

En el Cuadro No. 6 se presenta con detalle la evolución de la flota y el número de recorridos de las diferentes líneas de taxibus y taxicolectivos que operaron en Temuco entre 1996 y 2017. En el mismo cuadro, se presenta la suma de kilómetros que recorren todas las variantes de recorrido de las distintas líneas de taxibus y taxicolectivo, para los años 2012 y 2017.⁸ Como se puede apreciar en dicho cuadro, la flota de gran parte de las líneas de taxibuses y taxicolectivos aumentó entre 1996 y 2017.⁹

Otro aspecto que se puede apreciar en el Cuadro No. 6, es que el número de recorridos en las líneas de taxibus y taxicolectivo ha ido generalmente aumentando a través de los años, inclusive después del 2003. En efecto, el total de recorridos de taxibuses aumentó de 24 al año 2002 a 29 en el año 2017. Si bien entre 2012 y 2017 se añadió solamente un recorrido más en todas las líneas de taxibuses, sí se observa un gran aumento en la cantidad de kilómetros que recorren en todas sus variantes, expandiendo también de esta forma sus servicios de transporte.

⁸ El total de kilómetros de recorrido fue obtenido del trazado oficial de las líneas de taxibuses y taxicolectivos disponible en Trasa (2014) para el año 2012 y el declarado por las líneas de taxibuses para el año 2017. Cabe señalar que se cuenta también con información del trazado de líneas de taxibuses a diciembre de 2018, obtenida del Ministerio de Transporte, y se puede observar que el total de kilómetros de recorrido de cada línea en dicho año es mayor o igual al declarado para el 2017.

⁹ A falta de valores oficiales, la flota del año 1996 corresponde a la declarada en el estudio SECTRA (1998). La flota de los años 2002 y 2008 corresponde a la utilizada en los protocolos de acuerdo por las líneas de taxibuses y se correspondería con la declarada al Ministerio de Transportes. La flota para los años 2012 y 2017 corresponde a la publicada por el Ministerio de Transporte en su estadística de transporte público para todo Chile a enero de esos años. El número de recorridos corresponden a los declarados en los estudios SECTRA de los respectivos años y en el declarado por las líneas de taxibuses para el 2017.



ya que la capacidad vehicular no ha sido debidamente compensada y este tipo de aumento en el número de vehículos particulares transando en horas de punta y fuera de punta.

3.3. Evolución de la Flota y Número de Recorridos de Taxis y Taxis Colectivos

Como se observa en el Cuadro No. 5, la tasa de crecimiento de la flota total de taxis en Temuco entre 1998 y 2002, fue de 4,3% anual y entre 2002 y 2017, de 0,7% anual. La flota de taxis colectivos ha ido creciendo a una tasa promedio anual entre 1,7 y 1,8%.

Cuadro 5: Tasa promedio de crecimiento anual de toda la flota

| Tasa Crecimiento Anual Flota | 1998 a | | 2002 a | |
|------------------------------------|--------|------|--------|------|
| | 1998 | 2002 | 2002 | 2017 |
| Taxi Buses | 4,3% | 0,7% | | |
| Taxi Colectivos | 1,7% | 1,8% | | |

Fuente: Elaboración propia en base a: SERA (1998, 2002, 2017) y Estadísticas de Temuco (2018)

En el Cuadro No. 6 se presenta con detalle la evolución de la flota y el número de recorridos de las diferentes líneas de taxis y taxis colectivos que operan en Temuco entre 1998 y 2017. En el mismo cuadro, se presenta la suma de kilómetros que recorren todas las variantes de recorridos de las diferentes líneas de taxis y taxis colectivos, para los años 2012 y 2017. Como se puede apreciar en dicho cuadro, la flota de gran parte de las líneas de taxis y taxis colectivos aumentó entre 1998 y 2017.

Como se puede apreciar en el Cuadro No. 6, es que el número de recorridos en las líneas de taxis y taxis colectivos ha ido generando aumentos a través de los años, tanto a nivel del 2002. En efecto, el total de recorridos de taxis aumentó de 24 al año 2002 a 37 en el año 2017. Si bien entre 2012 y 2017 se añadió solamente un recorrido más en cada una de las líneas de taxis, si se observa un gran aumento en la cantidad de kilómetros que recorren en todas sus variantes, ampliando así la flota y sus servicios de transporte.

* El total de kilómetros de recorridos de taxis y taxis colectivos en Temuco (2017) para el año 2017 y el declarado por las líneas de taxis para el año 2017. Cada señalar que se cuenta también con información del total de kilómetros de recorridos de taxis y taxis colectivos en Temuco, y se puede observar que el total de kilómetros de recorridos de taxis y taxis colectivos en Temuco es mayor a igual al declarado para el 2017.

** A falta de valores oficiales, la flota del año 1998 corresponde a la declarada en el estudio SECTRA (1998). La flota de los años 2002 y 2008 corresponde a la utilizada en los estudios de acuerdo por las líneas de taxis y se corresponden con la flota del Ministerio de Transportes. La flota para los años 2012 y 2017 corresponde a la publicada por el Ministerio de Transportes en sus estadísticas de transporte público para Chile a nivel de cada año. El número de recorridos corresponden a los declarados en los estudios SECTRA de los respectivos años y no el declarado por las líneas de taxis para el 2017.



Cuadro 6: Evolución de la Flota, Número de Recorridos y Kms recorridos de taxibuses y taxicolectivos en Temuco

| Línea | 1996 | | | 2002 | | | 2008 | | | 2012 | | | 2017 | | |
|-----------------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| | Flota | Recorridos | Kms | Flota | Recorridos | Kms | Flota | Recorridos | Kms | Flota | Recorridos | Kms | Flota | Recorridos | Kms |
| Taxibuses | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 55 | 1 | 140.1 | 87 | 2 | 140.1 | 96 | 2 | 140.1 | 95 | 3 | 140.1 | 99 | 3 | 151.5 |
| 2 | 46 | 1 | 150.9 | 51 | 1 | 150.9 | 62 | 2 | 150.9 | 61 | 3 | 150.9 | 62 | 3 | 161.6 |
| 3 | 65 | 3 | 171.1 | 103 | 4 | 171.1 | 112 | 4 | 171.1 | 109 | 4 | 171.1 | 113 | 4 | 206.0 |
| 4 | 70 | 2 | 75.1 | 59 | 2 | 75.1 | 60 | 2 | 75.1 | 54 | 2 | 75.1 | 58 | 2 | 75.1 |
| 5 | 64 | 3 | 147.1 | 72 | 3 | 147.1 | 81 | 3 | 147.1 | 81 | 3 | 147.1 | 81 | 3 | 168.7 |
| 6 | 55 | 3 | 118.7 | 66 | 3 | 118.7 | 75 | 3 | 118.7 | 74 | 3 | 118.7 | 75 | 3 | 120.2 |
| 7 | 48 | 1 | 82.4 | 71 | 2 | 82.4 | 78 | 2 | 82.4 | 74 | 2 | 82.4 | 77 | 2 | 80.7 |
| 8 | 67 | 2 | 184.0 | 91 | 3 | 184.0 | 100 | 4 | 184.0 | 96 | 4 | 184.0 | 98 | 4 | 224.1 |
| 9 | 54 | 2 | 140.0 | 74 | 3 | 140.0 | 83 | 4 | 140.0 | 84 | 2 | 140.0 | 82 | 2 | 170.4 |
| 10 | 40 | 1 | 77.8 | 51 | 1 | 77.8 | 60 | 1 | 77.8 | 60 | 2 | 77.8 | 65 | 3 | 110.8 |
| Todas | 564 | 19 | 1287.3 | 725 | 24 | 1287.3 | 807 | 27 | 1287.3 | 788 | 28 | 1287.3 | 810 | 29 | 1469.1 |
| Taxicolectivos | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 200 | 2 | 64.3 | 203 | 1 | 64.3 | | | 64.3 | 210 | 3 | 64.3 | 199 | | |
| 12 | 25 | 1 | 41.3 | | | 41.3 | | | 41.3 | 139 | 2 | 41.3 | | | 145 |
| 13 | 135 | 1 | 48.8 | 121 | 2 | 48.8 | | | 48.8 | 114 | 2 | 48.8 | | | 111 |
| 14 | 75 | 1 | 37.1 | 106 | 1 | 37.1 | | | 37.1 | 68 | 1 | 37.1 | | | 82 |
| 15 | 60 | 1 | 15.5 | 47 | 1 | 15.5 | | | 15.5 | | 1 | 15.5 | | | |
| 16 | 55 | 1 | 50.6 | | | 50.6 | | | 50.6 | | 2 | 50.6 | | | 173 |
| 17 | 70 | 1 | 33.9 | 141 | 1 | 33.9 | | | 33.9 | 162 | 2 | 33.9 | | | 166 |
| 18 | 180 | 1 | 20.7 | 162 | 1 | 20.7 | | | 20.7 | 169 | 2 | 20.7 | | | 36 |
| 19 | | | 24.6 | 26 | 1 | 24.6 | | | 24.6 | 36 | 1 | 24.6 | | | 52 |
| 20 | | | 40.4 | | | 40.4 | | | 40.4 | 48 | 1 | 40.4 | | | 130 |
| 21 | 75 | 1 | 66.5 | 109 | 1 | 66.5 | | | 66.5 | 130 | 2 | 66.5 | | | 71 |
| 24 | 73 | 1 | 34.4 | 103 | 1 | 34.4 | | | 34.4 | 84 | 3 | 34.4 | | | 50 |
| 25 | 55 | 1 | 25.8 | 52 | 1 | 25.8 | | | 25.8 | 60 | 2 | 25.8 | | | 76 |
| 28 | 54 | 1 | | 61 | 1 | | | | | 78 | 1 | | | | 20 |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 111 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Todas | 1057 | 13 | 536.5 | 1131 | 12 | 536.5 | | | 536.5 | 1412 | 25 | 536.5 | 1476 | | |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y registro de parques vehiculares del Ministerio de Transporte.

Nota 1: En Suroeste Consultores (2008), se indica que la línea Número 5 tiene 4 recorridos. Sin embargo, la directiva de dicha línea señaló que siempre han funcionado con 3 recorridos.

Nota 2: No se obtuvo información del número de kilómetros de los recorridos de la línea 4 para el año 2017, por lo que se asume que no cambió respecto a 2012.

1564

1765



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

Otro aspecto a destacar es la evolución de la antigüedad promedio del parque de las líneas de taxibuses, que refleja un aspecto de la calidad del servicio, al reemplazar máquinas antiguas por nuevas. Si la antigüedad de la flota no varía con el tiempo, indica que solo se realiza el mínimo de reemplazos de las máquinas más antiguas. Si la antigüedad disminuye indicaría que una mayor parte de la flota estaría siendo renovada.

Como se aprecia en el Cuadro No. 7, entre 1996 y 2002, antes de los protocolos, la antigüedad promedio de toda la flota de taxibuses sufrió un notable aumento, pasando de una antigüedad de 7 a 11 años. Entre 2002 y 2009, la antigüedad media subió de 11 a 12.4 años para toda la flota, y se mantuvo estable hasta el 2011. A partir del 2012, varias líneas, como la 1, 4, 5 y 8, tuvieron un mayor reemplazo de flota por unidades más nuevas, reduciendo la antigüedad del parque. El resto de líneas mantuvieron relativamente estable la antigüedad de su flota.

Cuadro 7: Evolución de la antigüedad promedio de la flota de taxibuses

| Línea | Mayo 1996 | Julio 2002 | Antigüedad Promedio de la Flota (años de antigüedad, a diciembre de cada año) | | | | | | | | |
|--------------|--------------|---------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| 1 | 6 | 10 | 11.6 | 12.0 | 12.0 | 10.8 | 10.4 | 10.0 | 9.7 | 9.9 | 9.5 |
| 2 | 7 | 8 | 11.5 | 12.1 | 12.5 | 12.3 | 12.2 | 12.2 | 12.1 | 12.5 | 11.3 |
| 3 | 7 | 11 | 13.0 | 12.9 | 12.8 | 11.5 | 12.2 | 12.8 | 12.2 | 11.5 | 11.3 |
| 4 | 7 | 12 | 13.2 | 13.9 | 13.6 | 12.3 | 10.9 | 8.8 | 9.2 | 8.7 | 9.3 |
| 5 | 11 | 12 | 13.3 | 11.7 | 11.9 | 11.6 | 11.5 | 12.1 | 10.6 | 10.6 | 8.7 |
| 6 | 7 | 11 | 14.0 | 13.0 | 12.9 | 10.9 | 11.8 | 11.4 | 11.4 | 11.1 | 10.2 |
| 7 | --- | 12 | --- | 13.9 | 13.4 | 12.4 | 13.1 | 13.5 | 13.8 | 13.4 | 12.9 |
| 8 | 5 | 10 | 10.7 | 11.3 | 11.2 | 10.1 | 8.4 | 8.8 | 8.9 | 8.6 | 8.2 |
| 9 | 6 | 12 | 11.7 | 11.8 | 12.2 | 11.6 | 12.4 | 12.3 | 12.8 | 12.1 | 11.8 |
| 10 | 6 | 11 | 12.9 | 12.4 | 12.1 | 10.2 | 10.1 | 11.1 | 11.4 | 11.2 | 10.8 |
| Todas | 6.9 | 10.9 | 12.4 | 12.4 | 12.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.2 | 10.9 | 10.3 |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002) y Ministerio de Transporte

En resumen, si bien se observa una reducción en el crecimiento del parque de taxibuses, también se observan aumentos en el número y extensión de recorridos de las líneas de taxibuses, durante la vigencia de los protocolos. **Lo anterior no es consistente con lo afirmado por la FNE en su requerimiento respecto a que, debido a los protocolos, se “restringió la posibilidad de que las Requeridas ofrecieran nuevos recorridos dentro de la ciudad”.** Asimismo, se observa que varias líneas han ido reduciendo la antigüedad de su flota, renovándola por máquinas nuevas, para ofrecer un mejor servicio a sus usuarios.

P



Una de las principales características de la evolución de la antigüedad promedio del parque de las líneas de autobuses, que refleja un aspecto de la calidad del servicio, al reemplazar máquinas antiguas por nuevas, es la antigüedad de la flota no varía con el tiempo, tal vez que solo se reduce el número de vehículos de las máquinas más antiguas. Si la antigüedad disminuye indica a que una parte de la flota estaría siendo renovada.

Como se puede ver en el Cuadro No. 7 entre 1998 y 2002, antes de los protocolos, la antigüedad promedio de toda la flota de autobuses sufrió un notable aumento, pasando de una antigüedad de 7 a 11 años. Entre 2002 y 2009, la antigüedad media subió de 11 a 13,4 años para toda la flota, y se mantuvo estable hasta el 2011. A partir del 2012, varias líneas, como la 1, 4, 5 y 8, redujeron su mayor porcentaje de flota por unidades más nuevas, reduciendo la antigüedad del parque. El resto de líneas mantuvieron relativamente estable la antigüedad de su flota.

Cuadro 7: Evolución de la antigüedad promedio de la flota de autobuses

| Línea | Mayo | | Junio | | Antigüedad promedio de la flota (años de antigüedad, a diciembre de cada año) | | | | | | | | | |
|-------|------|------|-------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| | 1998 | 2002 | 2002 | 2009 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | |
| 1 | 8 | 10 | 11,6 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | |
| 2 | 7 | 8 | 11,2 | 12,1 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | |
| 3 | 7 | 11 | 12,0 | 12,9 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | |
| 4 | 7 | 12 | 12,2 | 12,9 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 | |
| 5 | 11 | 12 | 12,2 | 12,2 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | |
| 6 | 7 | 11 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | |
| 7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 8 | 8 | 10 | 10,7 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | 11,3 | |
| 9 | 6 | 12 | 11,7 | 11,8 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | |
| 10 | 6 | 11 | 12,8 | 12,4 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | |
| Todas | 8,0 | 10,9 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,4 | 12,3 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | |

Fuente: Fabricación propia en base a CUBA (1998), MICT (2002) y Ministerio de Transportes

En resumen, si bien se observa una reducción en el crecimiento del parque de autobuses, también se observan aumentos en el número y creación de recorridos de líneas de autobuses, durante la vigencia de los protocolos. Lo anterior no es consistente con lo afirmado por la VNB en su requerimiento respecto a que, debido a los protocolos, se "restruyó la posibilidad de que las Recorridos nuevos recorridos dentro de la ciudad". Asimismo, se observa que varias líneas han ido reduciendo la antigüedad de su flota, renovándola por máquinas nuevas, para afectar un menor costo a sus usuarios.

1566



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

3.4 Evolución de las tarifas de taxibuses y taxicolectivos

En el Cuadro No. 8 se presenta la evolución del rango de tarifas adulto para las líneas taxibuses y taxicolectivos de la ciudad de Temuco, en pesos de cada año. A partir del año 2002, los taxibuses empiezan a mostrar múltiples tarifas, debido a la apertura de variantes con recorridos más largos (hacia Labranza o Quepe, por ejemplo). Las tarifas de taxibuses son las mismas en horario diurno y nocturno. La tarifa más baja corresponde, por lo general, al recorrido troncal de cada línea de taxibus.

En el cuadro también se puede observar que los taxicolectivos empiezan a tener varias tarifas a partir del año 2002, debido principalmente a la diferenciación del servicio en horario diurno y nocturno. A partir del año 2012, no solamente se aprecia diferenciaciones por horario sino también por recorrido, debido a la apertura de variantes de recorrido más largo.

Al final del cuadro se presenta la variación de la tarifa más baja de las líneas de taxibus. También se presenta el promedio anual y la variación del precio del diesel a público en la ciudad de Temuco, publicado por la Comisión Nacional de Energía (CNE),¹⁰ y el promedio anual y variación del Índice de Costo de Transporte (ICT), publicado por el INE,¹¹ del cual existe información desde el año 2010.

De acuerdo al análisis, se observa un aumento de 50% en la tarifa más baja de taxibus (de 140 a 210 pesos) entre 1996 y 2002, la cual es menor que el aumento de 63% en el precio del diesel en Temuco. Posteriormente, entre los años 2002 y 2008, se observa un aumento de 67% en la tarifa más baja, la cual es menor que el aumento de 138% en el precio del diesel en Temuco.

Entre los años 2008 y 2012 la tarifa aumentó en 18%, lo que es consistente con el hecho que, de acuerdo al ICT, el costo de transporte aumentó en 16% entre el 2010 y 2012.¹²

¹⁰ Disponible en: <https://www.cne.cl/estadisticas/hidrocarburo/>

¹¹ Disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/precios/ict>

¹² De acuerdo al Documento Metodológico del ICT, el índice pondera en un 27% el combustible (el diesel para ese período aumentó solo en un 3%), por lo que parte de la variación del índice ya estaría recogiendo la variación en este insumo. El 73% restante corresponde a variaciones en el costo de recursos humanos, servicios financieros, respuestos y accesorios, y servicios relativos al equipo de transporte.

3.4 Evolución de las tarifas de taxis y taxicollectivos

En el Cuadro No. 8 se presenta la evolución del rango de tarifas aplicadas para las líneas taxicollectivas y taxicabos de la ciudad de Temuco, en pesos de cada año. A partir del año 2002, los taxicabos comienzan a mostrar múltiples tarifas, debido a la aparición de variantes con recorridos más largos (hacia Lastra o Caspe, por ejemplo). Las tarifas de taxibuses son las mismas en horas hábiles y nocturnas. La tarifa más baja corresponde, por lo general, al recorrido normal de cada línea de taxis.

En el cuadro también se puede observar que los taxicollectivos empiezan a tener varias tarifas a partir del año 2001, debido principalmente a la diferenciación del servicio en horario diurno y nocturno. A partir del año 2011, no solamente se aprueban diferenciaciones por horario sino también por recorrido, debido a la aparición de variantes de recorrido más largo.

Al final del cuadro se presenta la variación de la tarifa más baja de las líneas de taxis. También se presenta el promedio anual y la variación del precio del diesel a público en la ciudad de Temuco, publicado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), y el promedio anual y variación del Índice de Costo de Transporte (ICT), publicado por el INE¹², del cual existe información desde el año 2010.

De acuerdo al análisis, se observa un aumento de 50% en la tarifa más baja de taxis (de 140 a 210 pesos) entre 1998 y 2002, la cual es menor que el aumento de 63% en el precio del diesel en Temuco. Posteriormente, entre los años 2002 y 2008, se observa un aumento de 67% en la tarifa más baja, la cual es menor que el aumento de 138% en el precio del diesel en Temuco.

Entre los años 2008 y 2012 la tarifa aumentó en 18%, lo que es consistente con el hecho que de acuerdo al ICT, el costo de transporte aumentó en 10% entre el 2010 y 2012.¹³

¹² Disponible en: <http://www.inec.cl/estadisticas/indicadores>
¹³ Disponible en: <http://www.inec.cl/estadisticas/indicadores>
¹⁴ De acuerdo al Documento Metodológico del ICT, el índice muestra en un 27% el aumento de los precios de los servicios de transporte público en Chile, por lo que parte de la variación del índice se explica por el aumento de los precios de los servicios de transporte público. El ICT también incluye los costos de recursos humanos, recursos financieros, impuestos y aranceles, y servicios, entre otros, el equipo de transporte.



Cuadro 8: Evolución de las tarifas adulto de taxibuses y taxicolectivos en Temuco

| Líneas de Taxibuses | 1996 | 2002 | 2008 | 2012 | 2018 |
|---------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 140 | 210 | 380 a 430 | 450 a 480 | 450 a 550 |
| 2 | 140 | 210 | 380 a 430 | 450 a 480 | 450 a 550 |
| 3 | 140 | 210 a 250 | 350 a 450 | 450 a 500 | 450 a 500 |
| 4 | 140 | 210 | 350 a 380 | 450 | 450 |
| 5 | 140 | 210 a 250 | 350 a 430 | 450 a 480 | 450 a 550 |
| 6 | 140 | 210 a 250 | 350 | 450 a 500 | 450 a 500 |
| 7 | 140 | 210 | 430 | 450 a 600 | 450 a 600 |
| 8 | 140 | 210 a 250 | 350 a 450 | 450 | 450 |
| 9 | 140 | 210 a 250 | 350 a 470 | 450 | 450 |
| 10 | 140 | 210 | 350 | 450 | 450 |

| Líneas de Taxicolectivos | 1996 | 2002 | 2008 | 2012 | 2018 |
|--------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
| 11 | 170 | 250 | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 12 | 170 | --- | | --- | |
| 13 | 170 | 250 | | 450 a 700 / 600 a 900 | |
| 14 | 170 | 250 | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 15 | 170 | 250 diurna / 350 nocturna | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 16 | 170 | --- | | --- | |
| 17 | 170 | 250 a 350 / 350 nocturna | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 18 | 170 | 250 | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 19 | --- | 250 | | 450 diurna / 600 nocturna | |
| 20 | --- | --- | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 21 | 170 | 250 | | 450 diurna / 600 nocturna | |
| 24 | 170 | 250 diurna / 350 nocturna | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 25 | 170 | 250 diurna / 350 nocturna | | 450 diurna / 600 nocturna | |
| 28 | 170 | 250 | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |
| 30 | --- | --- | | --- | |
| 111 | --- | --- | | 450 a 900 / 600 a 1200 | |

| Análisis Tarifa Taxibuses | 1996 | 2002 | 2008 | 2012 | 2018 |
|--------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| Variación de Tarifa más baja | --- | 50% | 67% | 18% | 0% |
| Precio Diesel - Temuco (\$/lt) | 161 | 263 | 625 | 646 | 616 |
| Variación Precio Diesel | --- | 63% | 138% | 3% | -5% |
| Índice Costo Transporte INE | N.I. | N.I. | N.I. | 87.04 | 99.75 |
| Variación ICT (desde 2010) | --- | --- | --- | 16% | 15% |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), PUC(2002), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014), Ministerio de Transporte (2018), CNE e INE.

1767

1568

Entre 2012 y 2018 la tarifa más baja no cambió de valor, a pesar que existió un aumento del ICT del 15% en el periodo.

A fin de comparar la evolución de la tarifa en Temuco, en el siguiente cuadro se presenta la evolución de la tarifa de adulto en taxibus de la comuna de Chillán entre los años 1996 y 2014.

Cuadro 9: Evolución de las tarifas adulto de taxibuses en Chillán

| Fecha | Valor en \$ |
|--------|-------------|
| jul-96 | 100 |
| oct-03 | 250 |
| oct-10 | 300 |
| ene-14 | 430 |

Fuente: AG Ingeniería (1999), PUC (2003), Testing (2012) y DTPR (2014)

El incremento nominal de tarifas en la comuna de Chillán fue de 330 pesos entre los años 1996 y 2014, similar al aumento nominal observado en Temuco, de 310 pesos.

Cabe señalar que, de acuerdo a DTPR (2014), las tarifas en la comuna de Chillán se reajustan en base a costos, al menos desde el año 2010. En efecto, según DTPR (2014), “la tarifa de operación del sistema se basa en un polinomio de ajuste, donde la reajustabilidad tiene que ver con el valor de reposición del Bus (38%), índice de mano de obra (33%), petróleo (23%) y neumáticos (6%)”, por lo que el aumento en la tarifa en Chillán refleja la evolución de los costos de operar y renovar una flota de taxibuses.¹³

En consecuencia, los aumentos de tarifa en Temuco, al igual que en Chillán, se explicarían por los aumentos en el costo de los insumos más importantes para prestar el servicio de transporte. Como es conocido en la literatura,¹⁴ los precios acordados en colusión tienden a ser menos sensibles a variaciones en costos, lo cual no es lo que se observa al considerar las variaciones de tarifas y costos para los taxibuses de Temuco.

¹³ De acuerdo a DTPR (2014), “desde Marzo del año 2010 las tarifas se encuentran subsidiadas, a través del subsidio derivado del artículo 3° letra b) de la Ley 20.378; dicho subsidio exige a las empresas el cumplimiento estricto de tarifas máximas y frecuencias contratadas.”

¹⁴ Ver, por ejemplo, Davis y Garcés (2010), Buccirosi (2008) y Whinston (2005).



1708



J.L.R. Consultores
Ingeniería y Arquitectura

Entre 2012 y 2018 la tarifa más baja no cambió de valor, a pesar que existió un aumento del IVA del 12% en el periodo.

A fin de comparar la evolución de la tarifa en Temuco, en el siguiente cuadro se presenta la evolución de la tarifa de adultos en taxibus de la comuna de Chillán entre los años 1996 y 2014.

Cuadro 3: Evolución de las tarifas adultas de taxibuses en Chillán

| Fecha | Valor en \$ |
|--------|-------------|
| ene-14 | 430 |
| oct-10 | 300 |
| oct-03 | 250 |
| jul-96 | 100 |

Fuente: J.L.R. Consultores (1996), INEC (2003), Temuco (2010) y DTFR (2014)

El incremento nominal de tarifas en la comuna de Chillán fue de 330 pesos entre los años 1996 y 2014, similar al aumento nominal observado en Temuco, de 310 pesos.

Cabe resaltar que, de acuerdo a DTFR (2014), las tarifas en la comuna de Chillán se reajustan en base a costos, al menos desde el año 2010. En efecto, según DTFR (2014), "la tarifa de operación del sistema se basa en un porcentaje de ajuste, donde la reajustabilidad depende del valor de reposición del bus (58%), índice de mano de obra (37%), petróleo (23%) y neumáticos (6%)", por lo que el aumento en la tarifa en Chillán refleja la evolución de los costos de operar y renovar una flota de taxibuses.¹¹

En consecuencia, los aumentos de tarifas en Temuco, al igual que en Chillán, se explican por los aumentos en el costo de los insumos más importantes para prestar el servicio de transporte. Como es conocido en la literatura,¹² los precios acordados en colusión tienden a ser menores que las variaciones en costos, lo cual no es lo que se observa al considerar las variaciones de tarifas y costos para los taxibuses de Temuco.

¹¹ De acuerdo a DTFR (2014), "desde Marzo del año 2010 las tarifas se encuentran reajustadas, a través del subido, cuando del artículo 3º inciso b) de la Ley 20.378, dicho reajuste exige a las empresas el cumplimiento estricto de tarifas máximas y mínimas y tecnologías controladas".

¹² Ver por ejemplo, Owe y García (2010), Bucciari (2008) y Woff (2008).

1669

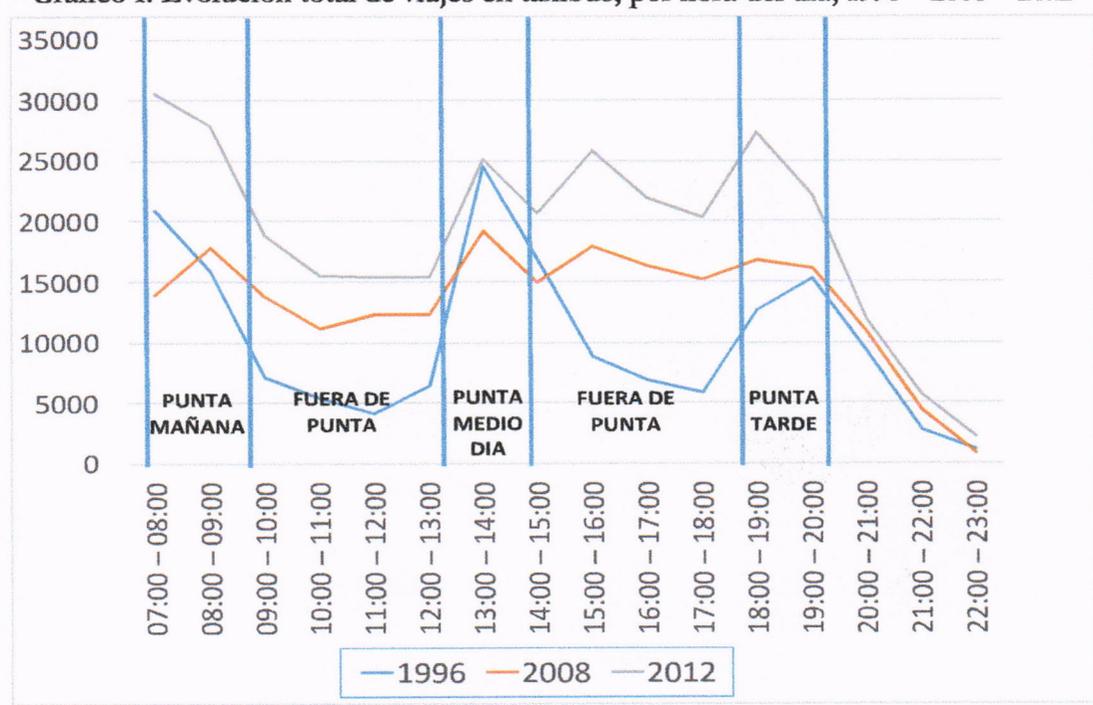


JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

3.5 Evolución de la demanda de viajes en taxibuses en Temuco y diferenciación en periodos de punta y fuera de punta

En la sección 3.2 se observó que el número de viajes en taxibus ha crecido en forma sostenida entre 1996 y 2012. No obstante lo anterior, como se aprecia en el Gráfico No. 1, la distribución de los viajes ha variado en el tiempo.

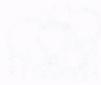
Gráfico 1: Evolución total de viajes en taxibus, por hora del día, 1996 – 2008 – 2012



Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008) y Trasa (2014)
Nota 1: La definición de los periodos de horas de punta y fuera de punta se realizó en base a Trasa (2014).

La distribución de viajes se volvió más pareja entre 1996 y 2008, con periodos de punta menos pronunciados y una mayor cantidad de viajes en periodos fuera de punta. Al comparar los años 2008 y 2012 se observa un incremento general de la demanda de viajes en todas las horas del día. También se observa que, en el 2012, la punta de la mañana presenta la mayor cantidad de viajes, y el periodo fuera de punta de la mañana la menor cantidad. Al analizar las frecuencias de taxibuses, nos concentraremos en estos dos periodos específicos.

En el Cuadro No. 2 del capítulo anterior, se aprecia un comportamiento del número de pasajeros o viajes/hora consistente con el gráfico, para los periodos de punta y fuera de punta de la mañana, entre los años 1996, 2008 y 2012.



3.2. Evolución de la demanda de viajes en taxis en Temuco y distribución en periodos de punta y fuera de punta

En la sección 3.2 se observó que el número de viajes en taxis en Temuco ha crecido en forma constante entre 1996 y 2012. No obstante lo anterior, como se aprecia en el Gráfico No. 3, la distribución de los viajes ha variado en el tiempo.

Gráfico 3: Evolución total de viajes en taxis, por hora del día, 1996 - 2008 - 2012



Fuente: Elaboración propia con base a CITEA (1998), Encuesta Opiniones (2008) y CITEA (2012). Nota: La distribución de los periodos de fuera de punta y fuera de punta se realizó en base a (1996-2008).

La distribución de viajes se volvió más pareja entre 1996 y 2008, con periodos de punta menos pronunciados y una mayor cantidad de viajes en periodos fuera de punta. Al comparar los años 2008 y 2012 se observa un incremento general de la demanda de viajes en todas las horas del día. También se observa que, en el 2012, la punta de la mañana presenta la mayor cantidad de viajes y el periodo fuera de punta de la mañana la menor cantidad. Al analizar los tratamientos de ciudades, nos concentramos en estos los periodos específicos.

En el Gráfico No. 3 del capítulo anterior se aprecia un comportamiento del número de pasajeros o viajes/hora consistente con el gráfico para los periodos de punta y fuera de punta de la mañana, entre los años 1996, 2008 y 2012.

1970



3.6 Evolución de la frecuencia de recorrido de taxibuses en punta y fuera de punta de la mañana

Como se vio en la sección anterior, el mayor peak de demanda de viajes en taxibus en 2012 ocurre en el periodo de punta de la mañana, y la menor demanda, sin considerar el periodo nocturno, ocurre en el periodo fuera de punta de la mañana. En razón de lo anterior, en esta sección analizaremos el comportamiento de la frecuencia de recorrido en periodo de alta y baja demanda de viajes para taxibuses, comparable en distintos años, utilizando aquellos estudios que presentan información de frecuencia observada en terreno (lo cual excluye PUC(2003)).

En el Cuadro No. 10 se presenta la evolución de la frecuencia, en término de buses/hora de las distintas líneas de taxibuses en la ciudad de Temuco, entre los años 1996 (anterior a los protocolos), 2008, 2012 y 2015 (en vigencia de los protocolos), tanto en horario de punta de la mañana como en el horario fuera de punta de la mañana (salvo 2015 que solo tiene información para la punta).

Cuadro 10: Evolución de las frecuencias de taxibuses (buses/hora) en punta de la mañana y fuera de punta (frecuencia Ida + frecuencia Vuelta)

| Línea taxibus | Punta Mañana | | | | Fuera Punta | | | |
|---------------|--------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 54 | 42 | 48 | 46 | 36 | 49 | 60 | --- |
| 2 | 40 | 24 | 36 | 50 | 40 | 24 | 36 | --- |
| 3 | 68 | 68 | 64 | 66 | 36 | 71 | 64 | --- |
| 4 | 50 | 29 | 36 | 35 | 44 | 33 | 34 | --- |
| 5 | 66 | 89 | 42 | 51 | 60 | 88 | 48 | --- |
| 6 | 62 | 36 | 54 | 51 | 54 | 39 | 48 | --- |
| 7 | 32 | 36 | 50 | 46 | 30 | 36 | 56 | --- |
| 8 | 64 | 86 | 56 | 58 | 58 | 77 | 64 | --- |
| 9 | 60 | 60 | 44 | 42 | 52 | 75 | 46 | --- |
| 10 | 40 | 20 | 36 | 35 | 40 | 23 | 40 | --- |
| Total | 536 | 487 | 465 | 480 | 450 | 513 | 496 | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)
 Nota 1: La frecuencia promedio del 2008 para la punta de la mañana corresponde al promedio simple de la frecuencia medida entre las 7:00 - 9:00, y para el periodo fuera de punta corresponde al promedio simple de la frecuencia medida entre las 10:00 - 12:00. Para los años 1996, 2012 y 2015 las frecuencias corresponden a las señaladas en los respectivos informes.
 Nota 2: Según Suroeste Consultores (2008), la línea 5 contaba con 4 recorridos y presenta mediciones de frecuencia distinta para cada una de ellas, y esa es la razón por la que en dicho año aparece un aumento considerable en las frecuencias de esta línea. Sin embargo, de acuerdo a lo señalado por la misma línea para este informe siempre contaron con 3 recorridos.

De acuerdo a CITRA (1998), si bien las definiciones de hora de punta y fuera de punta involucran más horarios durante el día, las mediciones reales de frecuencia en la punta de la mañana para el año 1998 se realizaron entre las 7:30 am y 8:30 am, y las mediciones del periodo fuera de punta se realizaron entre las 10:30 am a 11:30 am. En el estudio de Trasa (2014), para el año 2012, las

R



Tabla 5.6 – Evolución de la frecuencia de recorridos de autobuses en puntos y horas de la mañana de la mañana

Como se vio en la sección anterior, el mayor peak de demanda de viajes en autobuses en 2012 ocurrió en el período de punta de la mañana, y la menor demanda, sin considerar el período de punta, ocurrió en el período fuera de punta de la mañana. En razón de lo anterior, en esta sección analizaremos el comportamiento de la frecuencia de recorridos en períodos de día y noche durante los años para autobuses, comparando en distintos años, utilizando aquellos estadísticos que permitan información de frecuencia observada en tránsito (lo cual excluye PLY (2007)).

En el Cuadro No. 10 se presenta la evolución de la frecuencia, en términos de buses/hora de los distintos buses de autobuses en la ciudad de Turisaca, entre los años 1998 (anterior a los protocolos 2008, 2012 y 2015 en vigencia de los protocolos), tanto en horas de punta de la mañana como en el horario fuera de punta de la mañana (solo 2012 que solo tiene información para la punta).

Cuadro 10. Evolución de las frecuencias de autobuses (buses/hora) en puntos de la mañana y fuera de punta (frecuencia ida + frecuencia Vuelta)

| Línea autobuses | Punta Mañana | | | | Fuera Punta | | | |
|-----------------|--------------|------|------|------|-------------|------|------|------|
| | 1998 | 2008 | 2012 | 2015 | 1998 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 24 | 41 | 48 | 48 | 36 | 40 | 40 | 40 |
| 2 | 40 | 34 | 38 | 50 | 34 | 34 | 36 | 36 |
| 3 | 68 | 68 | 64 | 66 | 42 | 42 | 44 | 44 |
| 4 | 30 | 32 | 36 | 32 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| 5 | 66 | 66 | 42 | 52 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 6 | 62 | 36 | 34 | 51 | 34 | 34 | 34 | 34 |
| 7 | 32 | 36 | 30 | 48 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 8 | 64 | 66 | 56 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 9 | 60 | 60 | 44 | 42 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| 10 | 40 | 30 | 36 | 32 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Total | 526 | 482 | 462 | 480 | 426 | 414 | 416 | 416 |

Elaboración propia en base a CTRV (1998), JLR Consultores (2008), JLR (2012) y JLR (2015).
Nota: El 1º frecuencia puntual de ida y vuelta para la punta de la mañana corresponde al promedio simple de la frecuencia de ida y vuelta en los períodos de punta de la mañana (1998-2008) y para el período fuera de punta corresponde al promedio simple de la frecuencia de ida y vuelta en los períodos fuera de punta (1998-2008). Para los años 2012 y 2015 las frecuencias corresponden a las medidas en los respectivos períodos.
Nota: Según JLR Consultores (2008), la línea 8 consta con 4 recorridos y presenta múltiples frecuencias de ida y vuelta por día, y en el resto por la que en dicho día se presentan recorridos correspondientes en la frecuencia de ida y vuelta. Sin embargo, de acuerdo a la información que se tiene para los años 1998-2008, se asumió un solo recorrido por día.

De acuerdo a CTRV (1998), si bien las de frecuencias de hora de punta y fuera de punta se refieren a los períodos durante el día, las mediciones reales de frecuencia en la punta de la mañana para el año 1998 se realizaron entre las 7:30 am y 8:30 am, y las mediciones del período fuera de punta se realizaron entre las 10:30 am a 11:30 am. En el estudio de Turisaca (2014) para el año 2012, las

171



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

mediciones reales de frecuencias en la punta de la mañana se realizaron entre las 7:30 am a 9:00 am, y las mediciones del periodo fuera de punta se realizaron entre las 10:00 am a 11:30 am.¹⁵

Para el estudio de Suroeste Consultores (2008), en cambio, la frecuencia promedio para la punta de la mañana fue calculada como el promedio simple de la frecuencia horaria medida entre las 7:00 y 9:00 am, y para el periodo fuera de punta corresponde al promedio simple de la frecuencia medida entre las 10:00 am y 12:00 pm. Finalmente, de acuerdo al estudio de Territorio Mayor (2016) las mediciones en horario de punta de la mañana se realizaron entre las 7:45 y 8:45 am.

En el Cuadro No. 10 se observa que entre los años 1996 y 2008 **existió un aumento en la frecuencia durante el periodo fuera de punta**. En efecto, seis de las diez líneas de taxibuses aumentaron su frecuencia entre estos años, aumentando la frecuencia total de 450 buses/hora en 1996 a 513 buses/hora en 2008.

Entre los años 2008 y 2012, en cambio, la mitad de las líneas de taxibuses aumentaron su frecuencia en el periodo fuera de punta, y las restantes la disminuyeron. En el agregado, la frecuencia total de taxibuses terminó disminuyendo de 513 buses/hora en 2008 a 496 buses/hora, las cual sin embargo fue mayor a la frecuencia observada en el año 1996.

El incremento observado en la frecuencia de servicio en horario fuera de punta en varias líneas, entre 1996, 2008 y 2012, no sería consistente con la hipótesis de la FNE de que los protocolos no permitieron incrementar el servicio, respecto al nivel observado antes de los protocolos: en 2012, cinco de las 10 líneas muestran frecuencias mayores a las de 1996.

Con respecto al **periodo de punta de la mañana**, se observa que prácticamente todas las líneas redujeron su frecuencia de recorrido entre los años 1996 a 2012, pasando de una frecuencia total de 536 buses/hora a 465 buses/hora. Sin embargo, entre 1996 y 2008, tres de las diez líneas de taxibus aumentaron su frecuencia (Líneas 5, 7 y 8), pero en el agregado se observó una reducción de la frecuencia total, de 536 a 487 buses/hora.

Entre los años 2012 y 2015 se observa un nuevo incremento en la frecuencia total en punta, de 465 a 480 buses/hora, principalmente por el aumento en la frecuencia de las Líneas 2 y 5.

Por otro lado, **si se compara las frecuencias de los periodos fuera de punta con las frecuencias en punta de la mañana** para los años 2008 y 2012, **las primeras resultan por lo**

¹⁵ En el caso de Trasa (2014), las mediciones corresponden a los intervalos de salida o de espera entre el paso de un taxibus a otro, en minutos. Para transformarlos en frecuencia simplemente se divide 60 minutos para el tiempo del intervalo entre bus y bus.

B



INER Consolidado

mediciones... de la mañana se realizaron entre las 7:00 am y 8:00 am...

Para el estudio de Sumarios Consolidados (2008), en cambio, la frecuencia promedio para la punta...

En el orden No. 10 se observa que entre los años 1996 y 2008 existe un aumento en la frecuencia durante el periodo fuera de punta...

Entre los años 2008 y 2012, en cambio, la media de las líneas de tendencias disminuyeron en frecuencia en el periodo fuera de punta...

El presente estudio en el presente de series de datos fuera de punta es entre los años 1996, 2008 y 2012...

Con respecto al periodo de la mañana, se observa que prácticamente todas las líneas...

Entre los años 2008 y 2012 se observa un nuevo incremento en la frecuencia total en punta...

Por otro lado, si se compara las frecuencias de los periodos fuera de punta con las frecuencias en punta de la mañana para los años 2008 y 2012...

En el caso de Tasa (2014), las mediciones corresponden a los intervalos de caída o de salida de los niveles...



general mayores a las segundas, por lo que, contrario a la intuición, se observa que las frecuencias son mayores en el periodo de la mañana donde la demanda de servicio es menor.

La distinta evolución de las frecuencias en periodos fuera de punta y en punta de la mañana entre 2008 y 2012, y el hecho de que la frecuencia en punta de la mañana sea menor a la frecuencia fuera de punta en los años 2008 y 2012, no sería consistente con la hipótesis de colusión o competencia en ausencia de congestión vehicular, como la analizada en FNE (2013). El fuerte incremento en la demanda en periodo de punta y fuera de punta de la mañana debería incrementar las frecuencias de buses en ambos periodos, aún en presencia de colusión. Asimismo, una mayor demanda en el periodo de punta de la mañana debería tener asociada una mayor frecuencia de servicio. Como se justificará formalmente en el Capítulo 4, estos fenómenos podrían ser explicados por el aumento en la congestión vehicular en Temuco.

3.7 Congestión vehicular en Temuco: existencia y efectos

Son varias las fuentes que corroboran la existencia de una fuerte congestión vehicular en Temuco, la cual ha ido empeorando con los años. En el estudio CITRA (1998), por ejemplo, se observan los primeros efectos de la congestión en Temuco y se propone la realización de obras de infraestructura vial (como el bypass a la Ruta 5 y la habilitación de un orbital), para descongestionar el tráfico que pasa por el centro de la ciudad, ocasionado por el transporte interregional y el fuerte desarrollo poblacional de Temuco.

En el estudio PUC (2002) se observan más problemas de congestión en Temuco. En dicho estudio se señala que “los principales problemas de congestión se observan en la avenida Caupolicán y en algunas vías que la cruzan, como las avenidas Alemania, O’Higgins, San Martín, Balmaceda, Lautaro - Manuel Montt, Diego Portales y Claro Solar. Otras vías congestionadas son General Mackenna y Barros Arana. La avenida Caupolicán divide la ciudad y por ella transita todo el tráfico pesado con dirección N-S y S-N”. Para el caso del transporte público, el estudio señala la existencia de varios arcos con congestión en el centro de la ciudad, donde se observa “la presencia de una cantidad importante de arcos con velocidades inferiores a los 10 km/h”.

En febrero de 2008, considerando que “es necesario adoptar medidas que permitan hacer un uso más racional de las vías de la ciudad de Temuco para contribuir con ello a disminuir los índices de congestión existentes”, la Secretaría Regional Ministerial de Transportes de la Araucanía estableció restricción diaria de circulación para 2 últimos dígitos de placa patente en día laboral, aplicable a las líneas de taxicolectivos de Temuco (Resolución Exenta No. 95/2008).

De acuerdo a la Resolución del SEREMI, estudios de seguimiento del tráfico de Temuco “muestran que existe una baja tasa de ocupación en la prestación de servicio del modo Taxi

1/15



JLLR Consultores

Consultores en Ingeniería y Arquitectura

general mayores a las segundas, por lo que, contrario a la intuición, se observa que las frecuencias son mayores en el período de la mañana donde la demanda de servicio es menor.

La distinta evolución de las frecuencias en periodos fuera de punta y en punta de la mañana entre 2008 y 2012 y el hecho de que la frecuencia en punta de la mañana sea menor a la frecuencia fuera de punta en los años 2008 y 2012, no está consistente con la hipótesis de colusión o competencia en ausencia de congestión vehicular, como la analizada en ENR (2013). El fuerte incremento en la demanda en periodo de punta y fuera de punta de la mañana debería incrementar las frecuencias de buses en ambos periodos, aún en presencia de colusión. Asimismo, una mayor demanda en el periodo de punta de la mañana debería tener asociada una mayor frecuencia de servicio. Como se justificará formalmente en el Capítulo 4, estos fenómenos podrían ser explicados por el aumento en la congestión vehicular en Toluca.

3.7. Congestión vehicular en Toluca: existencia y efectos

Donde varias las fuentes que corroboran la existencia de una fuerte congestión vehicular en Toluca, la cual ha ido empeorando con los años. En el estudio CTRA (1998), por ejemplo, se observan los primeros efectos de la congestión en Toluca y se propone la realización de obras de infraestructura vial (como el bypass a la Ruta 5 y la habilitación de un orbital), para descongestionar el tráfico que pasa por el centro de la ciudad, ocasionado por el transporte interzonal y el fuerte desarrollo poblacional de Toluca.

En el estudio PUC (2002) se observan más problemas de congestión en Toluca. En dicho estudio se señala que "los principales problemas de congestión se observan en la avenida Capolucan y en algunas vías que la cruzan, como las avenidas Alemana, O'Higgins, San Martín, Héroles, Latorre - Manuel Montt, Diego Portales y Claro Solar. Otras vías congestionadas son General Mascareña y Barrios Altos. La avenida Capolucan divide la ciudad y por ella transita todo el tráfico pesado con dirección N-8 y S-N". Para el caso del transporte público, el estudio señala la existencia de varios atascos con congestión en el centro de la ciudad, donde se observa "la presencia de una capacidad importante de atascos con velocidades inferiores a los 10 km/h".

En febrero de 2008, considerando que "es necesario adoptar medidas que permitan hacer un uso más racional de las vías de la ciudad de Toluca para contribuir con ella a disminuir los efectos de congestión existentes", la Secretaría Regional Ministerial de Transporte de la Aduana estableció restricciones diarias de circulación para 2 kilómetros dignos de plaza pública en dicha ciudad, aplicable a las líneas de taxis colectivos de Toluca (Resolución Ejecuta No. 85/2008).

De acuerdo a la Resolución del SEREMI, estudios de seguimiento del tráfico de Toluca muestran que existe una baja tasa de ocupación en la prestación de servicio del modo Taxi

173



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

Colectivo, lo que por una parte implica una subutilización de la capacidad de transporte público disponible, y por otro representa un exceso de oferta que genera un aumento innecesario de los niveles de congestión y contaminación en el centro de Temuco.” Dichos estudios también señalan que la **“alta concentración de la oferta de Transporte Público en un número reducido de ejes viales, produce una fuerte disminución de la velocidad de operación y por ende un aumento de los tiempos de viaje de los usuarios”**. La restricción a la circulación de taxicolectivos en día laboral duró hasta marzo de 2019.

El estudio de Trasa (2014) señala, sobre Temuco y Padre Las Casas, que “se han identificado diversos puntos de congestión en ambas comunas, principalmente en el período punta mañana y en menor medida en la punta tarde. Estos lugares corresponden a Av. Caupolicán, Pedro de Valdivia, Javiera Carrera, Dagoberto Godoy, Manuel Recabarren, Ministro Zenteno, Manuel Montt, Av. Alemania (y en particular la intersección de Av. Alemania con Andes), ambos puentes, intersección de Caupolicán con O’Higgins, Barros Arana (frente a estación de ferrocarriles), Luis Durand, San Martín y el acceso a Caupolicán desde Recabarren y desde Padre Las Casas.”. Todas estas vías son utilizadas en las rutas de taxibuses y taxicolectivos.

En el año 2013, la Secretaría Regional Ministerial de Transportes de la Araucanía amplió la restricción de circulación incluyendo a las líneas de taxibuses (Resolución Exenta No. 166/2013), considerando que aún la “alta concentración de la oferta de Transporte Público en un número reducido de ejes viales, produce una fuerte disminución de la velocidad de operación y por ende un aumento de los tiempos de viaje de los usuarios”.

La Resolución también señala que la medida de restricción de taxicolectivos aplicada desde el 2009 “entregó los resultados esperados para el tratamiento de la sobreoferta de la locomoción colectiva urbana existente y, por ende, a la reducción de la congestión vehicular”, por lo cual “se estima necesario hacerla extensiva para la locomoción colectiva mayor de las comunas de Temuco y Padre Las Casas”. Es decir, el objetivo de esta medida era disminuir la congestión en el centro de Temuco restringiendo el número de taxibuses en circulación y aumentando su tasa de ocupación. La restricción aplicada fue de un solo dígito de placa patente, para días laborables y de 2 dígitos distintos para fines de semana y feriados. Dicha restricción a la circulación de taxibuses persiste hasta la fecha.

En consecuencia, de acuerdo a la SEREMI y los estudios de SECTRA, la sobreoferta de taxibuses, taxicolectivos y el aumento de transporte privado, se tradujo en un aumento de la congestión vehicular en las vías céntricas principales de Temuco, lo cual aumentó los tiempos de viaje. Según la SEREMI, la sobreoferta de transporte público se manifestaba en una gran cantidad de taxibuses y taxicolectivos en circulación y con bajas tasas de ocupación, lo cual

El objetivo de esta parte implica una reducción de la capacidad de transporte público disponible y por tanto representa un exceso de oferta que genera un aumento innecesario de los niveles de congestión y contaminación en el centro de Temuco. Dicha oferta también genera que la "alta concentración de la oferta de Transporte Público en un número reducido de ejes viales, produce una fuerte disminución de la velocidad de operación y por tanto un aumento de los tiempos de viaje de los usuarios". La restricción a la circulación de autobuses en día laboral dará lugar a marzo de 2017.

El estudio de Trazas (2014) señala, sobre Temuco y Padre Las Casas, que "se han desarrollado líneas y rutas de congestión en ambas comunas, principalmente en el período punta mañana y en menor medida en la punta tarde. Estos lugares corresponden a Av. Capobianco, Ruta de Temuco, Avenida Galdames, Avenida Godeoy, Manuel Recarteman, Avenida A. Barros, Avenida A. Barros, Avenida G. en particular la intersección de Av. A. Barros con Av. Barros, ambos puntos de congestión de Capobianco con O'Higgins, Barros A. Barros y Barros A. Barros, Barros A. Barros y Barros A. Barros desde Recarteman y Barros A. Barros. Todas estas vías son utilizadas en las rutas de taxis y taxirevistas.

En el año 2017, la Secretaría Regional Ministerial de Transportes de la Atacama, en un estudio de circulación incluye a las líneas de taxis (Resolución Excm. No. 100.301.17) considerando que con la "alta concentración de la oferta de Transporte Público en un número reducido de ejes viales, produce una fuerte disminución de la velocidad de operación y por tanto un aumento de los tiempos de viaje de los usuarios".

La Resolución también señala que la medida de restricción de taxirevistas aplica desde el 2017 "enfrento los resultados esperados para el tratamiento de la sobrecarga de la oferta en colectivos urbana existente y por ende a la reducción de la congestión vial", por lo que se estima necesario hacerla extensiva para la locomoción colectiva mayor de las comunas de Temuco y Padre Las Casas. En dicho estudio se detallan las medidas que disminuirán la congestión en el centro de Temuco restringiendo el número de taxis en circulación y aumentando el uso de la bicicleta. La restricción aplica de un solo día de la semana, para días laborales y de 5 a 6 horas hábiles para días de semana y festivos. Dicha restricción a la circulación de taxis persiste hasta la fecha.

En consecuencia, de acuerdo a la SEREMI y los estudios de SECTRA, la sobrecarga de taxis, taxirevistas y el aumento de transporte privado, se reduce en un aumento de la congestión vial en las vías críticas principales de Temuco, lo cual aumenta los tiempos de viaje. Según la SEREMI, la sobrecarga de transporte público se manifiesta en una gran cantidad de taxis y taxirevistas en circulación y con pocas rutas de operación, lo cual

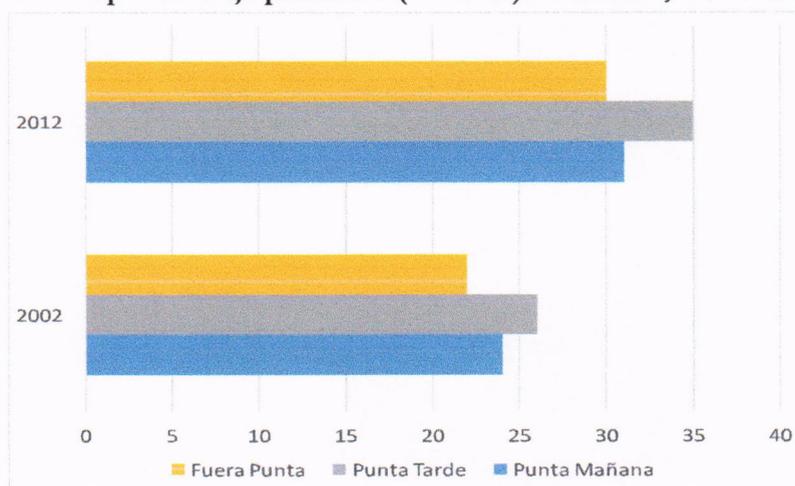
174

provocaba mayor congestión vehicular, especialmente en la zona céntrica de Temuco, y aumentos en los tiempos de viaje de los usuarios.

En el estudio de Territorio Mayor (2016) se reconoce que “el transporte público, y en especial el bus, ha perdido participación modal en la última década y las tendencias indican que esta situación seguirá profundizándose. El aumento de los viajes en transporte privado ha ido acompañado de un fuerte aumento en la motorización de los hogares, principalmente en sectores de ingreso medio y alto”.

En el Gráfico No. 2 se presenta la evolución del tiempo de viaje promedio entre 2002 y 2012 para un usuario de taxibus. Como se puede apreciar, **el tiempo de viaje ha aumentado tanto en horario de punta como en horario fuera de punta**, lo cual sería un reflejo de la congestión vehicular existente en Temuco en ambos periodos.

Gráfico 2: Tiempos de viaje promedio (minutos) en taxibus, distintos horarios.



Fuente: Elaboración propia en base a PUC (2002) y Trasa(2014)

En el Gráfico No. 3 se presenta la evolución del tiempo de viaje promedio entre 2002 y 2012 para un usuario de taxicolectivo. Como se observa, el tiempo de viaje en taxicolectivo también ha aumentado tanto en horario de punta como en horario fuera de punta. Es decir, el aumento de la congestión afectó el tiempo de viaje en todos los medios de transporte público en Temuco.

[Handwritten signature]

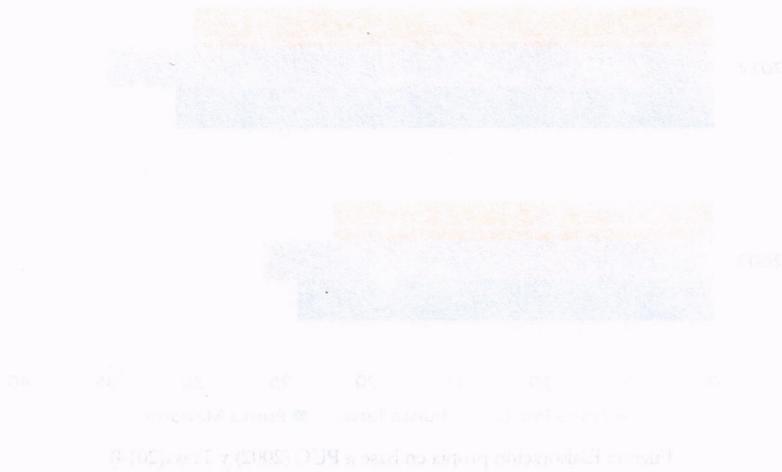


proporcionan mayor congestión vehicular, especialmente en la zona céntrica de Temuco y
aumentan en los tiempos de viaje de los usuarios.

En el estudio de Temuco Mayor (2016) se reconoce que "el transporte público y en especial
el bus ha sufrido cambios en la última década y las tendencias indican que esta situación
seguirá profundizándose. El aumento de los viajes en transporte público ha ido acompañado de
un fuerte aumento en la renovación de los buses, principalmente en sectores de ingresos
medios y altos".

En el Gráfico No. 3 se presenta la evolución del tiempo de viaje promedio entre 2003 y 2012
para un usuario de taxis. Como se puede apreciar el tiempo de viaje ha aumentado tanto
en horario de punta como en horario fuera de punta, lo cual es un reflejo de la congestión
vehicular existente en Temuco a ambos periodos.

Gráfico 3: Tiempos de viaje promedio (minutos) en taxis, distintos horarios.

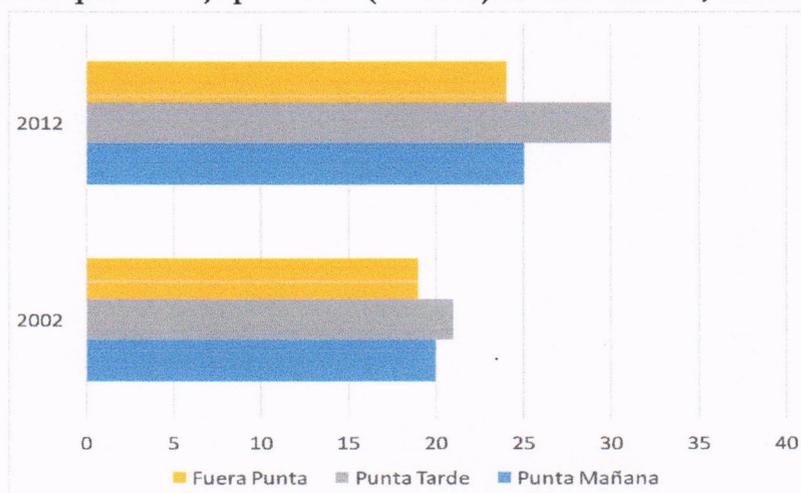


En el Gráfico No. 3 se presenta la evolución del tiempo de viaje promedio entre 2003 y 2012
para un usuario de taxis. Como se puede apreciar el tiempo de viaje en taxi también
ha aumentado tanto en horario de punta como en horario fuera de punta. Es decir, el aumento
de la congestión afecta el tiempo de viaje en todos los medios de transporte público en Temuco.

6

177

Gráfico 3: Tiempos de viaje promedio (minutos) en taxicolectivo, distintos horarios.



Fuente: Elaboración propia en base a PUC (2002) y Trasa(2014)

En el estudio de Trasa (2014), los resultados de la modelación del tráfico para la ciudad de Temuco en la punta de la mañana, reproducidos en el Cuadro No. 11, proyectan un aumento en el tiempo total de viaje en taxibus de 35 minutos en 2013 a 55 minutos en el 2030, y un aumento en el tiempo de viaje en taxicolectivo de 26 minutos en 2013 a 36 minutos en el 2030, producto del aumento en la congestión vehicular.

Cuadro 11: Reproducción de cuadro 20-56 del estudio Trasa (2014). Comparación indicadores transporte público punta mañana 2013 vs. 2030.

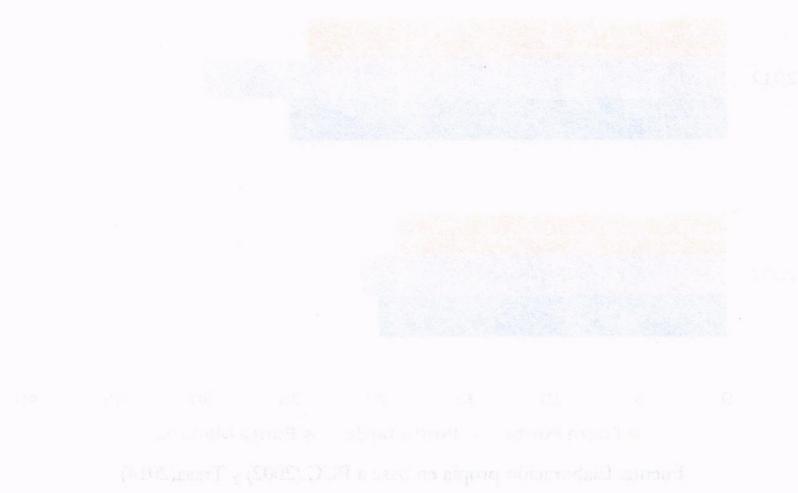
| Indicadores Globales - Transporte Público Punta Mañana | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----|---------------------------|
| Año Modelado | Modo | Tiempo Acceso (min) | Dist Acceso (km) | Tiempo Transb (min) | Dist Transb (km) | Tiempo Viaje (min) | Dist Viaje (km) | Tiempo Espera (min) | Veloc Media (km/h) | Tiempo Total (min) | Viajes Totales | % | Viajes Totales T. Público |
| 2013 | Taxi Colectivo | 7.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 16.6 | 5.8 | 2.7 | 20.9 | 26.3 | 5,984 | 15% | 38,663 |
| | Bus | 8.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 19.6 | 7.1 | 7.3 | 21.6 | 34.9 | 32,679 | 85% | |
| 2030 | Taxi Colectivo | 6.5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 25.3 | 4.9 | 3.9 | 11.6 | 35.7 | 8,123 | 16% | 50,198 |
| | Bus | 8.0 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 30.3 | 6.3 | 16.6 | 12.5 | 55.0 | 42,075 | 84% | |
| Variación | Taxi Colectivo | -6% | 6% | | | 52% | -15% | 48% | -44% | 36% | 36% | | 30% |
| | Bus | 1% | 2% | | | 54% | -10% | 128% | -42% | 58% | 29% | | |

Fuente: Trasa(2014)

Cabe señalar que, como se observa en el mismo cuadro, *producto del aumento en la congestión, los tiempos de espera de los usuarios también aumentarían, tanto para taxibuses como taxicolectivos.* Es decir, el incremento de la congestión vehicular también explicaría incrementos en los tiempos de espera de los usuarios.

R

Gráfico 3: Tiempos de viaje promedio (minutos) en taxicollectivo, distintas horas del día.



En el estudio de Tasa (2014), los resultados de la modelación del tráfico para la ciudad de Tarma en la punta de la mañana, reproducidas en el Cuadro No. 11, proyectan un aumento en el tiempo total de viaje en taxibus de 35 minutos en 2013 a 55 minutos en el 2030, con respecto al tiempo de viaje en taxicollectivo de 35 minutos en 2013 a 50 minutos en el 2030, producto del aumento en la congestión vehicular.

Cuadro 11: Reproducción de cuadro 3b-5b del estudio Tasa (2014). Comparación indicadores transporte público grata mañana 2013 vs. 2030.

| Año | Modo | Tiempos (min) | | | | Distancias (km) | | | | Total |
|------|----------------|---------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|-------|
| | | Acceso | Tránsito | Tránsito | Tránsito | Acceso | Tránsito | Tránsito | Tránsito | |
| 2013 | Taxi Colectivo | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2013 | Bus | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2030 | Taxi Colectivo | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2030 | Bus | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2030 | Taxi Colectivo | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2030 | Bus | 8.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Este análisis que, como se observa en el mismo cuadro, proyecta un aumento en la congestión, los tiempos de espera de los usuarios también aumentarán tanto para taxibuses como taxicollectivos. Es decir, el incremento de la congestión vehicular también explicará incrementos en los tiempos de espera de los usuarios.

176



3.8 Flota operativa versus flota mínima para atender la frecuencia en punta y fuera de punta de la mañana

En base a la información presentada en secciones anteriores, se puede realizar el ejercicio de estimar la flota operativa con la que cuenta cada línea de taxibus en los años analizados. Para ello es necesario considerar que no todos los buses en la flota de cada línea se encontrarán operativos, ya que algunos estarán fuera de servicio por mantenimiento programado y no programado.

De acuerdo a información proporcionada por las líneas, del total de la flota, aproximadamente entre un 4 y 6% permanece fuera de servicio por arreglos y mantenimiento mecánico (utilizaremos un promedio de 5%). Asimismo, hay que recordar que a partir del año 2013 entró en vigor la restricción vehicular para taxibuses en Temuco, que afecta aproximadamente al 10% de la flota en día laboral.

En base a lo anterior, en el Cuadro No. 12 se presenta la evolución de la flota operativa de cada línea de taxibus, entre 1996 y 2015. Como se puede apreciar, la flota operativa ha ido incrementando entre 1996 y 2008, se redujo levemente en el 2012 y luego más en el 2015 (a pesar de haber aumentado en 14 unidades respecto a 2012), producto de la entrada en vigencia de la restricción vehicular para taxibuses en el 2013.

Cuadro 12: Flota Operativa de taxibuses en cada año.

| Línea taxibus | Flota Operativa | | | |
|---------------|-----------------|------------|------------|------------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 52 | 91 | 90 | 82 |
| 2 | 44 | 59 | 58 | 54 |
| 3 | 62 | 106 | 104 | 96 |
| 4 | 67 | 57 | 51 | 47 |
| 5 | 61 | 77 | 77 | 70 |
| 6 | 52 | 71 | 70 | 64 |
| 7 | 46 | 74 | 70 | 65 |
| 8 | 64 | 95 | 91 | 82 |
| 9 | 51 | 79 | 80 | 71 |
| 10 | 38 | 57 | 57 | 51 |
| Total | 536 | 767 | 749 | 682 |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998) y registro de parques vehiculares del Ministerio de Transporte.

Nota 1: La flota de cada línea para los años 1996 a 2012 corresponde a la señalada en los respectivos estudios de SECTRA, la cual puede diferir un poco de la información publicada por el MTT. Para el año 2015 corresponde a la publicada por el MTT.

Ahora bien, para calcular la flota mínima necesaria para operar en periodos de punta y fuera de punta de la mañana, es necesario considerar, por un lado, las frecuencias de servicio en punta y



3.3. Flota operativa versus flota mínima para atender la frecuencia de pautas y fuerza de punta de la mañana

En base a la información presentada en secciones anteriores, se puede realizar el ejercicio de estimar la flota operativa con la que cuenta cada línea de taxis en los años analizados. Para esto es necesario considerar que no todos los buses en la flota de cada línea se encuentran operativos, ya que algunos están fuera de servicio por mantenimiento programado y no programado.

De acuerdo a información proporcionada por las líneas, del total de la flota, aproximadamente entre un 4 y 6% permanece fuera de servicio por arreglos y mantenimiento mecánico (mantenimiento promedio de 5%). Asimismo, hay que recordar que a partir del año 2013 hubo un rigor la restricción vehicular para taxis en Tamarac, que afecta aproximadamente al 10% de la flota en día laboral.

En base a lo anterior, en el Cuadro No. 12 se presenta la evolución de la flota operativa de cada línea de taxis, entre 1996 y 2012. Como se puede apreciar, la flota operativa ha ido incrementando entre 1996 y 2008, se redujo levemente en el 2012 y luego más en el 2013, la parte de haber aumentado en 14 unidades respecto a 2012), producto de la compra en vigencia de la restricción vehicular para taxis en el 2013.

Cuadro 12: Flota Operativa de taxis en cada año.

| Línea Taxis | Flota Operativa | | |
|----------------|-----------------|------|------|
| | 1996 | 2008 | 2012 |
| 1 | 25 | 91 | 90 |
| 2 | 44 | 29 | 28 |
| 3 | 65 | 106 | 104 |
| 4 | 67 | 27 | 21 |
| 5 | 61 | 77 | 77 |
| 6 | 23 | 71 | 70 |
| 7 | 46 | 74 | 70 |
| 8 | 64 | 92 | 91 |
| 9 | 21 | 79 | 80 |
| 10 | 38 | 27 | 27 |
| Total | 536 | 767 | 749 |

Fuente: Elaboración propia en base a LITRA (1996) y registro de placas vehiculares del Ministerio de Transportación e Infraestructura. La flota de cada línea para los años 1996 y 2012 corresponden a la información contenida en el MTT, la cual puede obtenerse a través de la información pública por el MTT. Para el año 2012 corresponden a la información por el MTT.

Ahora bien, para calcular la flota mínima necesaria para operar en períodos de punta y fuerza de punta de la mañana es necesario considerar, por un lado, las frecuencias de servicio en punta y

1777



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

fuera de punta, presentadas en la sección 3.6, y, por otro lado, se debe considerar el tiempo que tarda un taxibus en realizar un recorrido.

Las líneas de taxibuses envían unidades a cubrir tanto la ida como la vuelta de cada variante de recorrido, al mismo tiempo. Las frecuencias presentadas en la sección 3.6 incluyen el total de taxibuses enviados a cubrir tanto la ida como la vuelta de sus variantes de recorrido. En consecuencia, basta con determinar el tiempo promedio que tarda un taxibus en realizar la ida o la vuelta de los recorridos de cada línea.

En el Cuadro No. 13 se presenta el tiempo promedio que toma recorrer la mitad de un ciclo entero de recorrido (es decir, el tiempo promedio que tarda la ida o la vuelta de los recorridos) para cada línea de taxibus.

Cuadro 13: Tiempo que toma recorrer la mitad de un ciclo de recorrido (en minutos)

| Línea taxibus | Minutos que toma mitad de ciclo de recorrido | | | |
|---------------|--|------|------|------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 45 | 53 | 58 | 58 |
| 2 | 38 | 54 | 57 | 57 |
| 3 | 45 | 42 | 53 | 53 |
| 4 | 45 | 53 | 41 | 41 |
| 5 | 38 | 53 | 56 | 56 |
| 6 | 35 | 53 | 50 | 50 |
| 7 | 53 | 43 | 48 | 48 |
| 8 | 38 | 54 | 54 | 54 |
| 9 | 35 | 54 | 83 | 83 |
| 10 | 50 | 53 | 47 | 47 |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

Los minutos que toma en promedio recorrer la ida o la vuelta de un recorrido se estimó en base a los tiempos de ciclo señalados en los respectivos estudios, para los años 1996 y 2008.¹⁶ Para el año 2012 se estimó el tiempo de ciclo utilizando la información de las velocidades promedio de taxibuses, observadas en distintas calles de la ciudad de Temuco, y el kilometraje de los recorridos de las líneas,¹⁷ y se ponderó los tiempos de ciclo estimados para cada recorrido de acuerdo a su frecuencia. Los tiempos de viaje modelados para los años 2013 y 2015 en los estudios de Trasa (2014) y Territorio Mayor (2016) no se vieron incrementados,¹⁸ por lo que se utilizó esta información para proyectar el tiempo de ciclo de todas las líneas para el año 2015.

¹⁶ Para el año 2008 corresponde al promedio de minutos de todos los recorridos de la línea, según la base de datos de salida de buses del estudio, ponderado por su frecuencia.

¹⁷ El tiempo de ciclo es simplemente la división entre el kilometraje promedio de los recorridos (km) y la velocidad promedio estimada para el recorrido (km/h). Se asignó las velocidades a cada recorrido de acuerdo a las calles por donde pasaban.

¹⁸ El tiempo de viaje modelado para el año 2013 se puede observar en el Cuadro No. 11. Los tiempos de viaje modelados en el estudio de Territorio Mayor (2016) para el año 2015 fueron de 34.9 minutos para taxibus y 26.9 minutos en taxicolectivo.



datos de punto presentados en la sección 3.6, y por otro lado, se debe considerar el tiempo que tarda un autobús en realizar un recorrido.

Los datos de autobuses envían unidades a cubrir tanto la ida como la vuelta de cada recorrido de recorrido, al mismo tiempo. Las frecuencias presentadas en la sección 3.6 indican el número de unidades -vías a cubrir tanto la ida como la vuelta de sus recorridos de recorrido. Los datos se han considerado para disminuir el tiempo promedio que tarda un autobús en realizar la ida o la vuelta de los recorridos de cada línea.

En el Cuadro No. 13 se presenta el tiempo promedio que toma recorrer la unidad de un ciclo de recorrido (es decir, el tiempo promedio que tarda la ida o la vuelta de los recorridos) para cada línea de autobús.

Cuadro 13. Tiempo que toma recorrer la unidad de un ciclo de recorrido (en minutos)

| Línea Autobus | 1998 | 2008 | 2012 | Minutos que toma viajar de ida de recorrido |
|------------------|------|------|------|---|
| 1 | 42 | 22 | 28 | 28 |
| 2 | 38 | 24 | 27 | 27 |
| 3 | 48 | 42 | 23 | 23 |
| 4 | 42 | 22 | 41 | 41 |
| 5 | 38 | 22 | 28 | 28 |
| 6 | 32 | 21 | 20 | 20 |
| 7 | 22 | 42 | 18 | 18 |
| 8 | 38 | 24 | 24 | 24 |
| 9 | 32 | 24 | 22 | 22 |
| 10 | 20 | 21 | 47 | 47 |

Nota: Información basada en base de datos de CLTR (1998), Sistema de Transporte (2008), Tama (2012) y Tama Mayor (2012).

Los minutos que toma en promedio recorrer la ida o la vuelta de un recorrido se estimó en base a los tiempos de ciclo señalados en los respectivos cuadros para los años 1998 y 2008.¹⁷ Para el año 2012 se estimó el tiempo de ciclo utilizando la información de las velocidades promedio de los autobuses, observadas en distintas calles de la ciudad de Tama, y el promedio de los recorridos de las líneas,¹⁸ y se promedió los tiempos de ciclo estimados para cada recorrido de acuerdo a su frecuencia. Los tiempos de viaje modelados para los años 2007 y 2012 en los estudios de Tama (2007) y Tama Mayor (2012) no se vieron incrementados,¹⁹ por lo que se usaron para información para proyectar el tiempo de ciclo de todas las líneas para el año 2012.

¹⁷ Para el año 2008 correspondió al promedio de minutos de viaje los recorridos de la línea, según la base de datos de datos de salida de buses del estudio, proporcionado por el operador.

¹⁸ El tiempo de ciclo se calculó en promedio entre el tiempo de ida y el tiempo de vuelta de los recorridos (ida y vuelta) y la velocidad promedio estimada para el recorrido (km/h). Se usaron las velocidades de cada recorrido de acuerdo a las calles por donde pasan.

¹⁹ El tiempo de viaje modelado para el año 2012 se basó en el estudio No. 11. Los tiempos de viaje modelados en el estudio de Tama Mayor (2012) para el año 2012 fueron de 24 minutos para Tama y 28 minutos en Tama Mayor.

178

De acuerdo a Silva (2010), la flota mínima para operar en periodo de punta y fuera de punta puede ser estimado mediante la siguiente fórmula:

$$flota\ mínima = \frac{No.\ de\ Buses}{1\ hora} \times \frac{1\ hora}{60\ min} \times Minutos\ que\ tarda\ recorrer\ una\ ruta$$

De esta manera, basta con multiplicar las frecuencias de recorrido (ida + vuelta) en periodo de punta o fuera de punta de la mañana (buses/hora), por los minutos que toma a un taxibus realizar el viaje de ida o vuelta del recorrido, y dividirlo por 60 minutos, para obtener una estimación de la flota mínima que necesita cada línea de taxibus para operar.

En el Cuadro No. 14 se presenta la estimación de la flota mínima que necesita cada línea de taxibus para poder operar en horario de punta y fuera de punta de la mañana, respetando las frecuencias y tiempos de recorrido de cada año.

Cuadro 14: Taxibuses necesarios para operar en punta y fuera de punta de la mañana

| Línea taxibus | Flota Nec. Punta Mañana | | | | Flota Nec. Fuera Punta Mañana | | | |
|---------------|-------------------------|------------|------------|------------|-------------------------------|------------|------------|------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 41 | 37 | 46 | 45 | 27 | 43 | 58 | --- |
| 2 | 25 | 21 | 34 | 47 | 25 | 21 | 34 | --- |
| 3 | 51 | 47 | 56 | 58 | 27 | 49 | 56 | --- |
| 4 | 38 | 25 | 25 | 24 | 33 | 29 | 23 | --- |
| 5 | 41 | 78 | 39 | 48 | 38 | 77 | 45 | --- |
| 6 | 36 | 32 | 44 | 42 | 32 | 34 | 40 | --- |
| 7 | 28 | 25 | 40 | 37 | 26 | 26 | 45 | --- |
| 8 | 40 | 77 | 50 | 52 | 36 | 69 | 58 | --- |
| 9 | 35 | 54 | 60 | 57 | 30 | 68 | 63 | --- |
| 10 | 33 | 17 | 28 | 27 | 33 | 20 | 32 | --- |
| Total | 368 | 413 | 424 | 438 | 307 | 436 | 453 | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

Al comparar la flota mínima necesaria con la flota operativa de cada línea, se puede identificar las holguras que tiene cada línea para operar, respetando la frecuencia de su servicio y tiempos de viaje. En el Cuadro No. 15 se presenta el ratio entre la flota mínima necesaria para operar en punta y fuera de punta de la mañana y la flota operativa de cada línea de taxibus.

De acuerdo a este cuadro, en el año 2008, la Línea 5 fue la única que se estima operó en la punta de mañana con menos buses de los necesarios. Sin embargo, a diferencia de lo indicado en Suroeste Consultores (2008), que asigna 4 recorridos distintos a esta línea, la línea 5 habría operado siempre con solo 3 variantes, al menos desde el año 1996. Para el resto de líneas no parece haber un problema similar en dicho año, de acuerdo a lo declarado por ellas.





Ministerio de Agricultura, GANADERÍA Y PESQUERÍA

En el acuerdo a Silva (2010), la hora mínima para operar en periodo de punta y fuera de punta se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Hora mínima} = \frac{\text{No. de Bases} \times 1 \text{ hora}}{1 \text{ hora} \times 60 \text{ min}} \times \text{Minutos que tarda recoger una línea}$$

De esta manera, basta con multiplicar las frecuencias de recorrido (ida + vuelta) en periodo de punta o fuera de punta de la mañana (base/hora), por los minutos que toma a un taxibus realizar el viaje de ida + vuelta del recorrido, y dividirlo por 60 minutos, para obtener una estimación de la hora mínima que necesita cada línea de taxibus para operar.

En el Cuadro No. 14 se presenta la estimación de la hora mínima que necesita cada línea de taxibus para poder operar en horario de punta y fuera de la mañana, respectando las frecuencias y tiempos de recorrido de cada año.

Cuadro 14: Taxibuses necesarios para operar en punta y fuera de la mañana

| Línea | Flota Nec. Fuera Punta Mañana | | | | Flota Nec. Punta Mañana | | | |
|-------|-------------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|
| | 1998 | 2008 | 2012 | 2015 | 1998 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 41 | 37 | 48 | 45 | 27 | 43 | 37 | 38 |
| 2 | 25 | 21 | 34 | 47 | 25 | 31 | 34 | 34 |
| 3 | 21 | 17 | 28 | 37 | 20 | 25 | 28 | 28 |
| 4 | 28 | 22 | 32 | 34 | 22 | 28 | 30 | 30 |
| 5 | 41 | 28 | 39 | 48 | 38 | 27 | 37 | 42 |
| 6 | 28 | 21 | 44 | 42 | 32 | 34 | 34 | 40 |
| 7 | 28 | 28 | 40 | 37 | 28 | 28 | 28 | 42 |
| 8 | 40 | 27 | 20 | 22 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 9 | 25 | 24 | 24 | 27 | 30 | 22 | 22 | 22 |
| 10 | 23 | 17 | 28 | 17 | 33 | 20 | 20 | 22 |
| Total | 388 | 413 | 424 | 428 | 307 | 428 | 423 | 423 |

Fuente: Elaboración propia en base a OTRA (1998), Sistema Costurero (2008), Tasa 2014 y Tercer Año 2015.

Al comparar la hora mínima necesaria con la hora operativa de cada línea, se puede identificar las horas que tiene cada línea para operar, respectando la frecuencia de su servicio y tiempos de viaje. En el Cuadro No. 15 se presenta el caso entre la hora mínima necesaria para operar en punta y fuera de punta de la mañana y la hora operativa de cada línea de taxibus.

De acuerdo a este cuadro, en el año 2008, la línea 2 fue la única que se estaba operando en la punta de manera con menos bases de los necesarios. Sin embargo, a diferencia de lo indicado en el informe Costurero (2008), que asigna + recorridos distintos a cada línea, la línea 2 había operado siempre con solo 3 variantes, al menos desde el año 1998. Para el resto de líneas no parece haber un problema similar en dicho año, de acuerdo a lo declarado por ellas.

Cuadro 15: Flota mínima necesaria para operar / Flota Operativa (en %)

| Línea taxibus | Flota Nec. Punta Mañana / Flota Operativa | | | | Flota Nec. Fuera Punta / Flota Operativa | | | |
|---------------|---|------------|------------|------------|--|------------|------------|------------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 78% | 41% | 51% | 54% | 52% | 47% | 61% | --- |
| 2 | 57% | 36% | 59% | 87% | 57% | 36% | 56% | --- |
| 3 | 83% | 44% | 54% | 60% | 44% | 46% | 52% | --- |
| 4 | 56% | 44% | 48% | 52% | 50% | 51% | 43% | --- |
| 5 | 68% | 101% | 51% | 69% | 62% | 100% | 56% | --- |
| 6 | 69% | 44% | 63% | 67% | 60% | 48% | 54% | --- |
| 7 | 61% | 34% | 57% | 57% | 58% | 34% | 60% | --- |
| 8 | 63% | 81% | 55% | 63% | 57% | 72% | 60% | --- |
| 9 | 68% | 68% | 75% | 81% | 59% | 86% | 75% | --- |
| 10 | 88% | 30% | 50% | 54% | 88% | 35% | 53% | --- |
| Total | 69% | 54% | 57% | 64% | 57% | 57% | 58% | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

No se tiene información suficiente para identificar cuál recorrido estaría siendo considerado de más para la línea 5. En vista de lo anterior, en los Cuadros 16 y 17 siguientes, se replican los cuadros 14 y 15, pero considerando que la línea 5 solamente tiene 3 recorridos. Para ello consideramos el promedio de frecuencias y tiempos de los 4 recorridos señalados en Suroeste Consultores (2008) y multiplicando dichos promedios por los 3 recorridos que tiene la línea en la realidad. En los cuadros se observa que, hecha esta corrección, en ningún año la flota mínima necesaria para operar es mayor a la necesaria para ninguna de las líneas.

Cuadro 16: Taxibuses necesarios para operar en punta y fuera de punta de la mañana, corrigiendo los recorridos de la línea 5 en el año 2008.

| Línea taxibus | Flota Nec. Punta Mañana | | | | Flota Nec. Fuera Punta Mañana | | | |
|---------------|-------------------------|------------|------------|------------|-------------------------------|------------|------------|------------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 41 | 37 | 46 | 45 | 27 | 43 | 58 | --- |
| 2 | 25 | 21 | 34 | 47 | 25 | 21 | 34 | --- |
| 3 | 51 | 47 | 56 | 58 | 27 | 49 | 56 | --- |
| 4 | 38 | 25 | 25 | 24 | 33 | 29 | 23 | --- |
| 5 | 41 | 58 | 39 | 48 | 38 | 58 | 45 | --- |
| 6 | 36 | 32 | 44 | 42 | 32 | 34 | 40 | --- |
| 7 | 28 | 25 | 40 | 37 | 26 | 26 | 45 | --- |
| 8 | 40 | 77 | 50 | 52 | 36 | 69 | 58 | --- |
| 9 | 35 | 54 | 60 | 57 | 30 | 68 | 63 | --- |
| 10 | 33 | 17 | 28 | 27 | 33 | 20 | 32 | --- |
| Total | 368 | 394 | 424 | 438 | 307 | 417 | 453 | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)





Cuadro 15: Flota mínima necesaria para operar \ Flota Operativa (en lit)

| Linea Taxis | Flota Nec. Puntos Mañanas \ Flota Operativa | | Flota Nec. Puntos Mañanas \ Flota Operativa | | Flota Nec. Puntos Mañanas \ Flota Operativa | |
|----------------|---|------|---|------|---|------|
| | 1998 | 2008 | 2012 | 2013 | 2008 | 2012 |
| 1 | 47% | 47% | 47% | 47% | 47% | 47% |
| 2 | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| 3 | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% |
| 4 | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% |
| 5 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 6 | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |
| 7 | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% | 44% |
| 8 | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |
| 9 | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |
| 10 | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |
| Total | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |

Flota Operativa para operar en base a CTR (1998), base de datos (2008), Taxa (2012) y Taxa (2013)

No se tiene información suficiente para identificar cual recorridos están siendo considerados en esta para la línea 5. En vista de lo anterior, en los cuadros 14 y 15 siguientes se reportan los cuadros 14 y 15, pero considerando que la línea 5 solamente tiene 7 recorridos. Para ello, consideramos el promedio de frecuencias y tiempos de los 4 recorridos señalados en el cuadro (cuadros 2008) y multiplicando dichos promedios por los 7 recorridos que tiene la línea en la realidad. En los cuadros se observa que, dicha esta operación, en ningún caso la flota mínima necesaria para operar es mayor a la necesaria para ninguno de las líneas.

Cuadro 16: Taxis necesarios para operar en puntos y fuerza de punto de la mañana, corrigiendo los recorridos de la línea 5 en el año 2008.

| Linea Taxis | Flota Nec. Puntos Mañanas | | Flota Nec. Puntos Mañanas | | Flota Nec. Puntos Mañanas | |
|----------------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
| | 1998 | 2008 | 2012 | 2013 | 2012 | 2013 |
| 1 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 2 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 3 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 4 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 5 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 6 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 7 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 8 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 9 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 10 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| Total | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% | 42% |

Flota Operativa para operar en base a CTR (1998), base de datos (2008), Taxa (2012) y Taxa (2013)

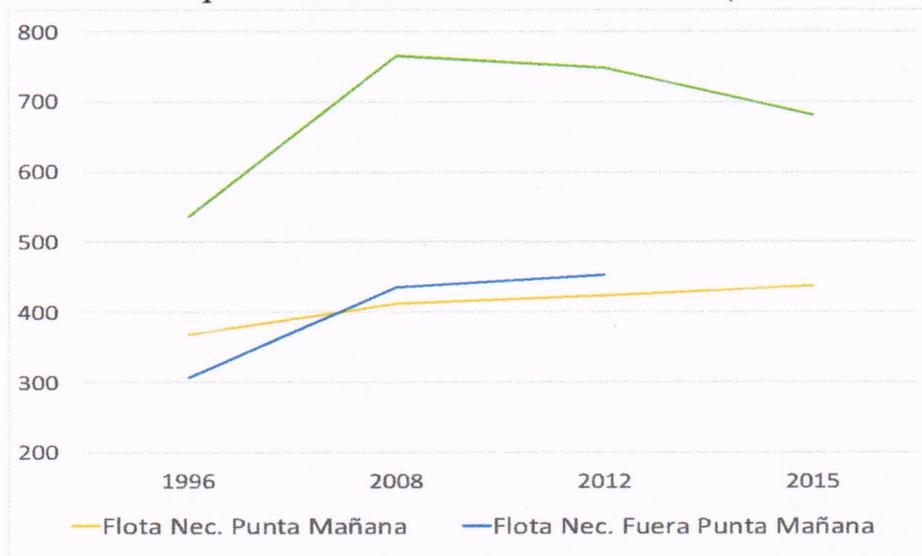
**Cuadro 17: Flota mínima necesaria para operar / Flota Operativa (en %),
corrigiendo los recorridos de la línea 5 en el año 2008.**

| Línea taxibus | Flota Nec. Punta Mañana / Flota Operativa | | | | Flota Nec. Fuera Punta / Flota Operativa | | | |
|---------------|---|------------|------------|------------|--|------------|------------|------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 78% | 41% | 51% | 54% | 52% | 47% | 61% | --- |
| 2 | 57% | 36% | 59% | 87% | 57% | 36% | 56% | --- |
| 3 | 83% | 44% | 54% | 60% | 44% | 46% | 52% | --- |
| 4 | 56% | 44% | 48% | 52% | 50% | 51% | 43% | --- |
| 5 | 68% | 76% | 51% | 69% | 62% | 75% | 56% | --- |
| 6 | 69% | 44% | 63% | 67% | 60% | 48% | 54% | --- |
| 7 | 61% | 34% | 57% | 57% | 58% | 34% | 60% | --- |
| 8 | 63% | 81% | 55% | 63% | 57% | 72% | 60% | --- |
| 9 | 68% | 68% | 75% | 81% | 59% | 86% | 75% | --- |
| 10 | 88% | 30% | 50% | 54% | 88% | 35% | 53% | --- |
| Total | 69% | 51% | 57% | 64% | 57% | 54% | 58% | --- |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

Como se observa en el Gráfico No. 4, en el agregado de todas las líneas, en ningún año considerado la flota disponible para operar fue una limitante para atender las frecuencias de servicio de las líneas de taxibus.

Gráfico 4: Flota Operativa versus Flota Mínima Necesaria (No. de Taxibuses)



Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

Es posible argumentar que el análisis anterior está sujeto a la crítica de la “falacia del celofán”, es decir, que las frecuencias observadas durante la vigencia de los protocolos ya estaban más bajas de lo “normal” bajo una situación sin protocolos, en especial en la hora de punta de la mañana, que es donde se observa una reducción general en las frecuencias de recorrido, como

Gráfico 13: Flota mínima necesaria para operar \ Flota Operativa (en %)
 corrigiendo los recorridos de la línea 5 en el año 2008

| Línea | 1998 | 2002 | 2008 | 1998 | 2002 | 2008 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 72% | 51% | 41% | 23% | 24% | 21% |
| 2 | 77% | 59% | 46% | 23% | 27% | 26% |
| 3 | 83% | 64% | 52% | 17% | 19% | 18% |
| 4 | 80% | 61% | 50% | 19% | 20% | 20% |
| 5 | 87% | 68% | 57% | 13% | 15% | 15% |
| 6 | 89% | 70% | 59% | 10% | 12% | 12% |
| 7 | 91% | 72% | 61% | 8% | 10% | 10% |
| 8 | 93% | 74% | 63% | 7% | 9% | 9% |
| 9 | 95% | 76% | 65% | 6% | 8% | 8% |
| 10 | 97% | 78% | 67% | 5% | 7% | 7% |
| Total | 89% | 73% | 64% | 11% | 13% | 13% |

Como se observa en el Gráfico No. 4, en el agregado de todas las líneas, en ningún año considerado la flota disponible para operar fue una fracción para atender las frecuencias de servicio de las líneas de autobuses.

Gráfico 4: Flota Operativa versus Flota Mínima Necesaria (No. de Taxibuses)



Es posible argumentar que el análisis anterior está sujeto a la crítica de la "falacia del velorio", es decir, que las frecuencias observadas durante la vigencia de los protocolos ya estaban más bajas de lo "normal" bajo una situación sin protocolos; en especial en la hora de punta de la mañana, que es donde se observa una reducción general en las frecuencias de recorridos, como

1581



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

se observa en el Cuadro No. 10 anterior. En el en siguiente capítulo se hace un análisis teórico empírico más riguroso que nos permite descartar esta crítica para este caso. No obstante lo anterior, a continuación se presenta nuevamente la flota mínima necesaria en todos los años, considerando que se mantienen las mismas frecuencias de recorrido observadas en el año 1996, antes de la entrada en vigencia de los protocolos, durante la hora de punta de la mañana.

Cuadro 18: Flota mínima necesaria (total y en % de flota operativa) considerando que se mantienen las frecuencias de recorrido del año 1996 durante la punta de mañana

| Línea taxibus | Flota Nec. Punta Mañana | | | | Flota Nec. Punta Mañana / Flota Operativa | | | |
|---------------|-------------------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 | 1996 | 2008 | 2012 | 2015 |
| 1 | 41 | 48 | 52 | 52 | 78% | 52% | 58% | 63% |
| 2 | 25 | 36 | 38 | 38 | 57% | 61% | 65% | 70% |
| 3 | 51 | 48 | 60 | 60 | 83% | 45% | 58% | 62% |
| 4 | 38 | 44 | 34 | 34 | 56% | 78% | 67% | 74% |
| 5 | 41 | 58 | 62 | 62 | 68% | 75% | 80% | 89% |
| 6 | 36 | 54 | 51 | 51 | 69% | 76% | 73% | 81% |
| 7 | 28 | 23 | 26 | 26 | 61% | 31% | 36% | 40% |
| 8 | 40 | 57 | 58 | 58 | 63% | 60% | 63% | 70% |
| 9 | 35 | 54 | 83 | 83 | 68% | 69% | 104% | 117% |
| 10 | 33 | 35 | 32 | 32 | 88% | 62% | 55% | 62% |
| Total | 368 | 457 | 495 | 495 | 69% | 60% | 66% | 73% |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

Como se puede apreciar en el Cuadro, solo en los años 2012 y 2015 y para la línea 9, se observa que la flota necesaria es mayor a la operativa si se desea mantener las mismas frecuencias observadas en el año 1996 antes de los protocolos para esta línea, considerando que en el 2015, ya estaba en rigor la restricción vehicular que afectaba al 10% de la flota de los taxibuses. Esto se debe principalmente al gran aumento en el tiempo de ciclo estimado para esta línea entre los años 2008 y 2012, como se puede apreciar en el Cuadro No. 13.

Los análisis anteriores, en conjunto con el análisis de los modelos teóricos que se realizará en el siguiente capítulo, que permiten explicar el comportamiento de las frecuencias como un fenómeno asociado a la existencia de competencia bajo congestión vehicular, permite rechazar la hipótesis de que el techo al crecimiento de la flota afectó la operación normal de los taxibuses.

1481



PLAN OPERATIVO

se observó en el Cuadro No. 10 anterior. En el siguiente capítulo se hace un análisis detallado de los datos que nos permite observar que en el año 1996 se presentó una disminución en la flota mínima necesaria en comparación con los años 2008 y 2012, lo que se mantuvo en las mismas frecuencias de recorrido observadas en el año 1996 antes de la entrada en vigencia de los protocolos, durante la hora de punta de la mañana.

Con respecto a la flota mínima necesaria (total y en % de flota operativa) considerando que se mantuvieron las frecuencias de recorrido del año 1996 durante la hora de mañana

| Línea | Flota Nec. Punta Mañana | | | Flota Nec. Punta Mañana / Flota Operativa | | |
|-------|-------------------------|------|------|---|------|------|
| | 1996 | 2008 | 2012 | 1996 | 2008 | 2012 |
| 1 | 41 | 48 | 52 | 73% | 73% | 73% |
| 2 | 35 | 36 | 38 | 67% | 67% | 67% |
| 3 | 51 | 48 | 60 | 83% | 45% | 83% |
| 4 | 38 | 44 | 34 | 52% | 52% | 52% |
| 5 | 41 | 58 | 65 | 69% | 72% | 69% |
| 6 | 36 | 34 | 51 | 69% | 70% | 73% |
| 7 | 38 | 35 | 30 | 61% | 61% | 61% |
| 8 | 40 | 51 | 58 | 65% | 65% | 65% |
| 9 | 35 | 34 | 53 | 68% | 68% | 68% |
| 10 | 33 | 35 | 35 | 68% | 68% | 68% |
| Total | 368 | 457 | 492 | 69% | 69% | 69% |

Flota Operativa propia en base a CTRM (1996), General Company (2008), Tercer Milenio (2012)

Como se puede apreciar en el Cuadro, solo en los años 2008 y 2012 y para la línea 3 se observó que la flota necesaria es mayor a la operativa si se desea mantener las mismas frecuencias observadas en el año 1996 antes de los protocolos para esta línea, considerando que en el 2008, en cuanto a la hora de punta de la mañana se observó un aumento en el número de viajes de ida y vuelta para esta línea entre los años 2008 y 2012, como se puede apreciar en el Cuadro No. 13.

Los análisis anteriores, en conjunto con el análisis de los modelos reducidos que se realizó en el capítulo anterior, permiten explicar el comportamiento de las frecuencias tanto en el proceso asociado a la creación de compañías bajo congestión vehicular, permitiendo observar que el crecimiento de la flota afectó la operación normal de las líneas.



4. Desarrollo teórico y contraste de hipótesis de comportamiento

4.1 Breve revisión de la literatura

Gómez Lobo (2007) analiza mercados de transporte público urbano con precios iguales para todas las líneas y coordinación de operadores de transporte con un mismo recorrido mediante la creación de una línea de transporte.

Uno de los principales resultados de este trabajo es que, en presencia de competencia con precios iguales entre operadores de transporte,¹⁹ las rentas se disipan mediante el aumento de las frecuencias de recorrido de buses. Cuando los operadores de un mismo recorrido se organizan en una línea de transporte, pueden subir el precio de mercado y disminuir las frecuencias. Este resultado explicaría la formación de una línea de transporte, a fin de coordinar a los operadores con un mismo recorrido. Gómez Lobo, sin embargo, no extiende su análisis para contemplar la competencia resultante entre líneas de transportes con recorridos diferentes, y los incentivos o ganancias de una colusión entre líneas.

En FNE (2013), se presenta un modelo que analiza la competencia entre líneas de taxibuses, que compiten entre sí como sustitutos imperfectos, estableciendo predicciones verificables en presencia de competencia y de colusión. Las predicciones del modelo son las siguientes:

1. En presencia de colusión en líneas de taxibuses, se debe observar un aumento de tarifas.
2. En presencia de colusión en líneas de taxibuses, se debe observar una reducción en las frecuencias de servicio de todas las líneas.
3. Ante el incremento en el pasaje y reducción de frecuencias de taxibuses, las líneas de taxicolectivos aumentan sus frecuencias y el valor de sus pasajes.

Este modelo fue aplicado para analizar correctamente el comportamiento de las tarifas y frecuencias observadas en la ciudad de Valdivia, en la causa Rol C 244-12 del TDLC.

Este modelo, sin embargo, no considera la existencia de congestión vehicular ni se hace cargo del efecto de fuertes incrementos en la demanda de viajes, como las observadas en Temuco entre 1996 y 2012, los cuales deberían alterar las predicciones del modelo.

¹⁹ La igualdad de precios entre operadores de buses surge como equilibrio debido a que si un operador de bus baja unilateralmente el precio del pasaje, no es capaz de aumentar sustancialmente su demanda, ya que los consumidores deben esperar más tiempo hasta que pase este operador por su paradero si desean para aprovechar la baja del pasaje.

1185



ULR Consultores
Sociedad por Acciones

4. Desarrollo teórico y contraste de hipótesis de comportamiento

4.1. Breve revisión de la literatura

Gómez Lobo (2007) analiza mercados de transporte público urbano con precios iguales por todas las líneas y combinación de operadores de transporte con un mismo recorrido mediante la creación de una línea de transporte.

Uno de los principales resultados de este trabajo es que, en presencia de competencia con precios iguales entre operadores de transporte,¹⁷ las rutas se diseñan mediante el aumento de las frecuencias de recorrido de buses. Cuando los operadores de un mismo recorrido se organizan en una línea de transporte pueden subir el precio de mercado y disminuir las frecuencias. Este resultado explica la formación de una línea de transporte, a fin de coordinar a los operadores con un mismo recorrido. Gómez Lobo, sin embargo, no extiende su análisis para considerar la competencia existente entre líneas de transportes con recorridos diferentes, y los incentivos generados de una colisión entre líneas.

En FINE (2013), se presenta un modelo que analiza la competencia entre líneas de autobuses que compiten entre sí como sustitutos imperfectos, estableciendo predicciones verificables en presencia de competencia y de colisión. Las predicciones del modelo son las siguientes:

1. En presencia de colisión en líneas de taxibuses, se debe observar un aumento de tarifas.
2. En presencia de colisión en líneas de taxibuses, se debe observar una reducción en las frecuencias de servicio de todas las líneas.
3. Ante el incremento en el pasaje y reducción de frecuencias en taxibuses, las líneas de autobuses aumentan sus frecuencias y el valor de sus pasajes.

Este modelo fue aplicado para analizar correctamente el comportamiento de las tarifas y frecuencias observadas en la ciudad de Valdivia, en la causa Rol C 244-15 del TJDTC.

Este modelo, sin embargo, no considera la existencia de congestión vehicular ni se hace cargo del efecto de fuertes incrementos en la demanda de viajes, como las observadas en Temuco entre 1996 y 2012, los cuales deberían afectar las predicciones del modelo.

¹⁷ La igualdad de precios entre operadores de buses surge como equilibrio debido a que si un operador de bus fija unilateralmente el precio del pasaje, no se espera un aumento sustancialmente en demanda, ya que los consumidores deben esperar más tiempo hasta que pase este operador por su paradero o esperar para aprovechar la baja del pasaje.



La congestión vehicular es considerada en la literatura como una externalidad ocasionada por los usuarios de las vías, que ocasiona efectos negativos en los tiempos y costos de traslado.

En BCN (2018), por ejemplo, se señala que la congestión vehicular “se produce porque cada usuario, al tomar la decisión de utilizar una carretera, sólo tiene en cuenta el costo que le supone el tiempo que va a emplear en el viaje, más el costo monetario de utilización del vehículo, pero no valora que al circular con su automóvil está haciendo que el tráfico sea menos fluido para todos los usuarios. Por tanto, el último usuario que entra en una carretera congestionada está imponiendo un costo en términos de tiempo extra el resto de automóviles en la carretera que ese usuario no paga.” Existirían dos tipos de costes generados por la congestión: “el exceso de tiempo que los usuarios invierten en sus desplazamientos, y el exceso de consumo de combustibles por la circulación a velocidades muy lentas.”

Al respecto, Paredes (2016) también señala que “la existencia de un bien escaso, como las vías de circulación, a las cuales no se les ha puesto un precio por su uso, determinará eventualmente un exceso de demanda, la que al no ser racionada por un precio generará congestión, la que a su vez repercutirá en un mayor costo de transportarse por la ciudad. Esta idea es la que da lugar entonces a la aplicación de medidas regulatorias que frecuentemente se llevan a cabo limitando el ingreso de nuevos operadores y fijando cuotas globales en el caso del transporte colectivo y otras, como restricciones y peajes a los autos particulares, que evitan la existencia de un número excesivo de vehículos por hora en determinados tramos.”

Jara-Díaz y Gschwender (2003), señalan que una de las formas de aumentar la congestión vehicular es a través del aumento de la frecuencia de servicio de buses urbanos, lo cual finalmente aumenta el tiempo de viaje de todos los usuarios del sistema.

Oldfield y Bly (1988) recalcan la importancia de tener buses de tamaño óptimo como una forma de reducir la congestión vehicular, lo cual también está relacionado con la frecuencia del servicio. De acuerdo a sus resultados, el tamaño óptimo de los buses depende en forma positiva del costo operativo de los mismos (mientras más caro sea la operación, mayor deberá ser el tamaño de cada bus para reducir su frecuencia) y en forma negativa del costo de espera de los usuarios (mientras más costoso sea para los usuarios esperar, menor deberá ser el tamaño de cada bus para aumentar su frecuencia).

Silva (2010), analiza varias formas de modelar el efecto de la congestión en los tiempos de traslado en buses (t_{mov}) en la literatura, y finalmente utiliza la siguiente fórmula:



La congestión vehicular es considerada en la literatura como una externalidad generada por los usuarios de las vías, que ocasiona efectos negativos en los tiempos y costos de traslado.

En el artículo (2015), por ejemplo, se señala que la congestión vehicular "se produce porque cuando se toma la decisión de utilizar una carretera, sólo tiene en cuenta el costo que le supone el tiempo que va a emplear en el viaje, más el costo monetario de utilización del vehículo, pero no se tiene en cuenta el costo que el tráfico que genera ocasiona a los demás usuarios. Por tanto, el último usuario que entra en una carretera congestiona esta generando un costo en términos de tiempo extra al resto de usuarios en la carretera que los usuarios no pagan". El usuario genera los costos generados por la congestión, "el exceso de tiempo que los usuarios invierten en sus desplazamientos, y el exceso de consumo de combustible por la circulación a velocidades muy bajas".

Al respecto, Paredes (2015) también señala que "la existencia de un bien escaso, como las vías de circulación, a las cuales no se les ha puesto un precio por su uso, determinará eventualmente un exceso de demanda, lo que al no ser atendido por un precio genera una congestión, la que a su vez repercute en un mayor costo de transporte por la ciudad. Esta idea es la que ha permitido a la aplicación de medidas regulatorias que frecuentemente se llevan a cabo en el ingreso de nuevos operadores y fijando cuotas globales en el caso del transporte colectivo y otras, como restricciones y peajes a los autos particulares, que evitan la existencia de un exceso excesivo de vehículos por hora en determinados tramos".

Parsons y Geschwender (2003), señalan que una de las formas de aumentar la congestión vehicular es a través del aumento de la frecuencia de servicio de buses urbanos, lo cual finalmente aumenta el tiempo de viaje de todos los usuarios del sistema.

Goldfield y Bly (1988) recalcan la importancia de tener buses de tamaño óptimo como una forma de reducir la congestión vehicular, lo cual también está relacionado con la frecuencia del servicio. De acuerdo a sus resultados, el tamaño óptimo de los buses depende en forma positiva del costo operativo de los mismos (entonces más caro sea la operación, mayor deberá ser el tamaño de cada bus para reducir su frecuencia) y en forma negativa del costo de espera de los usuarios (entonces más costoso sea para los usuarios esperar, menor deberá ser el tamaño de cada bus para aumentar su frecuencia).

Shih (2016), analiza varias formas de medir el efecto de la congestión en los tiempos de traslado en buses (2008) en la literatura, y finalmente concluye la siguiente fórmula:

1584



$$t_{mov} = \frac{1}{\sqrt{A - B \frac{V_p + f_b}{C}}}$$

donde A es el cuadrado de la velocidad de flujo libre (sin congestión), V_p es el flujo por hora de vehículos particulares existente en la vía, f_b es la frecuencia de buses en la vía (buses/hora) en su equivalente a vehículos particulares, C es la capacidad máxima de la vía en vehículos/hora y B es un parámetro que mide cuánto disminuye la velocidad al aumentar el flujo vehicular.

El mismo autor analiza varias formas de modelar los tiempos de espera (t_{esp}) de usuarios para tomar un bus y, en forma general, establece la siguiente relación:

$$t_{esp} = \frac{\theta}{f_b}$$

De esta manera, el tiempo de espera depende del intervalo de tiempo existente entre que pasa un bus y el siguiente ($1/f_b$), del cual el usuario debe esperar una fracción θ (entre 0 y 1). La congestión afecta la decisión óptima de frecuencia de los buses, por lo general reduciéndola, lo cual afecta al alza los tiempos de espera de los usuarios.

De acuerdo a Tirachini y Hensher (2011), en un modelo con decisiones centralizadas (donde se minimiza el costo total del operador y usuario en forma conjunta), la congestión vehicular debería resultar necesariamente en una reducción de la frecuencia y en un incremento de la tarifa y capacidad de buses. De acuerdo a Tirachini, Hensher y Ross (2014), en presencia de congestión, un aumento en la demanda de pasajeros debe ser atendida por una reducción de la frecuencia y en el número de asientos del bus, a fin de aumentar la densidad de pasajeros transportados (cuando a los pasajeros no les importa ir parados).

4.2 Ingresos, costos y beneficios de operar un taxibus, efectos de congestión en el costo de operación

Considerando la forma en que ha sido modelada las decisiones de operación de los buses en la literatura, se propone una representación simplificada de los ingresos, costos y beneficios de un taxibus, para luego extenderlo al análisis de una línea de taxibuses.

Desde el punto del dueño de un taxibus, los beneficios que puede obtener de su operación diaria (Π_d) vienen dados por la siguiente ecuación:



$$t_{\text{mov}} = \frac{L}{\sqrt{A - B \frac{V_0 + V_p}{C}}}$$

donde A es el cuadrado de la velocidad de flujo libre (sin congestión), V_0 es el flujo por hora de vehículos particulares existente en la vía, V_p es la frecuencia de buses en la vía (buses por hora) en aplicación a vehículos particulares, C es la capacidad máxima de la vía en vehículos por hora. B es un parámetro que mide cuánto disminuye la velocidad al aumentar el flujo vehicular.

El mismo autor analiza varias formas de modelar los tiempos de espera (t_{esp}) de usuarios para tomar un bus y en forma general establece la siguiente relación:

$$t_{\text{esp}} = \frac{h}{\lambda}$$

De esta manera, el tiempo de espera depende del intervalo de tiempo existente entre que pasa un bus y el siguiente (Δt), del cual el usuario debe esperar una fracción θ (entre 0 y 1). La congestión afecta la decisión óptima de frecuencia de los buses, por lo general reduciéndola, lo cual afecta al alza los tiempos de espera de los usuarios.

De acuerdo a Turchini y Hensher (2011), en un modelo con decisiones conmutadas (donde se minimiza el costo total del operador y usuario en forma conjunta), la congestión vehicular debería resultar necesariamente en una reducción de la frecuencia y en un incremento de la oferta y capacidad de buses. De acuerdo a Turchini, Hensher y Ross (2014), en presencia de congestión, un aumento en la demanda de pasajeros debe ser atendido por una reducción de la frecuencia y en el número de asientos del bus, a fin de aumentar la densidad de pasajeros transportados (cuando a los pasajeros no les importa ir parados).

4.5. Ingresos, costos y beneficios de operar un taxiibus, efectos de congestión en el costo de operación

Considerando la forma en que ha sido modelada las decisiones de operación de los buses en la literatura, se propone una representación simplificada de los ingresos, costos y beneficios de un taxiibus para luego extenderlo al análisis de una línea de taxiibuses.

Desde el punto del dueño de un taxiibus, los beneficios que puede obtener de su operación diaria (Π_{d}) vienen dados por la siguiente ecuación:



$$\Pi_d = nP_dQ_d - nc - f$$

donde,

- n número de vueltas enteras o ciclos de recorrido que realiza por día
- P_d precio o pasaje cobrado a los usuarios del servicio
- Q_d cantidad promedio de pasajeros que el bus lleva en cada ciclo de recorrido
- c costo variable medio de dar una vuelta entera o ciclo de recorrido
- f costo fijo medio por día

El costo variable medio de un ciclo de recorrido (una aproximación de c), puede entenderse como compuesto de los siguientes costos variables:

$$c = w + l + d + m$$

donde,

- w pago al chofer, proporcional al número de boletos cortados en cada ciclo
- l pago a línea de taxibus por el derecho a salir a dar un ciclo de recorrido.
- d gasto en diesel por un ciclo de recorrido
- m gasto en mantención y desgaste del vehículo por ciclo de recorrido.

Desde el punto de vista del dueño del taxibus y de acuerdo a la literatura señalada en la sección anterior, la congestión vehicular reduce la velocidad de circulación del taxibus y aumenta el tiempo que tarda en dar un ciclo entero de recorrido. Estos dos elementos inciden en un aumento en el consumo de diesel (al circular a una velocidad menor a la óptima y por el mayor tiempo de viaje) y en el costo por desgaste del vehículo (neumáticos, aceite, etc.), lo cual aumenta el costo variable de operación c , en presencia de congestión.

Este sencillo esquema se ampliará en las siguientes secciones para analizar los incentivos de líneas de taxibuses con varias máquinas en operación.

4.3 Modelo sin congestión utilizado en FNE (2013)

Las empresas de taxibuses de la ciudad de Valdivia fueron acusadas por la FNE ante el TDLC, en causa Rol C 244-12, de celebrar un acuerdo destinado a la fijación de los precios de las tarifas a público, desde el año 2008 a 2013, y por el cual habían restringido, impedido y/o entorpecido la libre competencia en el mercado del transporte público urbano de pasajeros de la ciudad de Valdivia.

$$E_1 = nP_1Q_1 - nC - \gamma$$

| Variable | Definición |
|----------|--|
| w | número de vueltas enteras o ciclos de recorrido que realiza por día |
| P_1 | precio o pasaje cobrado a los usuarios del servicio |
| Q_1 | cantidad promedio de pasajeros que el bus lleva en cada ciclo de recorrido |
| C | costo variable medio de dar una vuelta entera o ciclo de recorrido |
| γ | costo fijo medio por día |

El costo variable medio de un ciclo de recorrido (una aproximación de C), puede entenderse como conjunto de los siguientes costos variables:

$$C = w + l + d + m$$

| Variable | Definición |
|----------|--|
| w | pago al chófer, proporcional al número de horas trabajadas en cada ciclo |
| l | pago a línea de autobuses por el derecho a salir y dar un ciclo de recorrido |
| d | gasto en diesel por un ciclo de recorrido |
| m | gasto en mantenimiento y desgaste del vehículo por ciclo de recorrido |

Desde el punto de vista del dueño del autobús y de acuerdo a la literatura científica en la sección anterior, la congestión vehicular reduce la velocidad de circulación del autobús y aumenta el tiempo que tarda en dar un ciclo entero de recorrido. Estos dos elementos inciden en un aumento en el consumo de diesel (a) circular a una velocidad menor a la óptima y por lo tanto tiempo de viaje y en el costo por desgaste del vehículo (mantenimiento, aceite, etc.) lo cual aumenta el costo variable de operación C , en presencia de congestión.

Este sencillo esquema se amplía en las siguientes secciones para analizar los incentivos de líneas de autobuses con tarifas múltiples en operación.

4.3. Método sin congestión utilizado en FNE (2013)

Las empresas de autobuses de la ciudad de Valencia fueron acordadas por la FNE ante el TDR, en caso Real Decreto 1114/12, de celebran un acuerdo destinado a la fijación de los precios de los pasajes a público, desde el año 2008 a 2013, y por el cual habían establecido, impuesto y/o correspondiente la libre competencia en el mercado del transporte público urbano de pasajeros de la ciudad de Valencia.

1284



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

En el informe económico “Análisis de los incentivos a la colusión para las líneas de Taxibuses Urbanos en la ciudad de Valdivia”, presentado por la FNE ante el TDLC en este caso, se elaboró un modelo económico para entender el comportamiento de precios y frecuencias de viajes en taxibuses urbanos en la ciudad de Valdivia, suponiendo competencia entre ellas y con líneas de taxicolectivos, y bajo el supuesto de colusión entre líneas de taxibuses.

En el informe se considera el problema de una línea de taxibuses que debe decidir qué precio cobrar a sus consumidores y qué frecuencia de viaje implementar, a fin de maximizar los beneficios de los operadores de buses que la conforman. Todo esto en un ambiente sin congestión vehicular, en el cual la línea de taxibus compite como sustituto imperfecto de otra línea de taxibus y de una línea de taxicolectivo. El problema de la línea de taxibus puede representarse de la siguiente manera:

$$\max_{P_i, f_i} \Pi_i = H_i \times [P_i \times Q_i(P_i, P_{-i}, P_j, f_i, f_{-i}, f_j) \times f_i - C \times f_i] - K$$

$$Q'_{i,P_i} < 0, Q'_{i,f_i} < 0, Q'_{i,P_{-i}} > 0, Q'_{i,f_{-i}} < 0, Q'_{i,P_j} > 0, Q'_{i,f_j} < 0$$

donde,

- Π_i Beneficio de la línea de taxibuses i (que incluye a todos sus operadores).
- H_i Número de horas de recorrido de la línea de taxibus i durante el día.
- P_i Precio que la línea de taxibuses i cobra a sus usuarios.
- P_{-i} Precio que la línea de taxibuses competidora -i cobra a sus usuarios.
- P_j Precio que la línea de taxicolectivo competidora j cobra a sus usuarios.
- f_i Número de taxibuses que la línea i decide enviar a circulación por hora.
- f_{-i} Número de taxibuses que la línea de taxibuses -i envía a circulación (por hora).
- f_j Número de taxicolectivos que la línea j envía a circulación (por hora).
- Q_i Número promedio de pasajeros que recoge cada taxibus de la línea i en su recorrido.
- C Costo variable que incurre cada taxibus de la línea i por recorrido entero.
- K Costo de capital y fijo diario incurrido por la empresa de taxibus i.

Como se puede apreciar, el modelo asume que el número de pasajeros que en promedio puede recoger cada taxibus, Q_i , es una función del precio que decida cobrar la línea, P_i , pero también depende del precio que decida cobrar la línea de taxibus competidora, P_{-i} , el precio que decidan cobrar los taxicolectivos, P_j , el número de taxibuses enviados a circulación por la línea (mientras más taxibuses envíe por hora, cada taxibus recoge en promedio menos pasajeros), f_i , el número de taxibuses enviados a circulación por la línea de taxibus competidora (mientras más taxibuses envíe la competidora, habrá en promedio menos pasajeros por recoger para la línea i), f_{-i} , y el



En el informe económico "Análisis de los incentivos a la cohesión para las líneas de Taxibuses Urbanos en la ciudad de Valdivia", presentado por la FND ante el TFDLC en este caso se elaboró un modelo económico para entender el comportamiento de precios y frecuencias de viajes en taxibuses urbanos en la ciudad de Valdivia, suponiendo comportamientos entre ellas y con líneas de taxibuses, bajo el supuesto de cohesión entre líneas de taxibuses.

En el informe se considera el problema de una línea de taxibuses que debe decidir qué precio cobrar a sus pasajeros y qué frecuencia de viaje proporcionar a fin de maximizar los beneficios de los operadores de buses que la conforman. Todo esto en un ambiente de congestión vehicular, en el cual la línea de taxibuses compete como sustituto imperfecto de otras líneas de taxibuses y de una línea de colectivos. El problema de la línea de taxibuses puede expresarse de la siguiente manera:

$$\max_{P_i, A_i} \Pi_i = H_i \times [P_i \times Q_i(P_i, P_{-i}, A_i, A_{-i}) - C \times A_i] - K$$
$$Q_i(P_i, P_{-i}) > 0, Q_i(P_i, P_{-i}) < 0, Q_i(P_i, P_{-i}) > 0, Q_i(P_i, P_{-i}) < 0, Q_i(P_i, P_{-i}) > 0, Q_i(P_i, P_{-i}) < 0$$

- donde:
- Π_i Beneficio de la línea de taxibuses i (que incluye a todos sus operadores).
- H_i Número de horas de recorrido de la línea de taxibuses i durante el día.
- P_i Precio que la línea de taxibuses i cobra a sus pasajeros.
- P_{-i} Precio que la línea de taxibuses competidoras $-i$ cobra a sus pasajeros.
- A_i Precio que la línea de taxibuses competidoras $-i$ cobra a sus pasajeros.
- A_{-i} Número de taxibuses que la línea i decide enviar a circulación por hora.
- Q_i Número de taxibuses que la línea de taxibuses $-i$ envía a circulación (por hora).
- C Número de taxibuses que la línea i envía a circulación (por hora).
- K Número promedio de pasajeros que recoge cada taxibus de la línea i en su recorrido.
- C Costo variable por incurre cada taxibus de la línea i por recorrido completo.
- K Costo de capital y fijo diario incurrido por la empresa de taxibus i .

Como se puede apreciar, el modelo assume que el número de pasajeros que en promedio puede recoger cada taxibus Q_i es una función del precio que decide cobrar la línea P_i , pero también depende del precio que decide cobrar la línea de taxibuses competidoras P_{-i} , el precio que decide cobrar los taxibuses A_{-i} , el número de taxibuses enviadas a circulación por la línea A_i y el número de taxibuses enviadas a circulación por la línea de taxibuses competidoras A_{-i} (mientras más taxibuses envíe la competidora, habrá en promedio menos pasajeros por recoger para la línea i). Así, el

1782



número de taxicolectivos enviados a circulación por la línea de taxicolectivo competidora (mismo efecto que la frecuencia de la línea de taxibus competidora), f_j .

Asimismo, el modelo asume que el costo variable de la línea de taxibus, C , no depende de los pasajeros transportados sino del número de taxibuses que la línea envíe a circulación, lo cual es un supuesto razonable ya que estos costos estarían asociados más a la operación de cada taxibus por dar un ciclo entero de recorrido (como el costo de combustibles y lubricantes).

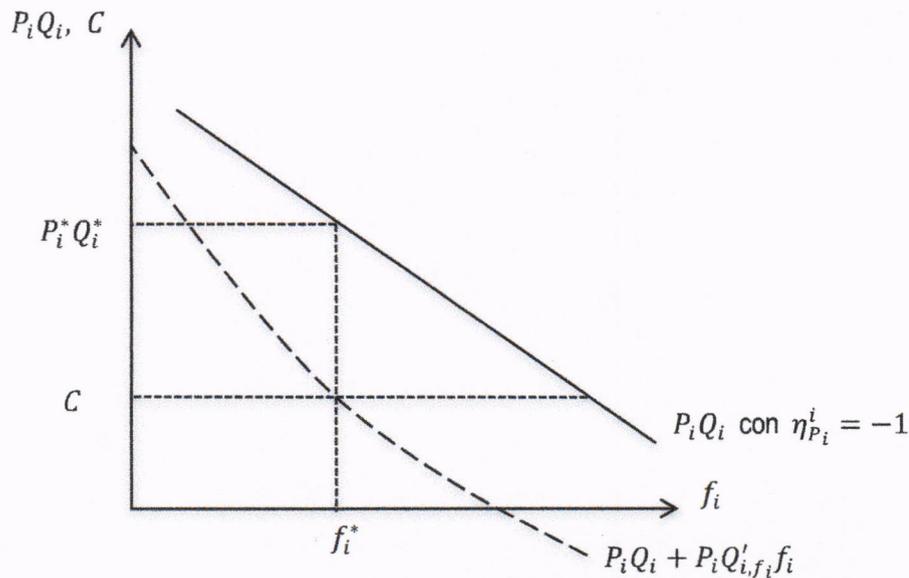
4.3.1 Solución bajo competencia entre taxibuses

Al resolver el problema de la línea de taxibus, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$\begin{aligned}
 P_i: \quad Q_i + P_i Q'_{i,P_i} &= 0 & \rightarrow & \quad \eta_{P_i}^i = -1 \\
 f_i: \quad P_i Q_i + P_i Q'_{i,f_i} f_i - C &= 0
 \end{aligned}$$

Para comprender las implicancias de estas condiciones es mejor graficar los equilibrios que resultan de ellas. El siguiente gráfico presenta la relación entre los ingresos por taxibus en circulación ($P_i \times Q_i$) y su frecuencia (f_i).

Gráfico 5: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxibus bajo competencia



[Handwritten signature]



JLR Consultores

Consultores Asociados

El número de unidades producidas a circular por la línea de taxi colectivo depende del número de unidades que la frecuencia de la línea de taxi colectivo (f).

Además, el costo variable de la línea de taxi (C), no depende de los puntos transportados sino del número de taxis que la línea de taxi en un momento determinado ya que estos costos están asociados más a la operación de cada línea que a la cantidad de pasajeros (costo de combustible y lubricantes).

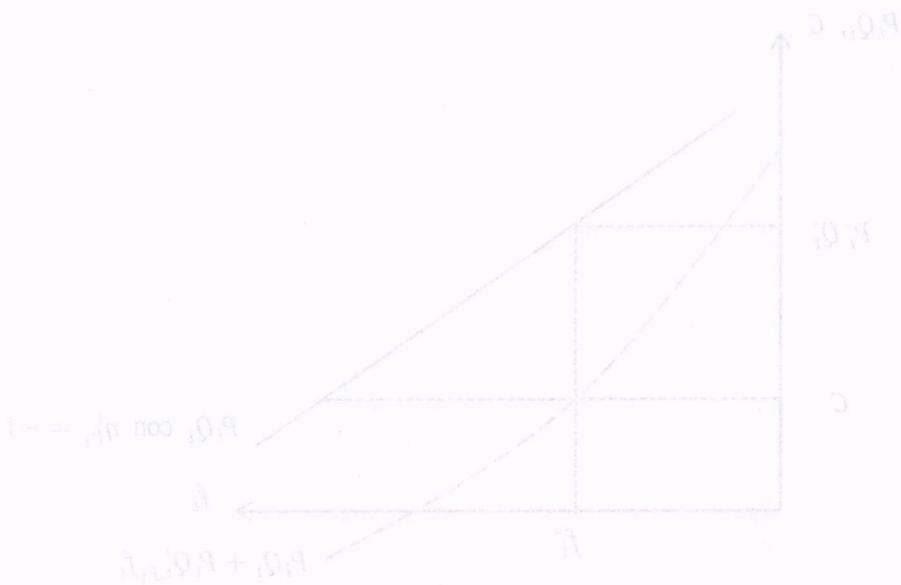
El problema de optimización de la línea de taxi es:

Al resolver el problema de la línea de taxi, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$\begin{aligned} f: P_1 Q_1 + P_2 Q_2 - C &= 0 \\ P_1 &= -1 \end{aligned}$$

Para comprender las implicaciones de estas condiciones es mejor graficar los equilibrios que resultan de ellas. El siguiente gráfico presenta la relación entre los ingresos por ventas en circulación ($P_1 \times Q_1$) y su frecuencia (f).

Gráfico 5: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxi bajo competencia



1588



De acuerdo a la primera condición de primer orden, la línea de taxibus tiene incentivos a aumentar el precio que cobra a sus consumidores hasta el punto en que se maximizan sus ingresos por taxibus ($P_i Q_i$). Esto ocurre cuando el ingreso marginal de los ingresos por taxibus son iguales a cero o la elasticidad precio de la demanda es igual a -1 . Cualquier otro nivel de ingresos será menor, por lo que la curva más alejada del origen que pueden alcanzar los taxibuses en el gráfico es la que corresponden a una elasticidad precio de -1 . Este resultado es consistente con lo señalado por Gomez Lobo (2007): los operadores de taxibuses con un mismo recorrido tienen incentivos a crear una sola línea de taxibus para poder ejercer poder de mercado en su demanda residual.

La segunda condición de primer orden señala que la frecuencia de taxibuses en circulación, se define en el punto en que el ingreso marginal por taxibus circulando ($P_i Q_i + P_i Q'_i f_i$) es igual a su costo marginal (C), como se observa en el gráfico anterior. De esta manera la línea de taxibus logra obtener el máximo beneficio posible en la operación de todas sus unidades.

4.3.2 Solución bajo colusión

Para el caso en que las dos líneas de taxibuses se ponen de acuerdo para coludirse, el problema que enfrentan para maximizar sus beneficios en conjunto se puede representar como sigue:

$$\max_{P_i, f_i, P_{-i}, f_{-i}} \Pi = H_i \times [P_i Q_i f_i + P_{-i} Q_{-i} f_{-i} - C f_i - C f_{-i}] - 2K$$

Las condiciones de primer orden de este problema se pueden expresar de la siguiente manera:

$$P_i: Q_i f_i + P_i Q'_{i, P_i} f_i + P_{-i} Q'_{-i, P_i} f_{-i} = 0$$
$$\rightarrow \eta_{P_i}^i = -1 - \frac{P_{-i} \times Q_{-i} \times f_{-i}}{P_i \times Q_i \times f_i} \eta_{P_i}^{-i} < -1$$

$$P_{-i}: Q_{-i} f_{-i} + P_{-i} Q'_{-i, P_{-i}} f_{-i} + P_i Q'_{i, P_{-i}} f_i = 0$$
$$\rightarrow \eta_{P_{-i}}^{-i} = -1 - \frac{P_i \times Q_i \times f_i}{P_{-i} \times Q_{-i} \times f_{-i}} \eta_{P_{-i}}^i < -1$$

$$f_i: P_i Q_i + P_i Q'_{i, f_i} f_i + P_{-i} Q'_{-i, f_i} f_{-i} - C = 0$$

$$f_{-i}: P_{-i} Q_{-i} + P_{-i} Q'_{-i, f_{-i}} f_{-i} + P_i Q'_{i, f_{-i}} f_i - C = 0$$

Las dos primeras condiciones de primer orden, señalan que los precios de ambas firmas ya no deben fijarse a fin de maximizar los ingresos de cada una por separado, sino que deben ser mayores al precio que maximiza dicho ingreso individual (al subir el precio ambas quedan en la



De acuerdo a la primera condición de primer orden, la línea de tazibuses tiene incentivos a mantener el precio que cobra a sus consumidores hasta el punto en que se maximizan sus ingresos por tazibus ($P_1 Q_1$). Esto ocurre cuando el ingreso marginal de los ingresos por tazibus son iguales a cero o la elasticidad precio de la demanda es igual a -1. Cualquier otro nivel de ingresos será menor, por lo que la curva más allá del origen que pueden alcanzar los tazibuses en el gráfico es la que corresponden a una elasticidad precio de -1. Este resultado es consistente con lo señalado por Gomez-Lobo (2007): los operadores de tazibuses con un mano-tenedor tienen incentivos a crear una sola línea de tazibuses para poder ejercer poder de mercado en su demanda residual.

La segunda condición de primer orden señala que la frecuencia de tazibuses en circulación, se define en el punto en que el ingreso marginal por tazibus circulando ($P_2 Q_2 + P_1 Q_1$) es igual a su costo marginal (C), como se observa en el gráfico anterior. De esta manera la línea de tazibus logra obtener el máximo beneficio posible en la operación de todas sus unidades.

4.3. Solución bajo colusión

Para el caso en que las dos líneas de tazibuses se ponen de acuerdo para coludarse, el problema que enfrentan para maximizar sus beneficios en conjunto se puede representar como sigue:

$$\max_{P_1, P_2} H = H_1 \times [P_1 Q_1 + P_2 Q_2] + P_1 Q_1 - C_1 - C_2 - 2K$$

Las condiciones de primer orden de este problema se pueden expresar de las siguiente manera:

$$P_1: Q_1 + P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + P_1 Q_1 - C_1 = 0$$

$$\Rightarrow \eta_{P_1}^1 = -1 - \frac{P_1 Q_1}{P_1 Q_1} \eta_{P_1}^1 < -1$$

$$P_2: Q_2 + P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + P_2 Q_2 - C_2 = 0$$

$$\Rightarrow \eta_{P_2}^2 = -1 - \frac{P_2 Q_2}{P_2 Q_2} \eta_{P_2}^2 < -1$$

$$K: P_1 Q_1 + P_2 Q_2 + P_1 Q_1 - C = 0$$

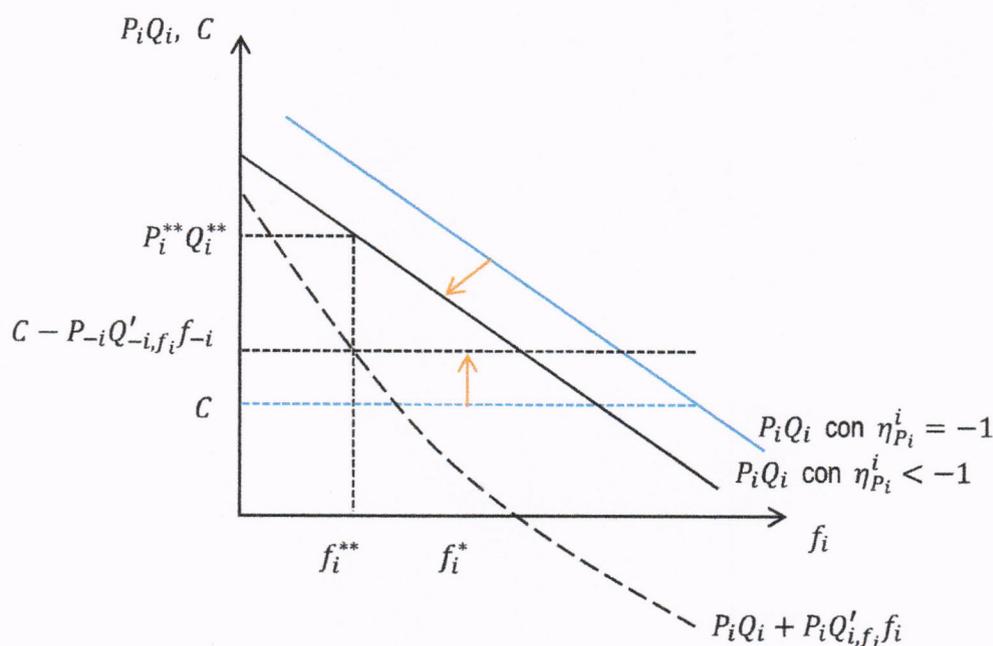
$$L: P_2 Q_2 + P_1 Q_1 + P_2 Q_2 - C = 0$$

Las dos primeras condiciones de primer orden, señalan que los precios de ambas firmas ya no deben fijarse a fin de maximizar los ingresos de cada una por separado, sino que deben ser mayores al precio que maximiza dicho ingreso individual (al subir el precio ambas quedan en la

zona elástica de su demanda). Al maximizar beneficios en forma conjunta, las líneas logran internalizar la sustitución de pasajeros que existe entre ambas líneas cuando suben el precio. Gracias a esto, si una línea de taxibus aumenta el precio, no pierde toda la demanda sino que parte de ella es capturada por la otra línea de taxibus. Esto les permite a ambas líneas cobrar un precio mayor bajo colusión al que fijarían bajo competencia.

Las dos primeras condiciones de primer orden indican, por lo tanto, que el ingreso por taxibus debe disminuir para cualquier nivel de frecuencia, ya que el precio que cobrarán las líneas es mayor al que maximiza dichos ingresos. En términos del gráfico anterior, esto significa que la curva $P_i Q_i$ se desplaza hacia el origen. En el Gráfico No. 6 se puede apreciar el desplazamiento de los ingresos por taxibus señalado anteriormente.

Gráfico 6: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxibus bajo colusión



Los efectos que tiene la colusión sobre la frecuencia de taxibuses también se aprecian en el Gráfico No. 6. Por un lado, el desplazamiento de la curva de ingresos hacia el origen implica un desplazamiento al origen de la curva de ingreso marginal.

Por otro lado, se observa que el costo marginal de un taxibus incluye ahora no solo el costo de circulación del taxibus (C), sino también el efecto que tiene la decisión de frecuencia de una línea sobre los ingresos de la otra ($P_{-i} Q'_{-i, f_i} f_{-i}$). Este último puede ser entendido como un nuevo



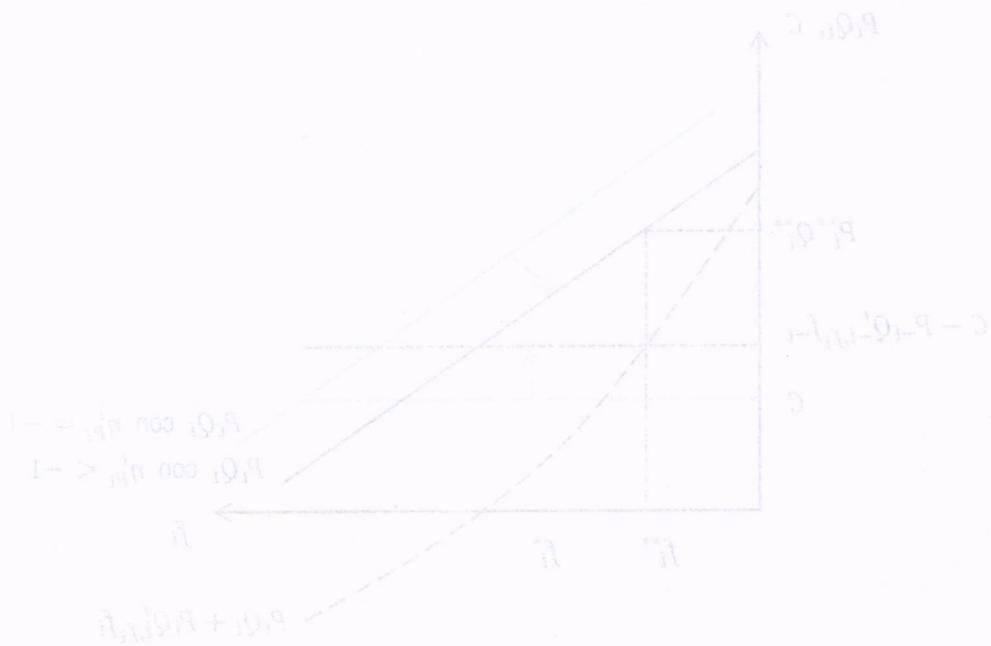
JLR Consultores

Para más información contacte con:

con el nivel de su demanda. Al maximizar beneficios en forma conjunta, las líneas de
interacción la restricción de pasajeros que existe entre ambas líneas cuando suben el precio.
Gracias a eso, si una línea de taxis aumenta el precio, no pierde nada la demanda sino que
para de ella se capturan por la otra línea de taxis. Esto les permite a ambas líneas cobrar un
precio mayor que colusión si que fijaran bajo competencia.

Las dos primeras condiciones de primer orden indican, por lo tanto, que el ingreso por taxis
debe maximizarse para cualquier nivel de frecuencia, ya que el precio que cobran las líneas es
mayor al que maximiza dichos ingresos. En términos del gráfico anterior, esto significa que la
curva P_1^* se desplaza hacia el origen. En el Gráfico No. 6 se puede apreciar el desplazamiento
de los ingresos por taxis señalado anteriormente.

Gráfico 6: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxis bajo colusión



Los efectos que tiene la colusión sobre la frecuencia de taxis se aprecian en el
Gráfico No. 6. Por un lado, el desplazamiento de la curva de ingresos hacia el origen implica un
desplazamiento al origen de la curva de ingreso marginal.

Por otro lado, se observa que el costo marginal de un taxi incluye ahora no solo el costo de
circulación del taxi (C), sino también el efecto que tiene la decisión de frecuencia de una línea
sobre los ingresos de la otra ($P_1 - Q_1 - Q_2$). Este último puede ser concebido como un nuevo



Como resultado de este análisis se puede observar que la maximización conjunta de beneficios, similar al caso original de maximización entre dos bienes diferenciados que es maximizada en la intersección horizontal de los mismos (Daniel y Shapiro (2010)).

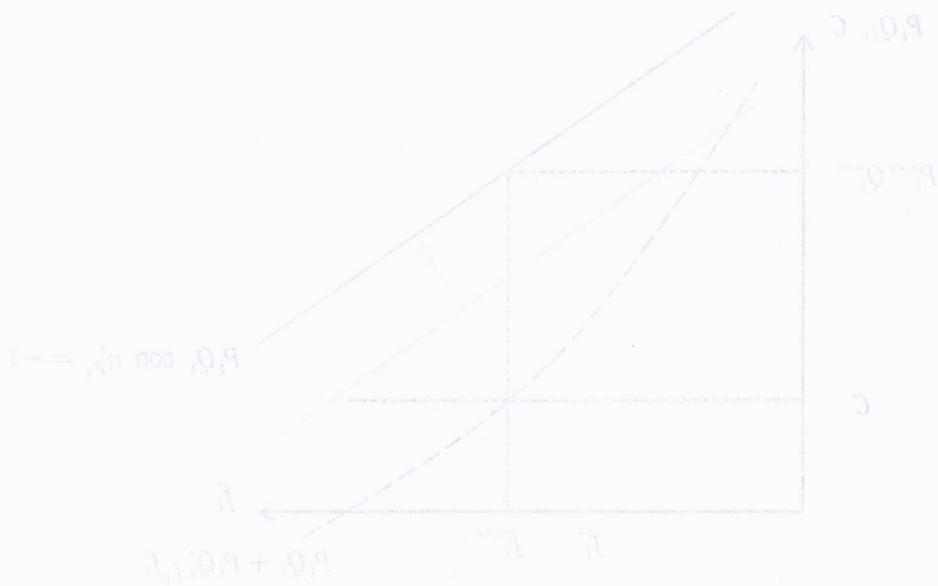
Como se aprecia en el gráfico, en una situación de colisión y en ausencia de congestión, el precio del viaje en taxis debería subir y las frecuencias de taxis deberían bajar al mismo tiempo, respecto a una situación con mayor competencia (de \bar{r} a \bar{r}''), para de esta manera maximizar los beneficios de ambas líneas.

4.1.3 Efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes

Como fue señalado, en TNE (2013) se analiza el efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes, motivado por el incremento de la población y/o de la actividad económica, como la observada en Temuco entre los años 1996 a 2012, sobre los equilibrios del modelo.

En el Anexo 1 de este informe se demuestra que un aumento exógeno en la demanda de viajes aumenta el precio y frecuencia de equilibrio de los taxis, tanto en situación de competencia como en colisión. Los nuevos equilibrios se presentan en los Gráficos No. 7 y 8.

Gráfico 7: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxis bajo competencia y aumento de demanda de viajes.



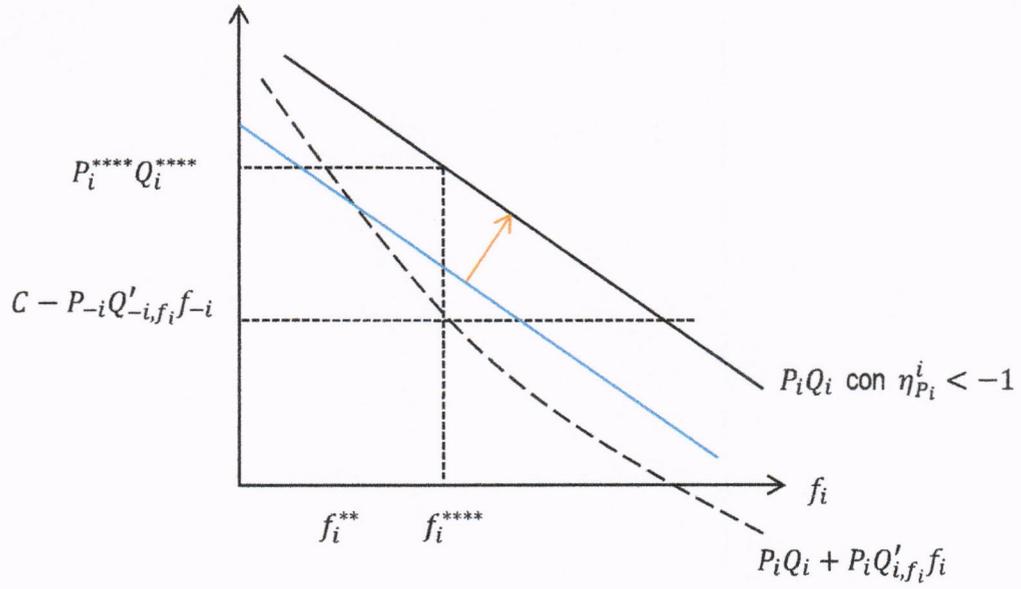
Como se observa en el Gráfico No. 7, un aumento de la demanda de viajes bajo competencia implica un aumento de la frecuencia de equilibrio de \bar{r} a \bar{r}'' .

Handwritten mark or signature.

1591

Como se observa en el Gráfico No. 8, un aumento de la demanda de viajes bajo colusión también implica observar un aumento de la frecuencia de equilibrio, de f_i^{**} a f_i^{****} .

Gráfico 8: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxibus bajo colusión y aumento de demanda de viajes.



En consecuencia, al considerar un aumento exógeno y sostenido en la demanda de viajes, el modelo en FNE (2013) predice un aumento en el valor del pasaje y en la frecuencia de servicio, tanto en situación de colusión como de competencia.

4.3.4 Efecto de un aumento exógeno en el costo de circulación

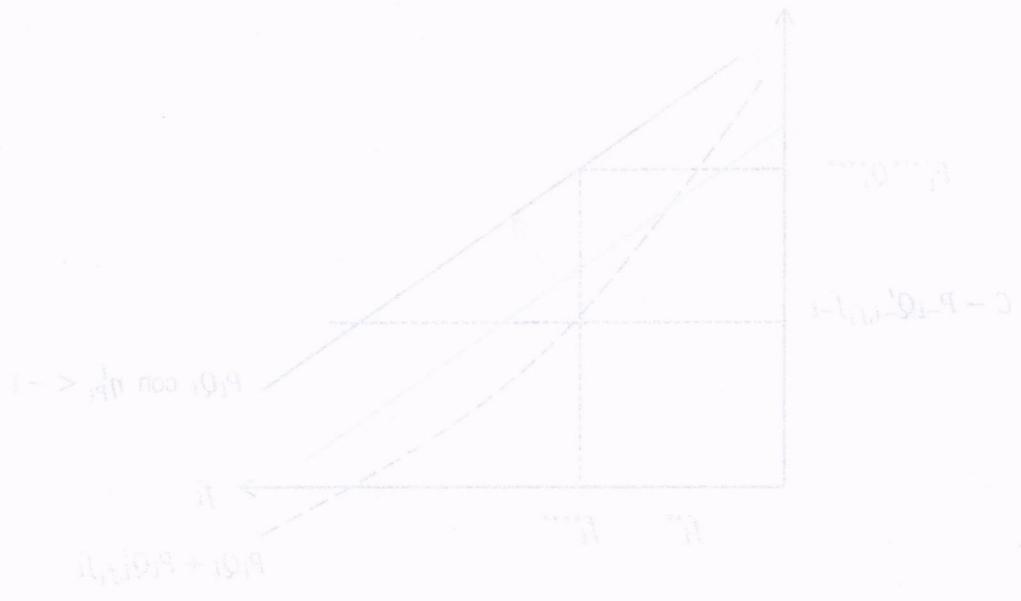
En el modelo de FNE (2013) no existe congestión, sin embargo, el costo marginal de circulación sí puede aumentar debido a aumentos exógenos en el costo de los insumos para operar, como el costo del diesel.

En los Gráficos No. 5 y 6 es fácil observar que un aumento exógeno en el costo marginal de circulación debería producir una reducción en la frecuencia de servicio, tanto en situación de colusión como de competencia.

Q

Como se observa en el Gráfico No. 8, un aumento de la demanda de viajes bajo colisión también implica observar un aumento de la frecuencia de equilibrio de λ^{**} a λ^{***} .

Gráfico 8: Equilibrio del Problema de la Línea de Taxis bajo colisión y aumento de demanda de viajes.



En consecuencia, al considerar un aumento exógeno y sostenido en la demanda de viajes, el modelo en FNE (2013) puede observar un aumento en el valor del precio y en la frecuencia de equilibrio, tanto en situación de colisión como de competencia.

4.24. Efecto de un aumento exógeno en el costo de distribución
 En el modelo de FNE (2013) no existe congestión, sin embargo, el costo marginal de distribución puede aumentar debido a aumentos exógenos en el costo de los insumos para operar, como el costo del diesel.

En los Gráficos No. 5 y 6 se fácil observar que un aumento exógeno en el costo marginal de distribución también puede provocar una reducción en la frecuencia de servicio, tanto en situación de colisión como de competencia.

48

1592



4.4 Modelo sin congestión, con periodos de punta y fuera de punta

En esta sección ampliaremos el modelo de referencia de FNE (2013), considerando la existencia de periodos de punta y fuera de punta en el servicio, que se diferencian en el nivel y elasticidad de demanda existente en cada periodo.

Durante las horas de punta (principalmente de la mañana) la demanda de viajes en la ciudad de Temuco es mayor a la demanda en horas fuera de punta, como se observó en la Sección 3.5. A una misma frecuencia de servicio y precio, esto significa que el promedio de pasajeros por taxibus sería mayor en las horas de punta que fuera de punta.

Considerando dos periodos del día, un periodo valle (V) o de baja demanda y un periodo de punta (P) o de alta demanda de viajes, el problema de la línea de taxibuses queda expresado de la siguiente manera:

$$\max_{P_i, f_i^V, f_i^P} \Pi_i = H_i^V \times [P_i Q_i^V f_i^V - C f_i^V] + H_i^P \times [P_i Q_i^P f_i^P - C f_i^P] - K$$

Por lo señalado anteriormente podemos asumir que $Q_i^P > Q_i^V$ para un mismo nivel de precios y frecuencia. En el problema hay que notar que no hay discriminación por periodo del día, la tarifa será la misma en periodo de punta y fuera de punta. Las decisiones de frecuencia, sin embargo, serán distintas para el periodo de punta y fuera de punta. En vista de que no existe congestión, se asume que el costo de circulación en periodo de punta y fuera de punta es el mismo. Las condiciones de primer orden de este problema quedan expresadas de la siguiente manera:

$$P_i: H_i^V f_i^V \times [Q_i^V + P_i Q_{i,P_i}^{V'}] + H_i^P f_i^P \times [Q_i^P + P_i Q_{i,P_i}^{P'}] = 0$$

$$\rightarrow s_i^V \eta_{P_i}^V + s_i^P \eta_{P_i}^P = -1$$

$$\text{donde } s_i^V = \frac{H_i^V P_i Q_i^V f_i^V}{H_i^V P_i Q_i^V f_i^V + H_i^P P_i Q_i^P f_i^P} \text{ y } s_i^P = \frac{H_i^P P_i Q_i^P f_i^P}{H_i^V P_i Q_i^V f_i^V + H_i^P P_i Q_i^P f_i^P}$$

$$f_i^V: P_i Q_i^V + P_i Q_{i,f_i^V}^{V'} f_i^V - C = 0$$

$$f_i^P: P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C = 0$$

Las diferencias de este modelo con el de la sección anterior son dos: 1) ahora el valor del pasaje se fija de tal manera que maximiza los ingresos conjuntos del periodo de punta y valle, y, 2) la frecuencia de cada periodo se fija en forma independiente de la otra.

Handwritten signature or mark.

4.2. Modelo sin congestión, con periodos de punta y fuera de punta

En esta sección utilizamos el modelo de referencia de FNB (2013), considerando la existencia de periodos de punta y fuera de punta en el servicio, que se diferencian en el nivel y elasticidad de demanda existente en cada periodo.

Durante los horas de punta (principalmente de la mañana) la demanda de viajes en la ciudad de Toluca es mayor a la demanda en horas fuera de punta, como se observó en la Sección 3.3. A una misma frecuencia de servicio y precio, esto significa que el promedio de pasajeros por hora es mayor en las horas de punta que fuera de punta.

Considerando dos periodos del día, un periodo valle (V) o de baja demanda y un periodo de punta (P) o de alta demanda de viajes, el problema de las líneas de autobuses queda expresado de la siguiente manera:

$$\max_{P, V, H} \Pi = H \times [P \cdot Q^P - C] - C \cdot H - C \cdot V - K$$

Por lo señalado anteriormente podemos asumir que $Q^P > Q^V$ para un mismo nivel de precios y frecuencia. En el problema hay que notar que no hay discriminación por periodo del día, la oferta es la misma en periodo de punta y fuera de punta. Las decisiones de frecuencia, sin embargo, serán distintas para el periodo de punta y fuera de punta. En vista de que no existe congestión, se asume que el costo de circulación en periodo de punta y fuera de punta es el mismo. Las condiciones de primer orden de este problema quedan expresadas de la siguiente manera:

$$P: H \cdot P \cdot Q^P \times [Q^P + P \cdot Q^P] + H \cdot P \cdot C \times [Q^P + P \cdot Q^P] = 0$$

$$\rightarrow 2 \cdot H \cdot P \cdot Q^P = -1$$

$$\text{donde } \lambda^P = \frac{H \cdot P \cdot Q^P}{H \cdot P \cdot Q^P + H \cdot P \cdot Q^P} \text{ y } \lambda^V = \frac{H \cdot V \cdot Q^V}{H \cdot P \cdot Q^P + H \cdot P \cdot Q^P}$$

$$V: P \cdot Q^V + P \cdot Q^V \cdot \lambda^V - C = 0$$

$$P: P \cdot Q^P + P \cdot Q^P \cdot \lambda^P - C = 0$$

Las diferencias de este modelo con el de la sección anterior son dos: 1) ahora el valor del precio se fija de tal manera que maximiza los ingresos conjuntos del periodo de punta y valle, y 2) la frecuencia de cada periodo se fija en forma independiente de la otra.

1593



De las condiciones de primer orden se puede establecer que $f_i^P > f_i^V$ en equilibrio. En efecto, como el periodo de punta y valle tienen el mismo valor de pasaje y costo de circulación, y como la demanda de viajes en periodo de punta es mayor (lo cual implica que $Q_i^P > Q_i^V$ a una misma frecuencia), su frecuencia debe ser mayor a la frecuencia del periodo valle en equilibrio.

Bajo el supuesto de colusión, este modelo genera condiciones de primer orden similares a los de FNE (2013):

$$\begin{aligned}
P_i: & \quad s_i^V \eta_{P_i}^V + s_i^P \eta_{P_i}^P < -1 \\
f_i^V: & \quad P_i Q_i^V + P_i Q_{i,f_i^V}^{V'} f_i^V - C + P_{-i} Q_{-i,f_i^V}^{V'} f_{-i}^V = 0 \\
f_i^P: & \quad P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C + P_{-i} Q_{-i,f_i^P}^{P'} f_{-i}^P = 0
\end{aligned}$$

Al igual que en el modelo anterior, en este modelo se observa un nuevo término en el costo marginal de circulación ($P_{-i} Q_{-i,f_i^V}^{V'}$ para valle y $P_{-i} Q_{-i,f_i^P}^{P'}$ para punta), que reduce las frecuencias en colusión por debajo de las esperadas en competencia.

En consecuencia, bajo colusión, este modelo pronostica que las frecuencias en periodo de punta y valle deben ser menores a las de competencia.

Por otro lado, si en equilibrio $Q_i^P > Q_i^V$, el ingreso marginal en punta también será mayor al ingreso marginal en valle. Si los costos marginales de circulación no son muy diferentes en punta y valle, el mayor ingreso marginal produce un mayor nivel de frecuencia en periodo de punta. Solo si el costo marginal de circulación en punta es mucho mayor al costo marginal en valle, se podría contrarrestar el mayor ingreso marginal en punta y generar una frecuencia mayor en periodo valle. En este modelo, esto ocurre solo si al aumentar la frecuencia de una línea, ésta logra captar muchos más usuarios de la otra línea en hora de punta que en horario valle.

En consecuencia, este modelo también indica que la frecuencia en periodo punta debiera ser generalmente mayor a la frecuencia en periodo valle.

Finalmente, se puede esperar que un aumento exógeno en la demanda de viajes en periodo de punta y fuera de punta, como el observado en Temuco, produzca un incremento en el valor del pasaje y en las frecuencias de ambos periodos, tanto en situación de competencia como en colusión. Asimismo, un aumento exógeno en el costo marginal de circulación debería producir una reducción en la frecuencia de servicio, tanto en situación de colusión como de competencia.



De las condiciones de primer orden se puede establecer que $V^p = V^v$ en equilibrio. En el caso
como el periodo de punta y valle tienen el mismo valor de pasaje y costo de circulación, y como
la demanda de viajes en periodo de punta es mayor (lo cual implica que $Q^p > Q^v$ a una misma
frecuencia), su frecuencia debe ser mayor y la frecuencia del periodo valle en equilibrio.

Bajo el supuesto de colisión, este modelo genera condiciones de primer orden similares a las de
Equilibrio.

$$\begin{aligned} V^p: & \quad p^p Q^p + p^v Q^v - c < -1 \\ V^v: & \quad -p^p Q^p + p^v Q^v - c + p^p Q^p_{-1} V^p = 0 \\ V^c: & \quad p^p Q^p + p^v Q^v - c + p^p Q^p_{-1} V^p = 0 \end{aligned}$$

Al igual que en el modelo anterior, en este modelo se observa un nuevo término en el costo
marginal de circulación ($p^p Q^p_{-1} V^p$ para valle y $p^v Q^v_{-1} V^v$ para punta), que reduce las
frecuencias en colisión por debajo de las esperadas en competencia.

En consecuencia, bajo colisión, este modelo predice que las frecuencias en periodo de punta
y valle deben ser menores a las de competencia.

Por otro lado, si en equilibrio $Q^p > Q^v$, el ingreso marginal en punta también será mayor al
ingreso marginal en valle. Si los costos marginales de circulación no son muy diferentes en punta
y valle, el mayor ingreso marginal produce un mayor nivel de frecuencia en periodo de punta.
Solo si el costo marginal de circulación en punta es mucho mayor al costo marginal en valle, se
podría conseguir el mayor ingreso marginal en punta y generar una frecuencia mayor en
periodo valle. En este modelo, esto ocurre solo si al aumentar la frecuencia de una línea, esta
logra captar muchos más usuarios de la otra línea en hora de punta que en hora valle.

En consecuencia, este modelo también indica que la frecuencia en periodo-punta debería ser
generalmente mayor a la frecuencia en periodo valle.

Finalmente, se puede esperar que un aumento exógeno en la demanda de viajes en periodo de
punta y hora de punta, como el observado en Tamayo, produce un incremento en el valor del
pasaje y en las frecuencias de ambos periodos, tanto en situación de competencia como en
colisión. Asimismo, un aumento exógeno en el costo marginal de circulación debido a producir
una reducción en la frecuencia de servicio, tanto en situación de colisión como de competencia.

174



4.5 Modelo con congestión, con periodos de punta y fuera de punta

En esta sección analizaremos el efecto que tendría la congestión vehicular en las predicciones del modelo desarrollado en la sección anterior.

La congestión tiene un efecto directo en el costo de operación de los taxibuses. En efecto, en la sección 4.1 se señaló que la congestión afecta los costos de los taxibuses debido al exceso de consumo de combustibles por circular a velocidades muy lentas durante la congestión. En la sección 4.2 se señaló que la congestión vehicular reduce la velocidad de circulación de las vías y aumenta el tiempo que tarda un taxibus en dar una vuelta entera, lo cual incide en un aumento en el consumo de diesel y el desgaste del vehículo, aumentando el costo variable de operación.

Si suponemos que el problema de congestión se concentra principalmente en periodo de punta, el costo de circular en punta (P) será mayor al costo de circular en valle (V), es decir, $C^V < C^P$. Por otro lado, si aumenta la frecuencia del transporte colectivo en horario de punta, aumenta también la congestión y sus costos asociados, por lo que el costo de circulación en hora de punta también debería aumentar a mayor frecuencia de servicio, y puede expresarse como:

$$C^P = C^P(f_i^P, f_{-i}^P, f_j^P), \text{ con } C_{f_i^P}^{P'} > 0, C_{f_{-i}^P}^{P'} > 0 \text{ y } C_{f_j^P}^{P'} > 0$$

4.5.1 Solución bajo competencia entre taxibuses

Con las nuevas definiciones de costos marginales, podemos reescribir el problema de la línea de taxibus bajo competencia y congestión, de la siguiente manera:

$$\max_{P_i, f_i^V, f_i^P} \Pi_i = H_i^V \times [P_i Q_i^V f_i^V - C^V f_i^V] + H_i^P \times [P_i Q_i^P f_i^P - C^P f_i^P] - K$$

Suponiendo que solo el periodo de punta tiene problemas de congestión, las condiciones de primer orden quedan expresadas de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P_i: & \quad s_i^V \eta_{P_i}^V + s_i^P \eta_{P_i}^P = -1 \\ f_i^V: & \quad P_i Q_i^V + P_i Q_{i, f_i^V}^{V'} f_i^V - C^V = 0 \\ f_i^P: & \quad P_i Q_i^P + P_i Q_{i, f_i^P}^{P'} f_i^P - C^P - C_{f_i^P}^{P'} f_i^P = 0 \end{aligned}$$

Las condiciones de primer orden asociadas al precio y a la frecuencia en periodo valle son idénticas al modelo de la sección 4.4. La diferencia con el modelo anterior está en la condición de primer orden de la frecuencia en periodo de punta. Por un lado, sabemos que $C^P > C^V$ y,



4.3. Modelo con congestión, con periodos de punta y fuera de punta

En esta sección analizaremos el efecto que tendría la congestión vehicular en las predicciones del modelo desarrollado en la sección anterior.

La congestión tiene un efecto directo en el costo de operación de los taxis. En efecto, en la sección 4.1 se señaló que la congestión afecta los costos de los taxis debido al exceso de consumo de combustible por circular a velocidades muy bajas durante la congestión. En la sección 4.2 se señaló que la congestión vehicular reduce la velocidad de circulación de los taxis y aumenta el tiempo que tarda un taxi en dar una vuelta completa, lo cual incide en un aumento en el consumo de diesel y el desgaste del vehículo, aumentando el costo variable de operación.

En términos que el problema de congestión se concentra principalmente en periodos de punta, el costo de circular en punta (P) será mayor al costo de circular en valle (V), es decir, $C_V^p < C_V^v$. Por otro lado, si aumenta la frecuencia del transporte colectivo en horas de punta, también la congestión y sus costos asociados, por lo que el costo de circulación en hora de punta también debería aumentar a mayor frecuencia de servicio, y puede expresarse como:

$$C^p = C^v (V^p/V^v) \quad \text{con} \quad C_V^p > 0, C_V^v > 0 \quad \text{y} \quad C_V^p < C_V^v$$

4.4. Solución bajo competencia entre taxis

Con las nuevas definiciones de costos marginales, podemos reescribir el problema de la línea de taxis bajo competencia y congestión de la siguiente manera:

$$\max_{P, V, K} \Pi = H^p \times (A_0^p)^{-1} - C^p K^p + H^v \times (A_0^v)^{-1} - C^v K^v - K$$

Suponiendo que solo el periodo de punta tiene problema de congestión, las condiciones de primer orden quedan expresadas de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P: \quad & s^p n^p + s^v n^v = -1 \\ H^p: \quad & P_0^p + P_0^v n^v - C^p = 0 \\ H^v: \quad & P_0^p + P_0^v n^v - C^v - C^p n^p = 0 \end{aligned}$$

Las condiciones de primer orden asociadas al precio y a la frecuencia en periodo valle son idénticas al modelo de la sección 4.1. La diferencia con el modelo anterior está en la condición de primer orden de la frecuencia en periodo de punta. Por un lado, sabemos que $C^v > C^p$.

1297

por otro, aparece un nuevo término que hace crecer el costo marginal a medida que aumenta la frecuencia de servicio en punta por su efecto sobre la congestión ($C_{f_i^P}^{P_i} f_i^P$).

Gráfico 9: Equilibrio del Problema de Línea de Taxibus en horario valle sin congestión

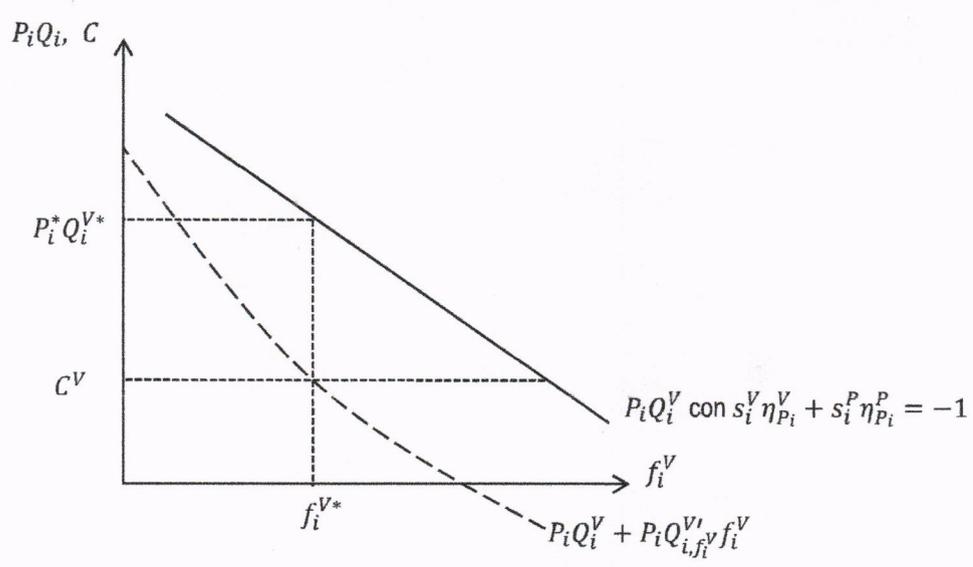
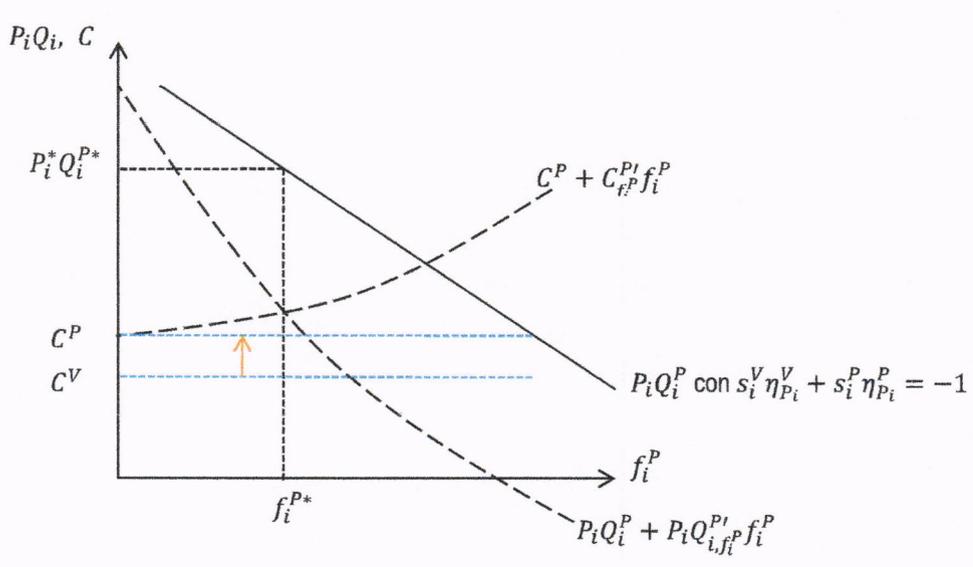


Gráfico 10: Equilibrio del Problema de Línea de Taxibus en punta con congestión



[Handwritten signature]



por el que aparece un nuevo término que hace crecer el costo marginal a medida que van creciendo los costos de servicio en punto por su efecto sobre la congestión ($C^c(r)$)

Gráfico 9: Equilibrio del Problema de Línea de Taxis en horario valle sin congestión

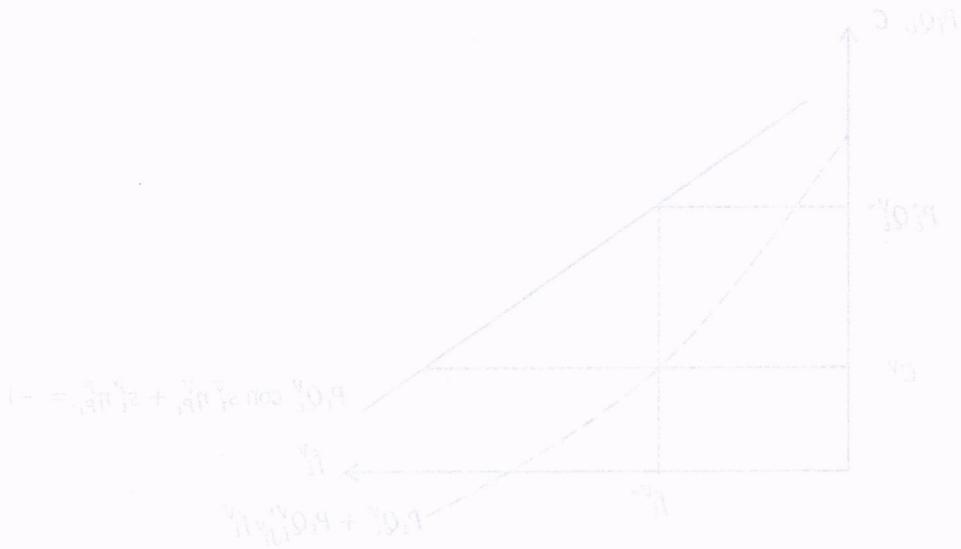
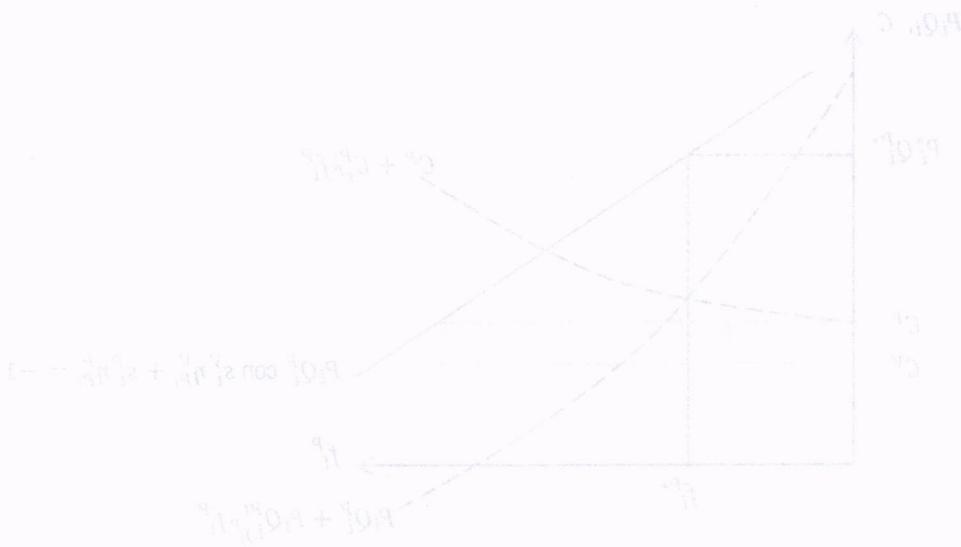


Gráfico 10: Equilibrio del Problema de Línea de Taxis en punto con congestión



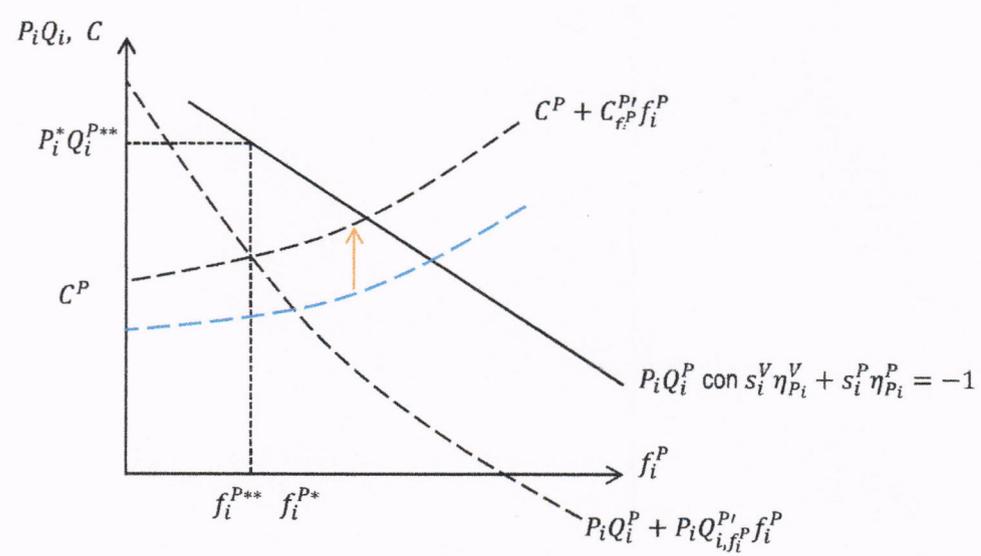
1596



En el Gráfico No. 9 se presenta el equilibrio para la frecuencia en periodo valle y en el Gráfico No. 10 se presenta el equilibrio para la frecuencia en periodo de punta. La congestión en periodo de punta eleva su costo marginal, redujendo la frecuencia de servicio respecto a una situación sin congestión.

En el Gráfico No. 11 se presenta el efecto que tendría un aumento de la congestión vehicular en el equilibrio de frecuencias en hora de punta. La mayor congestión aumenta aún más el costo marginal de circulación y eso reduce aún más la frecuencia en punta.

Gráfico 11: Efecto de un incremento en la congestión sobre el Problema de la Línea de Taxibus en horario punta



Si la congestión y el costo marginal de circulación siguen aumentando en punta, teóricamente se podría observar una frecuencia en punta menor a la frecuencia en periodo valle, como la observada en Temuco.

4.5.2 Solución bajo colusión

También podemos reescribir el problema de la línea de taxibus bajo congestión y colusión con la otra línea de taxibus, de la siguiente manera:

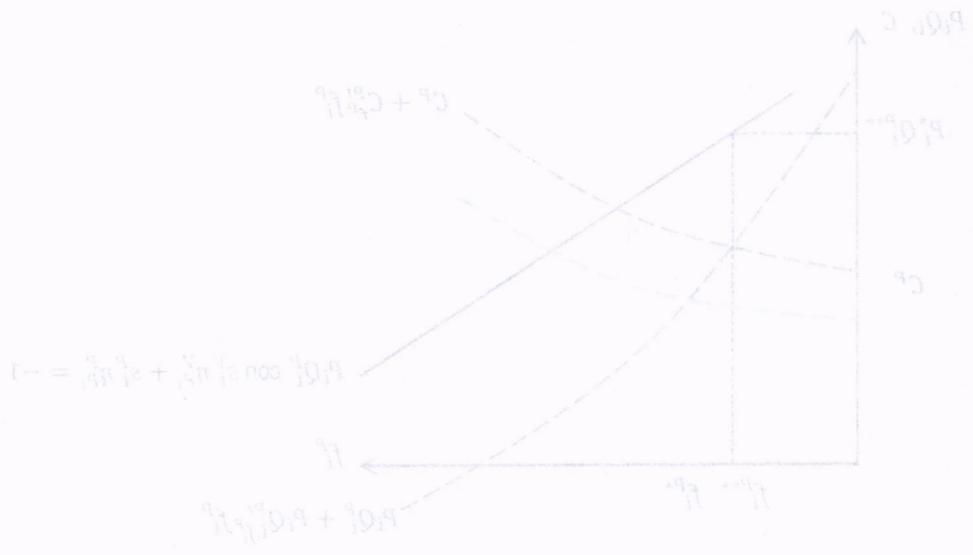
$$\max_{P_i, f_i^V, f_i^P, P_{-i}, f_{-i}^V, f_{-i}^P} \Pi = H^V \times [P_i Q_i^V f_i^V + P_{-i} Q_{-i}^V f_{-i}^V - C^V f_i^V - C^V f_{-i}^V] + H^P \times [P_i Q_i^P f_i^P + P_{-i} Q_{-i}^P f_{-i}^P - C^P f_i^P - C^P f_{-i}^P] - 2K$$



En el gráfico No. 9 se presenta el equilibrio para la frecuencia en periodo valle y en el gráfico No. 10 se presenta el equilibrio para la frecuencia en periodo de punta. La congestión en periodo de punta eleva su costo marginal, reduciendo la frecuencia de servicio respecto a una situación sin congestión.

En el gráfico No. 11 se presenta el efecto que tendrá un aumento de la congestión vehicular en el equilibrio de frecuencias en hora de punta. La mayor congestión aumenta aún más el costo marginal de circulación y eso reduce aún más la frecuencia en punta.

Gráfico 11: Efecto de un incremento en la congestión sobre el Problema de la Línea de Taxis en horario punta



Si la congestión y el costo marginal de circulación siguen aumentando en punta, técnicamente se podría observar una frecuencia en punta menor a la frecuencia en periodo valle, como la observada en Temuco.

4.5. Solución bajo congestión

También podemos resolver el problema de la línea de taxis bajo congestión y colisión con la siguiente línea de taxis, de la siguiente manera:

$$\max_{F^*} \Pi = H^* \times [P_1^* F^* + P_2^* Q_2^* F^* - C^* F^* - C^* F^*] + H^* \times [P_1^* F^* + P_2^* Q_2^* F^* - C^* F^* - C^* F^*] - 2K$$

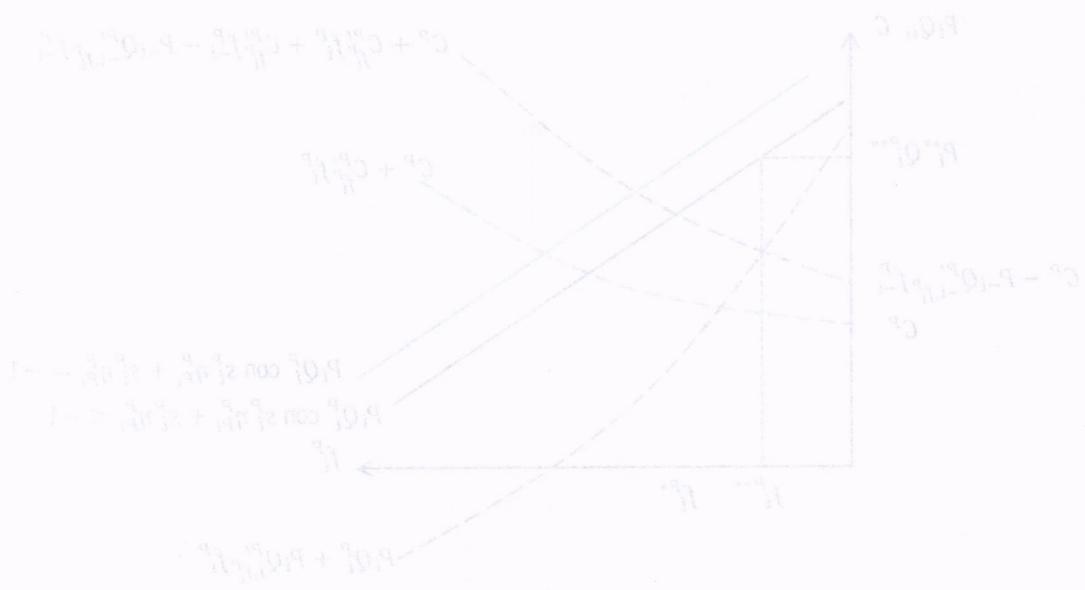
En el supuesto de colisión, este modelo genera condiciones de primer orden similares a las de la sección anterior.

$$\begin{aligned}
 P_1^* &: P_1^* Q_1^* + P_1^* Q_2^* - C_1 - C_2 = 0 \\
 P_2^* &: P_2^* Q_1^* + P_2^* Q_2^* - C_1 - C_2 = 0 \\
 P_3^* &: P_3^* Q_1^* + P_3^* Q_2^* - C_1 - C_2 = 0
 \end{aligned}$$

La diferencia con las condiciones de primer orden o CPO del supuesto de congestión es que en las condiciones de primer orden la elasticidad debe ser menor a -1, en las condiciones de congestión en hora valle (ahora se internaliza el efecto de la frecuencia en los ingresos de la otra línea de taxis) y en las condiciones de la frecuencia en hora de punta. Respecto a esta última, ahora hay dos costos marginales que son internalizados al internalizar pérdidas de la congestión el efecto de la frecuencia de la línea en aumentar la congestión y los costos de circulación de la otra línea ($C_2^p Q_2^p$) y el efecto que tiene la frecuencia de la línea en los ingresos de la otra ($P_2^p Q_2^p$).

El efecto de la colisión en la frecuencia de hora valle sin congestión es similar al observado en el Gráfico No. 6 anterior. El efecto de la colisión en la frecuencia de hora punta con congestión se presenta en el Gráfico No. 12.

Gráfico 12: Equilibrio en periodo de punta con congestión vehicular y colisión



1798



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

Como se puede apreciar, el internalizar un nuevo costo marginal (el del efecto de la frecuencia en la congestión y costos de la otra línea), disminuye aún más la frecuencia de equilibrio colusivo, si se compara este resultado con la frecuencia de colusión sin congestión (Gráfico No. 5) y la frecuencia de competencia con congestión (Gráfico No. 9).

4.6 Resumen de predicciones de los modelos, calibración y contraste con el mercado de taxibuses de Temuco y de Valdivia

4.6.1 Resumen de las predicciones de los modelos

El modelo sin congestión analizado en la sección 4.4 tiene las siguientes predicciones:

1. En presencia de colusión, se debería observar un incremento en el valor de los pasajes y una reducción en la frecuencia de recorrido, tanto en hora de punta como en horario fuera de punta, respecto a una situación competitiva.
2. La frecuencia en punta debería ser generalmente mayor a la frecuencia fuera de punta, debido a su mayor demanda de viajes, tanto en situación de competencia como colusión.
3. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en la demanda de viajes, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían aumentar, tanto en competencia como en colusión.
4. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en los costos marginales de circulación, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían disminuir, tanto en competencia como en colusión.

El modelo con congestión propuesto en la sección 4.5 tiene las siguientes predicciones:

1. La existencia de congestión disminuye la frecuencia de equilibrio respecto a una situación sin congestión, tanto en situación de competencia como en colusión.
2. Un incremento de la congestión aumenta el costo marginal de circulación y disminuye aún más la frecuencia de equilibrio, tanto en situación de competencia como en colusión.
3. En presencia de colusión y congestión, se debería observar un incremento en el valor de los pasajes y una reducción en la frecuencia de recorrido, tanto en punta como fuera de punta, respecto a una situación competitiva con congestión.
4. Un aumento sostenido de la congestión en horario de punta puede disminuir su frecuencia hasta hacerla menor a la frecuencia en periodo fuera de punta.
5. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en la demanda de viajes, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían aumentar, tanto en competencia como en colusión.
6. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en los costos marginales de circulación, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían disminuir, tanto en competencia como en colusión.



Como se puede apreciar, el intentar fijar un nuevo costo marginal (el del efecto de la congestión en la congestión y costos de la otra línea), disminuye aún más la frecuencia de equilibrio relativo, y se comparan este resultado con la frecuencia de congestión sin congestión (Gráfico No. 5) y la frecuencia de congestión con congestión (Gráfico No. 6).

4.0. Examen de predicciones de los modelos, calibración y contrastes con el mercado de autobuses de Temuco y de Valdivia

4.0.1. Resumen de las predicciones de los modelos

El modelo sin congestión analizado en la sección 3.4 tiene las siguientes predicciones:

1. En presencia de congestión, se debería observar un incremento en el valor de los pasajes y una reducción en la frecuencia de recorrido, tanto en hora de punta como en hora fuera de punta, respecto a una situación competitiva.
2. La frecuencia en punta debería ser generalmente mayor a la frecuencia fuera de punta, debido a su mayor demanda de viajes, tanto en situación de congestión como en congestión.
3. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en la demanda de viajes, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían aumentar, tanto en congestión como en congestión.
4. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en los costos marginales de circulación, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían disminuir, tanto en congestión como en congestión.

El modelo con congestión propuesto en la sección 3.5 tiene las siguientes predicciones:

1. La existencia de congestión disminuye la frecuencia de equilibrio respecto a una situación sin congestión, tanto en situación de congestión como en congestión.
2. El incremento de la congestión aumenta el costo marginal de circulación y disminuye aún más la frecuencia de equilibrio, tanto en situación de congestión como en congestión.
3. En presencia de congestión y congestión, se debería observar un incremento en el valor de los pasajes y una reducción en la frecuencia de recorrido, tanto en hora de punta como fuera de punta, respecto a una situación competitiva con congestión.
4. Un aumento sostenido de la congestión en hora de punta puede disminuir su frecuencia hasta hacerla menor a la frecuencia en período fuera de punta.
5. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en la demanda de viajes, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían aumentar, tanto en congestión como en congestión.
6. En caso de aumentos exógenos y sostenidos en los costos marginales de circulación, las frecuencias en punta y fuera de punta deberían disminuir, tanto en congestión como en congestión.

1799



En Temuco se observa un aumento en la demanda de viajes en taxibus y en la congestión vehicular al mismo. En los Cuadros No. 3 y 4 se observa que no solamente los viajes en taxibus han aumentado en Temuco, sino también y en mayor medida los viajes en los demás medios de transporte, en especial los viajes en auto privado, que ocupan mayor espacio en vía para trasladar una menor cantidad de personas y empeoran la congestión vehicular.

4.6.2 Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Temuco

En esta sección realizaremos predicciones cuantitativas para la frecuencia de punta de la mañana, utilizando los modelos teóricos y la información del mercado de taxibuses en Temuco.

En primer lugar, se realizará una calibración de los modelos para el año 1996, a fin de determinar el costo marginal de equilibrio en una situación base con competencia, en línea a lo recomendado por Nevo (2001). Luego se utilizará los resultados de esta calibración y los modelos para predecir empíricamente el nivel de frecuencias en periodo punta de la mañana de los años 2008, 2012 y 2015, para cuatro supuestos de comportamiento distintos: competencia sin congestión, colusión sin congestión, competencia con congestión y colusión con congestión.

En el Cuadro No. 19 se presenta algunas variables relevantes del mercado de taxibuses de Temuco en el periodo punta de la mañana, algunos de los cuales serán utilizados en la calibración y posterior proyección. En la calibración y predicción se asume que las líneas de taxibuses son similares entre sí y se comportan como el promedio de mercado.²⁰

Cuadro 19: Variables del mercado de Taxibuses de Temuco en punta de la mañana

| Año | Valor pasaje adulto | Viajes promedio por línea | Frecuencia media por línea | Pasajeros promedio por bus |
|------|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1996 | 140 | 1842.6 | 53.6 | 34.4 |
| 2008 | 380 | 1586.9 | 48.7 | 32.6 |
| 2012 | 450 | 2926.0 | 46.5 | 62.9 |
| 2015 | 450 | 3457.4 | 48.0 | 72.0 |

Fuente: Elaboración propia en base a CITRA (1998), Suroeste Consultores (2008), Trasa(2014) y Territorio Mayor (2016)

El valor de pasaje adulto corresponde al mínimo observado en cada periodo, y se asocia generalmente a la variante troncal de cada línea. Los viajes y frecuencias promedio se calculan en base a la información del Cuadro No. 2, considerando las 10 líneas que existen en el mercado

²⁰ Este supuesto también implica que los equilibrios de los modelos serán simétricos para todas las líneas.



En Temuco se observa un aumento en la demanda de viajes en autobuses y en la congestión vehicular al respecto. En los Cuadros No. 3 y 4 se observa que no solamente los viajes en autobuses han aumentado en Temuco, sino también y en mayor medida los viajes en los demás medios de transporte, en especial los viajes en auto privado que ocupan mayor espacio en vía para transportar una menor cantidad de personas y empujaron la congestión vehicular.

4.1.3. Variables y predicciones empíricas de los modelos para Temuco

En esta sección se describen las predicciones empíricas para la frecuencia de viajes en los diferentes modos de transporte y la información del mercado de autobuses en Temuco.

En primer lugar se realizó una calibración de los modelos para el año 1996 y un de desarrollo del costo marginal de equilibrio en una situación base con comportamientos en línea y se recomendaron por 20% (2001). Luego se analizaron los resultados de esta calibración y los modelos para predecir empíricamente el nivel de frecuencias en periodo punta de la mañana de los años 2000, 2012 y 2015, para cuatro supuestos de comportamiento distintos: comportamiento sin congestión, congestión sin congestión, congestión con congestión y congestión con congestión.

En el Cuadro No. 19 se presentan algunas variables relevantes del mercado de autobuses de Temuco en el periodo punta de la mañana, algunos de los cuales serán utilizados en la calibración y posterior predicción. En la calibración y predicción se asume que las líneas de autobuses son similares entre sí y se comportan como el promedio de mercado.²⁰

Cuadro 19: Variables del mercado de autobuses de Temuco en punta de la mañana

| Año | Valor pasaje adulto | Viajes promedio por línea | Frecuencia media por línea | Pasajeros promedio por bus |
|------|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1996 | 140 | 1842.6 | 53.6 | 34.4 |
| 2008 | 380 | 1286.9 | 48.7 | 32.6 |
| 2012 | 450 | 2026.0 | 46.2 | 62.9 |
| 2015 | 450 | 2027.4 | 48.0 | 72.0 |

Fuente: Elaboración propia en base a CTRM (1996), Encuesta Consultiva (2008), (1996-2014) y (Temuco 1996 y 2008).

El valor de pasaje adulto corresponde al mínimo observado en cada periodo y se asume que corresponde a la variante básica de cada línea. Las líneas y frecuencias promedio se calculan en base a la información del Cuadro No. 2, considerando las 11 líneas que existen en el mercado.

²⁰ Este supuesto también implica que los resultados de los modelos serán similares para todas las líneas.

1600



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

de taxibuses. Los pasajeros promedio por taxibus corresponde el promedio de pasajeros que es transportado por cada taxibus en punta de la mañana.

Para realizar la calibración y proyección de las frecuencias, se utilizaron las condiciones de primer orden de la frecuencia de punta de la mañana asociadas a los cuatro supuestos de comportamiento, considerando la existencia de 10 líneas de taxibuses, los cuales se muestran a continuación:

Competencia sin congestión:

$$P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C = 0$$

Colusión sin congestión:

$$P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C + \sum_{h \neq i} P_h Q_{h,f_i^P}^{P'} f_h^P = 0$$

Competencia con congestión:

$$P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C^P - C_{f_i^P}^{P'} f_i^P = 0$$

Colusión con congestión:

$$P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C^P - C_{f_i^P}^{P'} f_i^P - C_{f_i^P}^{P'} f_{-i}^P + \sum_{h \neq i} P_h Q_{h,f_i^P}^{P'} f_h^P = 0$$

Como se puede apreciar, en cada una de estas ecuaciones aparecen el precio P_i y el promedio de pasajeros por taxibus Q_i^P . Con respecto al precio, en la simulaciones se utilizó directamente el precio observado en cada año del Cuadro No. 16. Con respecto al promedio de pasajeros, para cada año se utilizaron los viajes promedio por línea del Cuadro No. 16 y se dividió por la frecuencia observada o simulada por los modelos.

La calibración consiste en estimar algunos parámetros importantes del modelo utilizando una situación base en la que se sabe que existe competencia entre las líneas y los problemas de congestión no son relevantes. Para ello, se utiliza como situación base la observada en el año 1996, que cumple con ambos requisitos.

Utilizando este año base y la condición de primer orden asociada a competencia sin congestión, se puede estimar un parámetro importante del modelo: el costo marginal de circulación (C). Para ello basta con despejar en la ecuación el costo marginal de la siguiente manera:

$$C = P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P$$



de taxis. Los pasajes promedio por taxis corresponden al promedio de pasajes que es transportado por cada taxi en punto de la mañana.

Para realizar la calibración y proyección de las frecuencias de las condiciones de primer orden de la frecuencia de punto de las mañanas asociadas a los cuatro supuestos de comportamiento, considerando la existencia de 10 líneas de taxis, los cuales se muestran a continuación:

Comportamiento sin congestión:

$$P_i Q_i + P_i Q_i^* F_i - C = 0$$

Comportamiento con congestión:

$$P_i Q_i + P_i Q_i^* F_i - C + \sum_{j=1}^n P_j Q_j^* F_j = 0$$

Comportamiento con congestión:

$$P_i Q_i + P_i Q_i^* F_i - C_j - C_j^* F_j = 0$$

Comportamiento con congestión:

$$P_i Q_i + P_i Q_i^* F_i - C_j - C_j^* F_j + \sum_{k=1}^n P_k Q_k^* F_k = 0$$

Como se puede apreciar, en cada una de estas ecuaciones aparecen el precio P_i y el promedio de pasajes por taxis Q_i . Con respecto al precio, en la simulación se utilizó directamente el precio observado en cada año del Cuadro No. 16. Con respecto al promedio de pasajes, para cada año se utilizaron los viajes promedio por hora del Cuadro No. 16 y se dividió por la frecuencia observada o simulada por los modelos.

La calibración consiste en estimar algunos parámetros importantes del modelo utilizando una situación base en la que se sabe que existe compatibilidad entre las líneas y los problemas de congestión no son relevantes. Para ello, se utilizó como situación base la observada en el año 1990, que cumple con ambos requisitos.

Utilizando este año base y la condición de primer orden asociada a comportamiento sin congestión, se puede estimar un parámetro importante del modelo: el costo marginal de circulación (C_j). Para ello basta con despejar en la ecuación el costo marginal de la siguiente manera:

$$C = P_i Q_i + P_i Q_i^* F_i$$

1601



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

Los valores de P_i , Q_i^P y f_i^P corresponden a los observados en el año 1996 en horario de punta de la mañana.

El valor de $Q_{i,f_i^P}^{P'}$ se estimó de la siguiente manera. Suponemos, en primer lugar, que existe un equilibrio simétrico en el cual cada línea de taxibus atiende al mismo número de pasajeros en punta de la mañana (V_i^P). Suponemos también que si una línea de taxibus aumenta su frecuencia en una unidad, los pasajeros que atiende esa línea se distribuirán entre todos los taxibuses de la misma. En ese caso, el efecto de aumentar la frecuencia en una unidad adicional sobre el promedio de pasajeros se puede estimar como:

$$\Delta Q_i^P = V_i^P \left[\frac{1}{f_i^P + 1} - \frac{1}{f_i^P} \right] < 0$$

Este valor sin embargo, no recoge todo el efecto de aumentar la frecuencia de la línea, ya que en el modelo teórico hemos supuesto que cuando las líneas aumentan su frecuencia, son capaces de competir más con otras líneas y recoger algunos de los usuarios que se iban en ellas.

Para simplificar los cálculos y sensibilizar el modelo, vamos a suponer que los viajes que en conjunto pierden las líneas competidoras es proporcional a la cantidad de pasajeros que la línea pierde al aumentar su frecuencia, es decir,

$$\sum_{h \neq i} Q_{h,f_i^P}^{P'} = x \Delta Q_i^P$$

Al aumentar la frecuencia en una unidad, el número de viajes que la línea logra captar de las competidoras debe ser igual al número de viajes que éstas pierden en conjunto. Así, el efecto final de que la línea incremente su frecuencia en una unidad puede ser estimado como:

$$Q_{i,f_i^P}^{P'} \approx \Delta Q_i^P \times (1 - x)$$

En las simulaciones utilizamos tres valores distintos de x : 5%, 10% y 20%, para sensibilizar los resultados, los cuáles demuestran ser suficientes para efectos de este análisis.

Con estas definiciones se estima el costo marginal de circulación para el año 1996. Para los años 2008, 2012 y 2015 se actualiza el costo marginal estimado en base al aumento en el precio del



Los valores de V_{Lij}^p y V_{Lij}^p corresponden a los observados en el año 1996 en formato de pesos de la línea i .

El valor de V_{Lij}^p se estima de la siguiente manera. Supongamos, en primer lugar, que existe un equilibrio simétrico en el cual cada línea de tarifas sufre el mismo número de pasajeros en punto de la mañana (N^p). Supongamos también que si una línea de tarifas sufre un incremento en sus tarifas, los pasajeros que sufre ese incremento se distribuirán entre todas las líneas de la misma. En ese caso, el efecto de aumentar la frecuencia en una unidad adicional sobre el promedio de pasajeros se puede estimar como:

$$\Delta V_i^p = V_i^p \left[\frac{1}{N^p + 1} - \frac{1}{N^p} \right] < 0$$

Este valor sin embargo, no recoge todo el efecto de aumentar la frecuencia de la línea, ya que en el modelo teórico hemos supuesto que cuando las líneas aumentan su frecuencia, son capaces de competir más con otras líneas y recoger algunos de los usuarios que se iban en ellas.

Para simplificar los cálculos y simplificar el modelo, vamos a suponer que los viajes que en conjunto pierden las líneas competidoras es proporcional a la cantidad de pasajeros que la línea pierde al aumentar su frecuencia, es decir:

$$\sum_{i \neq j} \Delta V_{Lij}^p = x \Delta V_i^p$$

Al aumentar la frecuencia en una unidad, el número de viajes que la línea logra captar de los competidores debe ser igual al número de viajes que ésta pierde en conjunto. Así, el efecto final de que la línea incrementa su frecuencia en una unidad puede ser estimado como:

$$\Delta V_{Lij}^p = \Delta V_i^p \times (1 - x)$$

En las simulaciones utilizamos tres valores distintos de x : 50%, 10% y 30%, para sensibilizar los resultados, los cuales demuestran ser suficientes para efectos de este análisis.

Con estas definiciones se estima el costo marginal de circulación para el año 1996. Para los años 2008, 2012 y 2015 se actualiza el costo marginal estimado en base al aumento en el precio del

1602



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

pasaje en Temuco, a fin de recoger el incremento exógeno en los costos de circulación, debido al aumento de los costos de los insumos para operar.²¹

En el Cuadro No. 20 se presenta la estimación para el año 1996 de los costos marginales de circulación y su posterior proyección para los años 2008, 2012 y 2015.

Cuadro 20: Estimación de los costos marginales de circulación sin congestión, para cada año y valores de x% de viajes captados a otras líneas al incrementar la frecuencia

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|--------|--------|--------|
| 1996 | 324.4 | 560.6 | 1033.1 |
| 2008 | 880.5 | 1521.6 | 2804.0 |
| 2012 | 1042.6 | 1802.0 | 3320.6 |
| 2015 | 1042.6 | 1802.0 | 3320.6 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Con esta información, se puede estimar el valor de las condiciones de primer orden de los modelos de competencia y colusión sin congestión, utilizando las frecuencias observadas en cada año, lo cual nos indica cuán alejado está el modelo para predecir las frecuencias observadas: mientras más cercano a cero, mejor es el modelo para predecir las frecuencias observadas.²²

En los Cuadros No. 21 y 22 se presentan los resultados de la estimación del valor de las CPO de frecuencia en punta, cuando se utiliza las frecuencias observadas y se supone competencia sin congestión y colusión sin congestión.

En el año 1996 ambos modelos muestran un CPO de valor igual a 0 por construcción (ya que el costo marginal de circulación base se estimó de esta ecuación). En los años 2008, se muestra que el modelo de competencia sin congestión presenta un mejor ajuste a los frecuencias observadas que el modelo de colusión sin congestión. El valor negativo en las CPO indica que la frecuencia que hace las CPO igual a cero son menores a las observadas.

En los años 2012 y 2015, tanto el modelo de competencia sin congestión como el de colusión sin congestión presentan valores elevados para la CPO. En el caso del modelo de competencia sin congestión, los valores positivos de la CPO indican que la frecuencia que hace las CPO igual a cero es mayor a la observada en esos años. En cambio, en el modelo de colusión sin congestión, los valores negativos de la CPO indican que la frecuencia que hace las CPO igual a cero son menores a las observadas.

²¹ Si en lugar del precio del pasaje en Temuco se utiliza el de Chillán, los resultados no difieren mucho en términos cualitativos.

²² Las condiciones de primer orden para el caso de colusión sin congestión vehicular se estiman asumiendo que todas las líneas son iguales y presentan la misma frecuencia y pasajeros promedio por línea.



pasaje en Temuco, a fin de recoger el incremento exigido en los costos de circulación, debido al aumento de los costos de los insumos para operar.

En el Cuadro No. 20 se presenta la estimación para el año 1996 de los costos marginales de circulación y su posterior proyección para los años 2008, 2012 y 2015.

Cuadro 20: Estimación de los costos marginales de circulación sin congestión, para cada año y valores de χ^2 de viajes capturados a otras líneas al incrementar la frecuencia

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|--------|--------|--------|
| 1996 | 324.4 | 260.6 | 1033.1 |
| 2008 | 880.2 | 1221.6 | 2804.0 |
| 2012 | 1042.6 | 1802.0 | 3320.6 |
| 2015 | 1042.6 | 1802.0 | 3320.6 |

Fuente: Resultado de las estimaciones

Con esta información, se puede evaluar el valor de las condiciones de primer orden de los modelos de congestión y colisión sin congestión, midiendo las frecuencias observadas en cada año, lo cual nos indica cuán alejado está el modelo para predecir las frecuencias observadas. Cuanto más cercano a cero, mejor es el modelo para predecir las frecuencias observadas.

En los Cuadros No. 21 y 22 se presentan los resultados de la estimación del valor de las CPO de frecuencia en punta, cuando se utiliza las frecuencias observadas y se supone congestión sin congestión y colisión sin congestión.

En el año 1996 ambos modelos muestran un CPO de valor igual a 0 por construcción (ya que el costo marginal de circulación base se estimó de esta ecuación). En los años 2008, se observa que el modelo de congestión sin congestión presenta un mejor ajuste a las frecuencias observadas que el modelo de colisión sin congestión. El valor negativo en las CPO indica que la frecuencia que hace las CPO igual a cero son menores a las observadas.

En los años 2012 y 2015, tanto el modelo de congestión sin congestión como el de colisión sin congestión presentan valores claves para la CPO. En el caso del modelo de congestión sin congestión, los valores positivos de la CPO indican que la frecuencia que hace las CPO igual a cero es mayor a la observada en esos años. En cambio, en el modelo de colisión sin congestión, los valores negativos de la CPO indican que la frecuencia que hace las CPO igual a cero son menores a las observadas.

El ajuste del precio del pasaje en Temuco se utilizó el de Chillán, los resultados no deben incluirse en temuco. Las condiciones de primer orden para el caso de colisión sin congestión vehicular se estiman restando que todas las líneas son iguales y presentan la misma tecnología y pasajeros promedio por línea.

1603

**Cuadro 21: Valor de la CPO de frecuencia en punta utilizando frecuencias observadas.
Comportamiento modelado: competencia sin congestión vehicular**

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------------|-----------|------------|------------|
| 1996 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2008 | -24.6 | -59.2 | -128.3 |
| 2012 | 939.5 | 1566.2 | 2819.6 |
| 2015 | 1206.4 | 2034.7 | 3691.2 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

**Cuadro 22: Valor de la CPO de frecuencia en punta utilizando frecuencias observadas.
Comportamiento modelado: colusión sin congestión vehicular**

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------------|-----------|------------|------------|
| 1996 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2008 | -631.3 | -1272.5 | -2554.9 |
| 2012 | -446.5 | -1205.8 | -2724.4 |
| 2015 | -381.1 | -1140.5 | -2659.1 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

En los Cuadros No. 23 y 24 se presentan las frecuencias estimadas por los modelos de competencia y colusión sin congestión vehicular que hacen las respectivas CPO en cada año igual a cero. Como era de esperarse, en el año 2008, el modelo de competencia sin congestión se acerca mucho a las frecuencias observadas, a diferencia del modelo de colusión.

En los años 2012 y 2015, se aprecia que el modelo de competencia sin congestión proyecta un nivel de frecuencia mucho mayor al observado. Las mayores frecuencias estimadas bajo este supuesto de comportamiento implican que el efecto del incremento en el número de viajes observado fue mayor al efecto del incremento en precios y costos marginales de esos años.

En cambio, en el modelo de colusión sin congestión vehicular se observan siempre frecuencias menores a las observadas en los años 2012 y 2015, aunque crecientes debido al efecto neto que tiene el incremento en el número de viajes sobre las frecuencias.



Cuadro 21: Valor de la CPO de frecuencia en puntos utilizando frecuencias observadas.
 Comportamiento modelado: congestión sin congestión vehicular

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|--------|--------|--------|
| 1998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2008 | -24.6 | -29.2 | -128.3 |
| 2012 | 99.2 | 106.2 | 2819.6 |
| 2015 | 1206.4 | 2034.7 | 3891.2 |

Fuente: Resultados de las simulaciones

Cuadro 22: Valor de la CPO de frecuencia en puntos utilizando frecuencias observadas.
 Comportamiento modelado: colisión sin congestión vehicular

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|--------|---------|---------|
| 1998 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2008 | -631.3 | -1222.2 | -2284.9 |
| 2012 | -446.2 | -1202.8 | -2224.4 |
| 2015 | -381.1 | -1140.2 | -2629.1 |

Fuente: Resultados de las simulaciones

En los Cuadros No. 23 y 24 se presentan las frecuencias estimadas por los modelos de congestión y colisión sin congestión vehicular que hacen las respectivas CPO en cada año igual a cero. Como se puede observar, en el año 2008, el modelo de congestión sin congestión se acerca mucho a las frecuencias observadas, a diferencia del modelo de colisión

En los años 2012 y 2015, se aprecia que el modelo de congestión sin congestión proyecta un nivel de frecuencia mucho mayor al observado. Las mayores frecuencias estimadas por este supuesto de comportamiento indican que el efecto del incremento en el número de viajes observado fue mayor al efecto del incremento en precios y costos marginales de esos años.

En cambio, en el modelo de colisión sin congestión vehicular se observan siempre frecuencias menores a las observadas en los años 2012 y 2015, aunque crecientes debido al efecto año que indica el incremento en el número de viajes sobre las frecuencias

1604



Cuadro 23: Frecuencias estimadas por modelo de competencia sin congestión

| Año | 5% | 10% | 20% | Observada |
|------|------|------|------|-----------|
| 1996 | 53.6 | 53.6 | 53.6 | 53.6 |
| 2008 | 47.6 | 47.1 | 46.6 | 48.7 |
| 2012 | 78.3 | 81.1 | 83.1 | 46.5 |
| 2015 | 90.2 | 94.5 | 97.5 | 48.0 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Cuadro 24: Frecuencias estimadas por modelo de colusión sin congestión

| Año | 5% | 10% | 20% | Observada |
|------|------|------|------|-----------|
| 1996 | 53.6 | 53.6 | 53.6 | 53.6 |
| 2008 | 25.7 | 19.4 | 14.2 | 48.7 |
| 2012 | 35.0 | 26.5 | 19.4 | 46.5 |
| 2015 | 38.1 | 28.9 | 21.2 | 48.0 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Para estimar el efecto de la congestión en las frecuencias se utiliza una estrategia distinta. En primer lugar, modificamos un poco las condiciones de primer orden de la siguiente manera:

Competencia y congestión: $P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P - C \times (1 + y^P) = 0$

Competencia y colusión: $P_i Q_i^P + P_i Q_{i,f_i^P}^{P'} f_i^P + \sum_{h \neq i} P_h Q_{h,f_i^P}^{P'} f_h^P - C \times (1 + z^P) = 0$

Es decir, en la CPO del modelo con competencia y congestión, cambiamos $C^P + C_{f_i^P}^{P'} f_i^P$ por el término $C \times (1 + y^P)$, y en la CPO del modelo con colusión y congestión, cambiamos $C^P + C_{f_i^P}^{P'} f_i^P + C_{f_i^P}^{P'} f_{-i}^P$ por el término $C \times (1 + z^P)$, a fin de facilitar el análisis.

Los valores de y^P y z^P nos permitirá determinar en qué porcentaje el costo marginal de circulación sin congestión (estimado en el Cuadro No. 20) debe incrementarse de tal manera que la condición de primer orden anterior sea igual a cero a fin de obtener el mismo nivel de frecuencia observado, tanto bajo situación de competencia como colusión, respectivamente.

Hay que notar que y^P no solamente recoge el incremento de C^P sobre C , sino también captura adicionalmente el incremento debido a $C_{f_i^P}^{P'} f_i^P$. Asimismo, z^P recoge el incremento de C^P sobre C y adicionalmente el incremento debido a $C_{f_i^P}^{P'} f_i^P + C_{f_i^P}^{P'} f_{-i}^P$.

Cuadro 23: Frecuencias estimadas por modelo de congestión sin congestión

| Año | 2% | 10% | 20% | Observada |
|------|------|------|------|-----------|
| 1996 | 23.6 | 23.6 | 23.6 | 23.6 |
| 2008 | 47.6 | 47.1 | 46.6 | 48.7 |
| 2012 | 78.3 | 81.1 | 83.1 | 46.5 |
| 2015 | 90.5 | 94.5 | 97.5 | 48.0 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Cuadro 24: Frecuencias estimadas por modelo de colisión sin congestión

| Año | 2% | 10% | 20% | Observada |
|------|------|------|------|-----------|
| 1996 | 23.6 | 23.6 | 23.6 | 23.6 |
| 2008 | 25.7 | 19.4 | 14.2 | 48.7 |
| 2012 | 32.0 | 26.2 | 19.4 | 46.5 |
| 2015 | 38.1 | 28.9 | 21.2 | 48.0 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Para estimar el efecto de la congestión en las frecuencias se utiliza una estrategia distinta. En primer lugar, modificamos un poco las condiciones de primer orden de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{Congestión y congestión: } & P_i Q_i + P_i Q_{i+1}^p - C \times (1 + \gamma^p) = 0 \\
 \text{Congestión y colisión: } & P_i Q_i + P_i Q_{i+1}^p + \sum_{n=1}^i P_n Q_{n+1}^p - C \times (1 + \gamma^p) = 0
 \end{aligned}$$

Es decir, en la CPO del modelo con congestión y congestión, cambiamos $C^p + C_{i+1}^p$ por el término $C \times (1 + \gamma^p)$ y en la CPO del modelo con colisión y congestión, cambiamos $C^p + C_{i+1}^p + C_{i+2}^p + \dots + C_{n+1}^p$ por el término $C \times (1 + \gamma^p)$, a fin de facilitar el análisis.

Los valores de γ^p y γ^c nos permitirán determinar en qué porcentaje el costo marginal de congestión sin congestión (estimado en el Cuadro No. 20) debe incrementarse de tal manera que la condición de primer orden sea igual a cero a fin de obtener el mismo nivel de frecuencia observada, tanto bajo situación de congestión como colisión, respectivamente.

Hay que notar que γ^p no solamente recoge el incremento de C^p sobre C , sino también captura el incremento de C_{i+1}^p . Asimismo, γ^c recoge el incremento de C^p sobre

$$C \text{ y abstrae el incremento debido a } C_{i+1}^p + C_{i+2}^p + \dots + C_{n+1}^p$$

3

Iber



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

En el Cuadro No. 25 se presenta los valores de y^P que permiten replicar las frecuencias promedio observadas en el mercado de taxibuses de Temuco.

El modelo de competencia con congestión vehicular permite replicar las frecuencias promedio observadas en los años 2012 y 2015 con incrementos en el costo marginal de circulación, producto de la congestión, que son positivos y razonables, debido a incrementos en tiempos de viaje, mayor consumo de combustible y desgaste. Los porcentajes negativos para el año 2008 ocurren debido a que la frecuencia observada es ligeramente mayor a la predicha por el modelo de competencia sin congestión (Cuadro No. 23).

Cuadro 25: Valores de y^P en el modelo de competencia con congestión vehicular, que hacen la CPO igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|------|------|------|
| 2008 | -3% | -4% | -5% |
| 2012 | 90% | 87% | 85% |
| 2015 | 116% | 113% | 111% |

Fuente: Resultado de las simulaciones

En el Cuadro No. 26 se presentan los valores de z^P que permiten replicar las frecuencias promedio observadas en el mercado de taxibuses de Temuco.

Cuadro 26: Valores de z^P en el modelo de colusión con congestión vehicular, que hacen la CPO igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | 5% | 10% | 20% |
|------|------|------|------|
| 2008 | -72% | -84% | -91% |
| 2012 | -43% | -67% | -82% |
| 2015 | -37% | -63% | -80% |

Fuente: Resultado de las simulaciones

El modelo de colusión y congestión vehicular predice valores negativos de z^P en todos los años. En consecuencia, para poder replicar las frecuencias observadas, el modelo de colusión y congestión requiere que los costos marginales de circulación no aumenten sino que más bien **disminuyan** en un porcentaje importante debido a la mayor congestión. Este resultado era esperable, ya que en el Cuadro No. 24 se observó que, aún sin congestión, el modelo de colusión predice frecuencias menores a las observadas en equilibrio y, al añadir congestión, se espera que dichas frecuencias sean aún menores.

En base a este ejercicio de calibración cuantitativa, se puede establecer lo siguiente:



En el Cuadro No. 25 se presentan los valores de γ^b que permiten replicar las frecuencias promedio observadas en el mercado de taxis de Temuco.

El modelo de congestión con congestión vehicular permite replicar las frecuencias promedio observadas en los años 2007 y 2012 con incrementos en el costo marginal de circulación, que son positivos y razonables, debido a incrementos en tiempo de viaje, mayor consumo de combustible y desgaste. Los porcentajes negativos para el año 2008 ocurren debido a que la frecuencia observada es ligeramente mayor a la predicha por el modelo de congestión sin congestión (Cuadro No. 23).

Cuadro 25: Valores de γ^b en el modelo de congestión con congestión vehicular, que hacen la CPO igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | 2% | 10% | 20% |
|------|------|------|------|
| 2008 | -3% | -4% | -5% |
| 2012 | 90% | 87% | 82% |
| 2015 | 116% | 113% | 111% |

Fuente: Resultado de las simulaciones

En el Cuadro No. 26 se presentan los valores de γ^c que permiten replicar las frecuencias promedio observadas en el mercado de taxis de Temuco.

Cuadro 26: Valores de γ^c en el modelo de congestión con congestión vehicular, que hacen la CPO igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | 2% | 10% | 20% |
|------|------|------|------|
| 2008 | -75% | -84% | -91% |
| 2012 | -43% | -67% | -82% |
| 2015 | -37% | -63% | -80% |

Fuente: Resultado de las simulaciones

El modelo de congestión y congestión vehicular predice valores negativos de γ^c en todos los años. En consecuencia, para poder replicar las frecuencias observadas, el modelo de congestión y congestión vehicular que los costos marginales de circulación no aumentan sino que más bien disminuyen en un porcentaje importante debido a la mayor congestión. Este resultado es esperable ya que en el Cuadro No. 24 se observa que, sin un congestión, el modelo de congestión predice frecuencias menores a las observadas en equilibrio y, al añadir congestión, se espera que dichas frecuencias sean aún menores.

En base a este ejercicio de calibración conmutativa, se puede establecer lo siguiente:

1604



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

1. Al año 2008, el comportamiento de las frecuencias en punta de la mañana pueden ser razonablemente explicadas por un comportamiento competitivo en un ambiente sin demasiada congestión.
2. En los años 2012 y 2015 los modelos sin congestión no permiten identificar correctamente el comportamiento de las frecuencias observadas. El modelo de competencia predice un número mayor de frecuencias que las observadas y el modelo de colusión predice un número menor al observado.
3. En los años 2012 y 2015 el modelo de competencia con congestión permite replicar las frecuencias observadas con incrementos razonables en el costo marginal de circulación, debido a la congestión. El modelo de colusión con congestión requiere reducciones en el costo marginal de circulación a mayor congestión, para poder replicar las frecuencias observadas, lo cual es absurdo.

4.6.3 Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Valdivia

Para establecer un punto de comparación sobre la validez de los modelos utilizados para realizar proyecciones de comportamiento de las frecuencias en el mercado de taxibuses de Temuco, en esta sección realizaremos un ejercicio similar, utilizando la información del mercado de taxibuses de Valdivia, que experimentó una colusión explícita entre las líneas para subir precios.

La información utilizada del mercado de taxibuses de Valdivia corresponde a la disponible en FNE (2013), para los años 2008 (antes de la colusión) y 2012 (durante la colusión), que se replica en el siguiente cuadro.

Cuadro 27: Variables promedio del mercado de Taxibuses de Valdivia, todo el día

| Año | Valor pasaje adulto | Viajes por línea y hora | Frecuencia por línea | Pasajeros por taxibus |
|------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| 2008 | 350 | 552.4 | 11.5 | 48.0 |
| 2012 | 400 | 510.3 | 8.7 | 58.7 |

Fuente: FNE (2013)

El costo marginal de circulación para el año 2008 fue calibrado siguiendo la misma metodología de la sección anterior, y para el año 2012 se proyectó un incremento del costo marginal, basado en el incremento del costo de operación promedio de las líneas de taxibuses en Valdivia, de acuerdo a FNE (2013).²³ Para el caso de Valdivia, resulta suficiente utilizar un valor de $x = 5\%$ para replicar los resultados observados.

²³ De acuerdo a FNE (2013), el costo de operación del taxibus se incrementó en 12.77% entre los años 2008 y 2012 para Valdivia.

[Handwritten signature]



1. Al año 2008, el comportamiento de las frecuencias en parte de la mañana pueden ser razonablemente explicadas por un comportamiento congestivo en un ambiente sin densidad congestiva.
2. En los años 2012 y 2013 los modelos sin congestión no permiten identificar correctamente el comportamiento de las frecuencias observadas. El modelo de congestión produce un número mayor de frecuencias que las observadas y el modelo de congestión produce un número menor al observado.
3. En los años 2012 y 2013 el modelo de congestión con congestión permite replicar las frecuencias observadas con incrementos razonables en el costo marginal de congestión, debido a la congestión. El modelo de congestión con congestión requiere reducciones en el costo marginal de congestión a mayor congestión para poder replicar las frecuencias observadas, lo cual es absurdo.

4.6.3. Calibración y predicciones empíricas de los modelos para Valdivia

Para establecer un punto de comparación sobre la validez de los modelos analizados para realizar proyecciones de comportamiento de las frecuencias en el mercado de autobuses de Temuco en esta sección realizamos un ejercicio similar, utilizando la información del mercado de autobuses de Valdivia, que experimentó una congestión explícita entre las líneas para su día preciso.

La información utilizada del mercado de autobuses de Valdivia corresponde a la disponible en ENH (2013)²⁵ para los años 2008 (antes de la congestión) y 2012 (durante la congestión), que se replican en el siguiente cuadro.

Cuadro 37: Variables promedio del mercado de autobuses de Valdivia, todo el día

| Año | Valor pasaje adulto | Viajes por línea y hora | Frecuencia por línea | Pasajeros por autobús |
|------|------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2008 | 350 | 252.4 | 11.5 | 48.0 |
| 2012 | 400 | 210.3 | 8.7 | 28.7 |

Fuente: ENH (2013)

El costo marginal de congestión para el año 2008 fue calibrado siguiendo la misma metodología de la sección anterior y para el año 2012 se proyectó un incremento del costo marginal, basado en el incremento del costo de operación promedio de las líneas de autobuses en Valdivia, de acuerdo a ENH (2013)²⁶. Para el caso de Valdivia, resulta suficiente utilizar un valor de $\alpha = 0.7$ para replicar los resultados observados.

²⁵ De acuerdo a ENH (2013), el costo de operación del taxi se incrementó en 13.77% entre los años 2008 y 2012 para Valdivia.

1607



En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las simulaciones con los modelos sin congestión, luego de calibrar el modelo para el año 2008.^{24, 25}

Cuadro 28: Frecuencias estimadas por modelos sin congestión

| Año | Competencia | Colusión | Observada |
|------|-------------|----------|-----------|
| 2008 | 11.50 | 11.50 | 11.5 |
| 2012 | 11.02 | 8.76 | 8.7 |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Como se puede apreciar, el modelo que supone colusión sin congestión vehicular permite replicar casi perfectamente la frecuencia media observada en el año 2012.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las simulaciones de los modelos con congestión.

Cuadro 29: Valores de y (competencia) y z (colusión) en los modelos con congestión vehicular, que hacen la CPO igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | Competencia | Colusión |
|------|-------------|----------|
| 2012 | 45% | 1% |

Fuente: Resultado de las simulaciones

Como se puede apreciar, el modelo que supone colusión con congestión vehicular requiere solamente un 1% de aumento en el costo de circulación para poder replicar en forma exacta las frecuencias observadas. Esto corrobora la hipótesis de colusión con baja o nula congestión, que fue el supuesto de comportamiento que tuvo sustento empírico en FNE (2013).

Los resultados obtenidos para Valdivia, mercado en el cual existió colusión entre taxibuses entre 2008 y 2013, y para el cual las proyecciones de los modelos corroboran dicho comportamiento, nos permite tener mayor seguridad respecto a la validez y confiabilidad de las simulaciones realizadas para proyectar el comportamiento de la frecuencia en el mercado de taxibuses de Temuco. En consecuencia, podemos afirmar, con mayor seguridad, que la hipótesis de colusión para el mercado de taxibuses de Temuco carecería de sustento teórico y empírico.

²⁴ Si en lugar del valor nominal del pasaje adulto se utiliza el ingreso medio real por taxibus, también utilizado en FNE (2013) en sus simulaciones, los resultados del cuadro no cambian.

²⁵ Si en lugar de la información del Cuadro No. 27, utilizamos la información del Cuadro No. 1 de este informe, para la punta de la mañana en Valdivia, el modelo de colusión sin congestión también ajusta mejor las frecuencias observadas. Si se reduce el valor de x a 3.5%, el ajuste del modelo de colusión es casi perfecto.



En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las simulaciones con los modelos sin congestión, luego de calibrar el modelo para el año 2008.^{24, 25}

Cuadro 28: Frecuencias estimadas por modelos sin congestión

| Año | Competencia | Colisión | Observada |
|------|-------------|----------|-----------|
| 2008 | 11.50 | 11.50 | 11.5 |
| 2013 | 11.03 | 8.76 | 8.7 |

Fuente: Resultados de las simulaciones

Como se puede apreciar, el modelo que supone congestión sin congestión vehicular parece replicar casi perfectamente la frecuencia media observada en el año 2013.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las simulaciones de los modelos con congestión.

Cuadro 29: Valores de γ (competencia) y λ (colisión) en los modelos con congestión vehicular que hacen la CPO: igual a cero para los valores de frecuencia observados

| Año | Competencia | Colisión |
|------|-------------|----------|
| 2013 | 453% | 1% |

Fuente: Resultados de las simulaciones

Como se puede apreciar, el modelo que supone congestión con congestión vehicular replica solamente un 1% de aumento en el costo de circulación para poder replicar en forma exacta las frecuencias observadas. Esto corrobora la hipótesis de colisión con bajo o nula congestión, que fue el supuesto de comportamiento que tuvo sustento empírico en FINE (2013).

Los resultados obtenidos para Valdivia, respecto en el cual existió colisión entre tráficos entre 2008 y 2013, y para el cual las proyecciones de los modelos corroboran dicho comportamiento, nos permite tener mayor seguridad respecto a la validez y confiabilidad de las simulaciones realizadas para proyectar el comportamiento de la frecuencia en el mercado de tráficos de Tráfico. En consecuencia, podemos afirmar con mayor seguridad, que la hipótesis de colisión con el mercado de tráficos de Tráfico corrobora el supuesto técnico y empírico.

24. En el lugar del valor mínimo del índice de congestión se utilizó el índice medio real por tráficos, también utilizado en FINE (2013) en sus simulaciones, los resultados del cuadro no cambiaron.

25. En el lugar de la información del Cuadro No. 27, utilizamos la información del Cuadro No. 7 en este informe, así como la información de Valdivia, el modelo de colisión sin congestión también resulta mejor que las frecuencias observadas. Si se reduce el índice de congestión a 0, el ajuste del modelo de colisión es casi perfecto.

1608



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

5. Resumen y Conclusiones

En este informe se analiza el efecto de los protocolos suscritos por las líneas de taxibuses de Temuco para estabilizar su flota entre los años 2003 y 2017. Según la FNE, los protocolos tuvieron el efecto de restringir la oferta de buses, lo cual trajo como consecuencia la limitación de su frecuencia, generando mayores tiempos de espera y afectando la competencia en precios entre las líneas.

El efecto señalado por la FNE de la limitación de la flota sobre las variables de competencia en el mercado de taxibuses (frecuencia y precios) no se encontraría comprobado. En efecto, de acuerdo a FNE (2013), para lograr aumentar sus beneficios producto de un acuerdo, las líneas no solamente deben aumentar el valor del pasaje sino también reducir sus frecuencias de servicio. Sin embargo, limitar el aumento de la flota no limita per se el aumento de las frecuencias de las líneas, si la flota no está siendo utilizada a su máxima capacidad.

En el informe se demuestra la existencia de holguras significativas entre la flota operativa de las líneas y el número de máquinas necesarias para cubrir su frecuencia de servicio y tiempos de recorrido, tanto antes como después de la suscripción de los protocolos. En ningún año analizado la flota disponible para operar fue una limitante para atender las frecuencias de servicio de las líneas de taxibus. En este sentido, las líneas siempre tuvieron holguras suficientes para aumentar su frecuencia de servicio en caso de ser necesario, por lo que el tamaño de la flota no fue una limitante para aumentar su servicio.

En vista de que el límite de la flota no fue una limitante para aumentar la frecuencia de servicio, cabe preguntar por qué no hubo un aumento de la misma. La hipótesis que implícitamente sostiene la FNE es que los protocolos permitieron a las líneas coordinarse de tal manera que sus frecuencias y precios se comportaron en forma similar a los de un equilibrio colusivo.

En el informe se muestra, por un lado, que los aumentos en el precio del pasaje adulto de taxibuses en Temuco son similares a los observados en la comuna de Chillán, donde los precios se ajustan mediante un polinomio que refleja la evolución de los costos de operar y renovar una flota de taxibuses. Es decir, los aumentos de precio del pasaje en Temuco pueden justificarse por aumentos sostenidos en el costo de los insumos necesarios para prestar el servicio de transporte.

Por otro lado, en el informe se realiza un análisis teórico y empírico que permite explicar el comportamiento de las frecuencias como un fenómeno asociado a la existencia de competencia bajo congestión vehicular, y rechazar la hipótesis de colusión.

5. Resumen y Conclusiones

En este informe se analiza el efecto de los protocolos suscritos por las líneas de autobuses de Toluca para establecer su efecto en la frecuencia y precios de los autobuses. Los protocolos suscritos en los años 2007 y 2017. Según la FNE, los protocolos suscritos en los años 2007 y 2017, como consecuencia de la limitación de la oferta de buses, lo cual trae como consecuencia la limitación de las frecuencias, generando mayores tiempos de espera y afectando la competencia en precios entre las líneas.

El efecto señalado por la FNE de la limitación de la flota sobre las variables de interés para el mercado de autobuses (frecuencia y precios) no se encuentran comprobados. En efecto, de acuerdo a FNE (2017), para lograr aumentar sus beneficios producto de un menor número de buses, no solamente deben aumentar el valor del pasaje sino también reducir sus frecuencias de servicio. Sin embargo, limitar el aumento de la flota no limita por sí el aumento de las frecuencias de las líneas, si la flota no está siendo utilizada a su máxima capacidad.

En el informe se demuestra la existencia de relaciones significativas entre la flota operante en las líneas y el número de máquinas necesarias para cubrir su frecuencia de servicio y tiempos de recorrido, tanto antes como después de la suscripción de los protocolos. En ningún momento la flota disponible para operar fue una limitante para reducir las frecuencias de servicio de las líneas de autobuses. En este sentido, las líneas siempre tuvieron buses suficientes para aumentar su frecuencia de servicio en caso de ser necesario, por lo que el cambio de la flota no fue una limitante para aumentar su servicio.

En vista de que el límite de la flota no fue una limitante para aumentar la frecuencia de servicio, cabe preguntarse por qué no hubo un aumento de la misma. La hipótesis que inicialmente se suscribió es que los protocolos permitieron a las líneas coordinarse de tal manera que sus frecuencias y precios se componían en forma similar a los de un equilibrio colusivo.

En el informe se muestra, por un lado, que los aumentos en el precio del pasaje relativo de las líneas en Toluca son similares a los observados en la comuna de Chillán, donde los precios se ajustan mediante un polinomio que refleja la evolución de los costos de operación y cambios en la flota de autobuses. Es decir, los aumentos de precio en Toluca pueden justificarse por aumentos sostenidos en el costo de los insumos necesarios para el servicio de transporte.

Por otro lado, en el informe se realiza un análisis teórico y empírico que permite explicar el comportamiento de las frecuencias como un fenómeno asociado a la existencia de competencia tipo congestión vehicular, y rechaza la hipótesis de colusión.

1609



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

La existencia de un problema de congestión vehicular cada vez mayor en la ciudad de Temuco, queda demostrado en los diversos estudios de tránsito realizados por SECTRA y por la Municipalidad de Temuco. La misma Secretaría Regional del Ministerio de Transportes en la Araucanía, estableció límites para la circulación de taxibuses en Temuco a partir del año 2013. El objetivo declarado de esta medida era disminuir la congestión en el centro de Temuco restringiendo el número de taxibuses en circulación y aumentando su tasa de ocupación.

En los mismos estudios de tránsito se demuestra que, producto del aumento en la congestión, los tiempos de espera de los usuarios también aumentan, tanto para taxibuses como taxicolectivos. Es decir, el incremento de la congestión vehicular también explicarían los incrementos en los tiempos de espera de los usuarios, señalados por la FNE en su requerimiento.

En el Capítulo 4 se realiza un desarrollo teórico formal de cuatro distintos tipos posibles de comportamiento en el mercado de taxibuses en Temuco: competencia sin congestión vehicular, colusión sin congestión vehicular, competencia bajo congestión y colusión bajo congestión. En el mismo capítulo se realizó un ejercicio de calibración y predicción de frecuencias bajo los distintos tipos de comportamiento, cuyos resultados se resumen en lo siguiente:

1. Al año 2008, el comportamiento de las frecuencias son explicadas por un comportamiento competitivo en un ambiente de congestión no muy elevada.
2. En los años 2012 y 2015 los modelos sin congestión no permiten identificar correctamente el comportamiento de las frecuencias observadas.
3. En los años 2012 y 2015 el modelo de competencia con congestión permite replicar las frecuencias observadas con incrementos razonables en el costo marginal de circulación debido a la congestión. El modelo de colusión con congestión requiere reducciones absurdas en el costo marginal de circulación para replicar las frecuencias observadas.

Este mismo ejercicio de calibración y predicción se realizó para el caso de colusión de taxibuses de Valdivia, encontrándose que la hipótesis de colusión bajo poca congestión tiene un fuerte respaldo en las simulaciones. Estos resultados nos permite tener mayor seguridad respecto a la validez y confiabilidad de las simulaciones realizadas para proyectar el comportamiento de la frecuencia en el mercado de taxibuses de Temuco. En consecuencia, podemos afirmar como una conclusión importante de este informe que la hipótesis de colusión para el mercado de taxibuses de Temuco no tiene sustento teórico y empírico.

En consecuencia, los protocolos suscritos por las líneas de taxibuses de Temuco para estabilizar su flota entre los años 2003 y 2017 no tuvieron los efectos en producción señalados por la FNE en su requerimiento.



La existencia de un problema de congestión vehicular cada vez mayor en la ciudad de Toluca, queda demostrado en los diversos estudios de tránsito realizados por SECTRA y por la Municipalidad de Toluca. La misma Secretaría Regional del Ministerio de Transportes en la actualidad, establece límites para la circulación de autobuses en Toluca a partir del año 2017. El objetivo de este estudio es disminuir la congestión en el centro de Toluca, mejorando el número de autobuses en circulación y aumentando su tasa de ocupación.

En los mismos estudios de tránsito se demuestra que producto del aumento en la congestión los tiempos de espera de los usuarios también aumentan, tanto para autobuses como para peatones. Es decir, el incremento de la congestión vehicular también repercute en los tiempos de espera de los usuarios, señalados por la FNE en su reportamiento.

En el Capítulo 4 se realizó un desarrollo teórico formal de cómo distintos tipos posibles de comportamiento en el mercado de autobuses en Toluca, impactan en la congestión vehicular, la colisión bajo congestión y colisión bajo congestión. En el mismo capítulo se realizó un ejercicio de calibración y validación de facturas para los distintos tipos de comportamiento, cuyos resultados se resumen en lo siguiente:

1. Al año 2008, el comportamiento de las frecuencias son esperadas por un comportamiento comparativo en un ambiente de congestión no muy elevada.
2. En los años 2012 y 2015 los modelos sin congestión no permiten identificar correctamente el comportamiento de las frecuencias observadas.
3. En los años 2012 y 2015 el modelo de congestión con congestión permite replicar las frecuencias observadas con incrementos taxonómicos en el costo marginal de circulación, debido a la congestión. El modelo de colisión con congestión requiere reducciones de las en el costo marginal de circulación para replicar las frecuencias observadas.

Este mismo ejercicio de calibración y validación se realizó para el caso de colisión de autobuses de Toluca, encontrándose que la hipótesis de colisión bajo congestión tiene un mejor ajuste en las simulaciones. Estos resultados nos permiten tener mayor seguridad respecto al análisis y confiabilidad de las simulaciones realizadas para proyectar el comportamiento de la frecuencia en el mercado de autobuses de Toluca. En consecuencia, podemos afirmar como una conclusión importante de este informe que la hipótesis de colisión para el mercado de autobuses de Toluca no tiene sustento teórico y empírico.

Por lo tanto, los protocolos sugeridos por las líneas de autobuses de Toluca para establecer un límite entre los años 2008 y 2017 no tuvieron los efectos en producción señalados por la FNE en su reportamiento.

16/10



JLLR Consultores

Economía, Ingeniería y Negocios

6. Bibliografía

1. AG Ingeniería (1999), "Diagnóstico del Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Chillán", informe realizado para SECTRA.
2. BCN (2018), "Externalidad en el transporte", Minuta de asesoría técnica parlamentaria. Biblioteca del Congreso Nacional, Chile.
3. Buccrossi, Paolo (2008), "Handbook of Antitrust Economics", MIT Press.
4. CITRA (1998), "Diagnóstico del sistema de transporte urbano de la ciudad de Temuco, II. etapa", informe realizado para SECTRA.
5. Davis, P. y E. Garces (2009), "Quantitative Techniques for Competition and Antitrust Analysis", Princeton University Press.
6. Dictuc (2012), "Mediciones de demanda de pasajeros en servicios de buses urbanos de Valdivia, buses urbanos y rurales de Río Bueno y La Unión", realizado por Dictuc S.A. para la Intendencia de la Región de Los Ríos. Informe Final.
7. DTPR (2014), "Plan de Transporte Público Regional: Región del Bío Bío", informe elaborado por la División de Transporte Público Regional del MTT.
8. Estache, A. y A. Gómez Lobo (2004), "The Limits to Competition in Urban Bus Services in Developing Countries", World Bank, Policy Research Working Paper No. WPS 3207.
9. Farrell, J. y C. Shapiro (2010), "Antitrust Evaluation of Horizontal Mergers: An Economic Alternative to Market Definition". The B.E. Journal of Theoretical Economics, Vol. 10, No. 1, Policies and Perspectives, Article No. 9.
10. Fernandez, J., J. de Cea, L. de Grange (2005), "Production costs, congestion, scope and scale economies in urban bus transportation corridor", Transportation Research Part A, Vol. 39, pp. 383 – 403.
11. FNE (2013), "Análisis de los Incentivos a la Colusión para las Líneas de Taxibuses Urbanos en la Ciudad de Valdivia", presentado al TDLC en el caso C 244-12 a fojas 734.
12. Jara-Díaz, S. y A. Gschwender (2003), "Towards a general microeconomic model for the operation of public transport", Transport Reviews, Vol, 23, No. 4, pp. 453 – 469.
13. Gomez Lobo, A. (2007), "Why competition does not work in urban bus markets: some new wheels for some old ideas", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 41, pp. 283 – 308.
14. Gagnepain, P., Ivaldi, M. y C. Vibes (2010), "The industrial organization of competition in local bus services", Handbook of Transport Economics, Edward Elgar Pub, capítulo 32, pp. 744 – 762.
15. Nevo, A. (2001), "Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal Industry", Econometría, Vol. 69, No. 2, pp. 307 – 342.
16. Oldfield, R. y H. Bly (1988), "An analytic investigation of optimal bus size", Transportation Research Part B, Vol. 22B, No. 5, pp. 319 – 337.

gr

6. Bibliografía

1. López (1999), "Diagnóstico del sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Valencia", informe realizado para SECTRA.
2. Pardo (2018), "Estructurabilidad en el transporte", Minuta de sesión técnica parlamentaria, realizada en el Congreso Nacional, Cúcuta.
3. Pardo (2008), "Handbook of Avian Economics", MIT Press.
4. CITA (1998), "Diagnóstico del sistema de transporte urbano de la ciudad de Valencia", informe realizado para SECTRA.
5. Pardo, P. y E. García (2002), "Quantitative Techniques for Competition and Analysis Analysis", Pearson University Press.
6. Dattar (2017), "Mediciones de la demanda de pasajeros en servicios de buses urbanos de Valencia, buses urbanos y rurales de Río Negro y La Unión", realizado por Dattar, L. para la Intendencia de la Región de Los Ríos, Informe Final.
7. DTPR (2014), "Plan de Transporte Público Regional Región del Río Negro", informe elaborado por la División de Transporte Público Regional del MIT.
8. García, A. y A. Gómez Lobo (2004), "The Limits to Competition in Urban Bus Services in Developing Countries", World Bank, Policy Research Working Paper No. WPS 320A.
9. Pardo, J. y C. Shapiro (2010), "Annual Evaluation of Horizontal Market An Economic Alternative to Market Definition", The B.E. Journal of Theoretical Economics, Vol. 10, No. 1, Policies and Perspectives, Article No. 9.
10. Frandee, J., J. de Gera, L. de Gera (2005), "Production costs, congestion, scope and scale economies in urban bus transportation corridor", Transportation Research Part A, Vol. 39, pp. 383 - 403.
11. ENE (2013), "Análisis de los incentivos a la Colisión para las Líneas de Tránsito Urbano en la Ciudad de Valencia", presentado al TDL, en el caso C-244-13 y otros 734.
12. Jara-Díaz, S. y A. Gschwendter (2003), "Towards a general microeconomic model for the operation of public transport", Transport Reviews, Vol. 23, No. 4, pp. 453 - 469.
13. Gómez Lobo, A. (2007), "Why competition does not work in urban bus markets: some new wheels for some old ideas", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 41, pp. 387 - 408.
14. Gárgueta, P., Vialdi, M. y C. Vides (2010), "The industrial organization of competition in local bus markets", Handbook of Transport Economics, Edward Elgar Pub, capítulo 32, pp. 744 - 762.
15. Nava, A. (2001), "Measuring Market Power in the Ready-to-Eat Cereal Industry", *Economía*, Vol. 89, No. 2, pp. 307 - 343.
16. Giffels, R. y H. Bly (1988), "An analytic investigation of optimal bus size", Transportation Research Part B, Vol. 22B, No. 5, pp. 319 - 337.

16M*



JLLR Consultores
Economía, Ingeniería y Negocios

17. Paredes, R. (2016), "Regulación del Transporte Colectivo En El Gran Santiago", disponible: https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20160303/asocfile/20160303184227/rev46_paredes.pdf
18. PUC (2002), "Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Etapa - Temuco", informe realizado para SECTRA
19. PUC (2003), "Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Etapa - Chillán", informe realizado para SECTRA
20. Sectra (2009), "Medición de Demanda de Pasajeros en Servicios de Buses y Taxibuses en la comuna de Valdivia", estudio realizado por SECTRA. Informe Final.
21. Silva, H. (2010), "Análisis microeconómico de políticas para combatir la congestión vial", tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Transporte, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
22. Suroeste Consultores (2008), "Mediciones de demanda de pasajeros en servicios de buses y taxibuses en las comunas de Los Ángeles y Temuco.", informe realizado para SECTRA.
23. Testing (2012), "Actualización Plan de Transporte de Chillán y Desarrollo de Anteproyecto", informe realizado para SECTRA.
24. Territorio Mayor (2016), "Estudio Actualización Diagnóstico Territorial para la modificación al Plan Regulador Temuco. Capítulo 9: Actualización estudio de capacidad vial", estudio elaborado por la Universidad Mayor para la Municipalidad de Temuco.
25. Tirachini, A. y D. Hensher (2011), "Bus congestion, optimal infrastructure investment and the choice of a fare collection system in dedicated bus corridors", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 45, pp. 828 – 844.
26. Tirachini, A., D. Hensher y J. Rose (2014), "Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding", Transportation Research Part B, Vol. 61, pp. 33 – 54.
27. Trasa (2014), "Actualización Plan de Transporte Temuco y desarrollo de anteproyecto, I Etapa", informe realizado para SECTRA.
28. Van Reeve, P. y M. Janseen (2006), "Stable Service Patterns in Scheduled Transport Competition", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 40, pp. 135 – 160.
29. Vergara, D. (2017), "Análisis económico del uso de tecnologías de información para mejorar la eficiencia en el servicio de taxicolectivos: caso aplicado a la ciudad de Temuco", Memoria para optar al título de Ingeniero Comercial, Departamento de Ingeniería Comercial, Universidad Técnica Federico Santa María.
30. Wang, J. y H. Yang (2005), "A game-theoretic analysis of competition in a deregulated bus market", Transportation Research, Vol. 41, pp. 329 – 355.
31. Whinston (2008). "Lectures on Antitrust Economics". MIT Press.



17. Huelbes R. (2016), "Regulación del Transporte Colectivo En El Gran Santiago", disponible en <http://www.cepa.cl/wp-content/uploads/2016/03/20160303/20160303184221/cepa-huelbes.pdf>

18. PDC (2002), "Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Época - Temuco", informe realizado para SECTRA

19. PDC (2002), "Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Época - Chillán", informe realizado para SECTRA

20. Sotoca (2009), "Medición de Demanda de Pasajeros en Servicios de Buses y Taxis en la comuna de Valdivia", estudio realizado por SECTRA. Informe final

21. Sotoca H. (2010), "Análisis microeconómico de políticas para combatir la congestión vial", tesis para optar al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

22. Sotoca H. (2008), "Mediciones de demanda de pasajeros en servicios de taxis y taxisubase en las comunas de Los Ángeles y Temuco", informe realizado para SECTRA.

23. Temuco (2012), "Actualización Plan de Transporte de Chillán y Desarrollo de Anteproyectos", informe realizado para SECTRA.

24. Temuco Mayor (2016), "Estado Actualización Diagnóstico Temuco", para la modificación al Plan Regulador Temuco. Capítulo 9: Actualización estado de congestión vial, estudio elaborado por la Universidad Mayor para la Municipalidad de Temuco.

25. Trachini, A. y D. Hensher (2011), "Bus congestion, optimal infrastructure investment and the choice of a fare collection system in dedicated bus corridors", *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 45, pp. 838 - 844.

26. Trachini, A., D. Hensher y J. Rose (2014), "Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between route congestion and bus crowding", *Transportation Research Part B*, Vol. 61, pp. 33 - 54.

27. Tzasa (2014), "Actualización Plan de Transporte Temuco y desarrollo de anteproyectos. I Época", informe realizado para SECTRA.

28. Van Beeven, B. y M. Jansen (2006), "Stable Service Patterns in Scheduled Transport Competition", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 40, pp. 137 - 160.

29. Vejar, D. (2015), "Análisis económico del uso de tecnologías de información para mejorar la eficiencia en el servicio de taxicolectivos: caso aplicado a la ciudad de Temuco", Maestría para optar al título de Ingeniero Comercial, Departamento de Ingeniería Comercial, Universidad Técnica Federico Santa María.

30. Wang L y J. Yang (2002), "A game-theoretic analysis of competition in a deregulated bus market", *Transportation Research*, Vol. 41, pp. 359 - 355.

31. Winston (2007), "Lectures on Antitrust Economics", MIT Press.

1612



Anexo 1: Efecto del aumento de demanda de viajes sobre precios y frecuencias en modelo FNE

Las condiciones de primer orden de los problemas de maximización de las líneas de taxibuses, tanto en competencia como en colusión, definen en forma implícita el valor del pasaje y las frecuencias de equilibrio.

Para ver el efecto que tendría un aumento exógeno en la demanda de viajes, vamos a suponer que el número de pasajeros promedio también depende de un parámetro θ que la hace crecer exógenamente, es decir,

$$Q_i(P_i, P_{-i}, P_j, f_i, f_{-i}, f_j, \theta) \text{ con } Q'_{i,\theta} > 0$$

A efectos de simplificar el análisis matemático y concentrarnos solamente en los efectos de primer orden y signo que tiene el cambio en la demanda de viajes sobre la frecuencia y pasaje de equilibrio, vamos a suponer que las segundas derivadas con respecto a precio y frecuencia son iguales a cero, es decir,

$$Q''_{i,P_i} = Q''_{i,f_i} = Q''_{i,P_i f_i} = 0$$

Finalmente, vamos a suponer que un cambio exógeno de la demanda de viajes solamente desplaza en forma paralela la curva de pasajeros promedio, sin modificar su pendiente con respecto al precio y frecuencia, es decir,

$$Q''_{i,P_i \theta} = Q''_{i,f_i \theta} = 0$$

Bajo estos supuestos y utilizando el teorema de función implícita para sistema de ecuaciones, se puede demostrar que, bajo el supuesto de competencia entre líneas de taxibuses, el efecto de un cambio en θ sobre el precio y la frecuencia de equilibrio, toma la siguiente forma:

$$\frac{dP_i^*}{d\theta} = Q'_{i,\theta} \left[\frac{P_i^*}{\underbrace{Q_i^* + f_i^* Q'_{f_i^*}}_{>0} - \underbrace{3P_i^* Q'_{i,P_i^*}}_{<0}} \right] > 0$$

Anexo I: Efecto del aumento de demandas de viajes sobre precios y frecuencias en modelo FNE

Las condiciones de primer orden de los problemas de maximización de las líneas de autobuses, tanto en competencia como en colusión, definen en forma implícita el valor del precio y las frecuencias de equilibrio.

Bajo el efecto del cambio en la demanda de viajes, tanto en competencia como en colusión, el número de pasajeros promedio también depende del parámetro θ que, a su vez, depende del precio y la frecuencia de equilibrio. Es decir,

$$Q_i^j(p_i, p_{-i}, f_i, f_{-i}, \theta) \text{ con } Q_i^j > 0$$

A efectos de simplificar el análisis matemático y conceptualmente solamente en los casos de primer orden y signo que conc el cambio en la demanda de viajes sobre la frecuencia y precio de equilibrio, vamos a suponer que las segundas derivadas con respecto a precio y frecuencia son iguales a cero, es decir,

$$Q_{i,pp}^j = Q_{i,ff}^j = Q_{i,fp}^j = 0$$

Finalmente, vamos a suponer que un cambio exógeno de la demanda de viajes solamente desplaza en forma paralela la curva de pasajeros promedio, sin modificar su pendiente con respecto al precio y frecuencia, es decir,

$$Q_{i,p\theta}^j = Q_{i,f\theta}^j = 0$$

Bajo estos supuestos y utilizando el teorema de función implícita para sistemas de ecuaciones, se puede demostrar que, bajo el supuesto de competencia entre líneas de autobuses, el efecto de un cambio en θ sobre el precio y la frecuencia de equilibrio, toma la siguiente forma:

$$\frac{dp_i^j}{d\theta} = Q_{i,p}^j \left[\frac{Q_{i,p}^j + \theta Q_{i,pp}^j}{Q_{i,p}^j - \theta Q_{i,pp}^j} \right] > 0$$

1613



$$\frac{df_i^*}{d\theta} = Q_{i,\theta}' \left[\frac{Q_i^* + f_i^* Q_{i,f_i}' - P_i^* Q_{i,P_i}'}{\underbrace{2P_i^* Q_{i,P_i}' Q_{i,f_i}' - Q_{f_i}'}_{>0} \left[\underbrace{Q_i^* + f_i^* Q_{i,f_i}' - P_i^* Q_{i,P_i}'}_{>0} \right]} \right] > 0$$

Para demostrar que $Q_i^* + f_i^* Q_{f_i}' > 0$ basta con notar que corresponde a la curva de ingreso marginal de frecuencias (ver Gráfico No. 4), pero sin multiplicar por $P_i^* > 0$, la cual siempre toma valores positivos en equilibrio. El resto de las desigualdades se obtienen por definición de las derivadas parciales de Q_i^* , señaladas en el Capítulo 4.

En consecuencia, un incremento exógeno en la demanda de viajes que incrementa el promedio de pasajeros por taxibus, también incrementa el precio y la frecuencia de equilibrio en situación de competencia en el modelo de la FNE.

Para analizar el efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes sobre los precios y frecuencias de equilibrio bajo colusión, haremos algunos supuestos adicionales para simplificar los cálculos involucrados. En primer lugar, supondremos que las líneas de taxibuses analizadas son simétricas. Bajo este supuesto, los precios y frecuencias de equilibrio de ambas líneas serán iguales bajo competencia, y bajo colusión, el problema de maximización produce condiciones de primer orden simétricas que pueden expresarse de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} P_i, P_{-i} : \quad & Q_i f_i + 2P_i Q_{i,P_i}' f_i = Q_{-i} f_{-i} + 2P_{-i} Q_{-i,P_{-i}}' f_{-i} = 0 \\ f_i, f_{-i} : \quad & P_i Q_i + 2P_i Q_{i,f_i}' f_i - C = P_{-i} Q_{-i} + 2P_{-i} Q_{-i,f_{-i}}' f_{-i} - C = 0 \end{aligned}$$

El efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes puede, por tanto, analizarse utilizando las ecuaciones de primer orden de la línea i o de la línea competidora (pero no de ambas, ya que el Jacobiano resultante de las 4 ecuaciones no tiene rango completo y por tanto no es invertible). Bajo estos supuestos, el efecto de un cambio en θ sobre el precio y la frecuencia de equilibrio, toma la siguiente forma:

$$\frac{dP_i^{**}}{d\theta} = Q_{i,\theta}' \left[\frac{2P_i^{**}}{Q_i^{**} + 2f_i^{**} Q_{i,f_i}^{**} - 8P_i^{**} Q_{i,P_i}^{**}} \right] = \frac{Q_{i,\theta}'}{Q_i^{**}} \left[\frac{2P_i^{**}}{1 - 2|\eta_{f_i}^{i**}| + 8|\eta_{P_i}^{i**}|} \right]$$

$$\frac{57}{48} = Q_1^* > 0$$

$$\left[\frac{Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^*}{Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^*} \right] > 0$$

Para demostrar que $Q_1^* + P_1^* Q_1^* > 0$ basta con notar que corresponde a la suma de un número positivo y un número positivo (ver Gráfico No. 4), pero sin multiplicar por $P_1^* > 0$, lo cual, con los nuevos valores positivos en equilibrio, el resto de las desigualdades se obtienen por definición de las derivadas parciales de Q_1^* , señaladas en el Capítulo 4.

En consecuencia, un incremento exógeno en la demanda de viajes que incrementa el precio de pasajeros por tazas, también incrementa el precio y la frecuencia de equilibrios en sistemas de competencia en el modelo de la FNE.

Para analizar el efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes sobre los precios y frecuencias de equilibrio bajo colusión, haremos algunos supuestos adicionales para simplificar los cálculos involucrados. En primer lugar, supondremos que las líneas de tazas analizadas son simétricas. Bajo este supuesto, los precios y frecuencias de equilibrio de ambas líneas serán iguales bajo competencia y bajo colusión, el problema de maximización produce condiciones de primer orden simétricas que pueden expresarse de la siguiente forma:

$$P_1 P_1 : Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^* = 0 - P_1^* + 2P_1^* Q_1^* - P_1^* = 0$$

$$P_1 - C : P_1 Q_1 + 2P_1^* Q_1^* - C = P_1 Q_1 + 2P_1^* Q_1^* - P_1^* - C = 0$$

El efecto de un aumento exógeno en la demanda de viajes puede, por tanto, analizarse utilizando las ecuaciones de primer orden de la línea i o de las líneas competidoras (pero no de ambas, ya que el Jacobiano resultante de las 4 ecuaciones no tiene rango completo y por tanto no es invertible). Bajo estos supuestos, el efecto de un cambio en θ sobre el precio y la frecuencia de equilibrio, como la siguiente forma:

$$\frac{dP_1}{d\theta} = Q_1^* \left[\frac{2P_1^*}{Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^*} - \frac{P_1^*}{Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^*} \right] = \frac{2P_1^*}{Q_1^* + 2P_1^* Q_1^* - 8P_1^* Q_1^*} > 0$$

1614



$$\frac{df_i^{**}}{d\theta} = Q'_{i,\theta} \left[\frac{Q_i^{**} + 2f_i^{**} Q'_{i,f_i^{**}} - 2P_i^{**} Q'_{i,P_i^{**}}}{6P_i^{**} Q'_{i,P_i^{**}} Q'_{i,f_i^{**}} - Q'_{i,f_i^{**}} [Q_i^{**} + 2f_i^{**} Q'_{i,f_i^{**}} - 2P_i^{**} Q'_{i,P_i^{**}}]} \right] =$$

$$= \frac{Q'_{i,\theta}}{Q_i^{**}} \left[\frac{f_i^{**} (1 - 2|\eta_{f_i^{**}}^i| + 2|\eta_{P_i^{**}}^i|)}{6|\eta_{P_i^{**}}^i| |\eta_{f_i^{**}}^i| + |\eta_{f_i^{**}}^i| (1 - 2|\eta_{f_i^{**}}^i| + 2|\eta_{P_i^{**}}^i|)} \right]$$

En ambos casos la derivada resultante es positiva si y solo si $2|\eta_{f_i^{**}}^i| < 8|\eta_{P_i^{**}}^i| + 1$, lo cual resulta razonable esperar toda vez que, por las condiciones de primer orden, sabemos que $|\eta_{P_i^{**}}^i| > 1$ y es razonable esperar que la elasticidad de los pasajeros promedio por taxibus con respecto a la frecuencia no sea muy elástica. En efecto, si suponemos, por ejemplo, que cada bus lleva un promedio de 40 pasajeros en equilibrio por hora, y que la frecuencia de equilibrio es de 40 buses/hora, en total una línea llevará mil seiscientos pasajeros en promedio cada hora. Si la línea aumenta la frecuencia a 41 buses/hora, los mil seiscientos pasajeros deberán distribuirse en más taxibuses de la línea, por lo que ahora cada uno llevará 39 pasajeros en promedio aproximadamente. La elasticidad resultante de los pasajeros promedio por taxibus respecto al aumento en la frecuencia es de -1 . Esto sin considerar el posible efecto de la frecuencia en captar pasajeros de otras líneas, lo cual aumentaría el número de pasajeros/bus y reduciría la elasticidad.

En consecuencia, bajo colusión, un aumento exógeno en la demanda de viajes debería ocasionar también un aumento en la tarifa y en la frecuencia de equilibrio.

17



JLLR Consultores
Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo

$$\frac{417}{40} = Q_{10} \left[\frac{Q_{10} + 27 \cdot Q_{10} - 27 \cdot Q_{10}}{67 \cdot Q_{10} \cdot Q_{10} - Q_{10} \cdot Q_{10} - 27 \cdot Q_{10}} \right]$$

$$Q_{10} = \frac{Q_{10} \left(1 - 2 \sqrt{W_{10}} + 2 \sqrt{W_{10}} \right)}{e^{\sqrt{W_{10}}} \left(\sqrt{W_{10}} + \sqrt{W_{10}} \right) \left(1 - 2 \sqrt{W_{10}} + 2 \sqrt{W_{10}} \right)}$$

En ambos casos la derivada resultante es positiva si y solo si $2 \sqrt{W_{10}} > 8 \sqrt{W_{10}} + 1$, lo cual resulta razonable esperar toda vez que por las condiciones de primer orden, sabemos que $\sqrt{W_{10}} > 1$ y es razonable esperar que la elasticidad de los pasajeros promedio por línea sea respecto a la frecuencia no sea muy clásica. En efecto, si suponemos, por ejemplo, que una línea en promedio de 40 pasajeros en equilibrio por hora y que la frecuencia de equilibrio es de 40 buses/hora, en total una línea llevará mil seiscientos pasajeros en promedio cada hora. Si la línea aumenta la frecuencia a 41 buses/hora, los mil seiscientos pasajeros deberán distribuirse en más autobuses de la línea, por lo que ahora cada uno llevará 39 pasajeros en promedio aproximadamente. La elasticidad resultante de los pasajeros promedio por autobuses respecto al aumento en la frecuencia es de -1. Esto sin considerar el posible efecto de la frecuencia en el número de otras líneas, lo cual aumentaría el número de pasajeros/hora y reduciría la elasticidad.

En consecuencia, bajo colusión, un aumento exógeno en la demanda de viajes deberá ocasionar también un aumento en la tarifa y en la frecuencia de equilibrio.