



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS DE TARIFICACIÓN EN RUTAS CONCESIONADAS DEL BIOBÍO

POR

Cecilia Esperanza Amaza Cea

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción
para optar al título profesional de Ingeniera Civil Industrial

Profesores Guía

Dra. Marcela Parada Contzen

Dr. Tomas Echaveguren Navarro

agosto de 2023

Concepción (Chile)

©2023 Cecilia Esperanza Amaza Cea

©2023 Cecilia Esperanza Amaza Cea Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Resumen

En esta Memoria de Título se realiza un estudio de política tarifaria a través del análisis del cálculo de la tarifa para las concesiones viales de la Región del Biobío. Se comienza por una revisión de la literatura sobre política tarifaria, concesiones viales y concesiones en la Región del Biobío.

A partir de lo anterior se proponen nuevas consideraciones para la política tarifaria existente en Chile. Primero se utiliza un modelo base que considera una política tarifaria que incorpore una tarificación por kilómetro, es decir, que el usuario pague por el uso efectivo en base a los kilómetros que recorre de la concesión vial. Segundo, manteniendo la primera propuesta de política tarifaria, se propone un modelo que considere aumentar el estándar de servicio de las rutas concesionadas de la Región del Biobío, utilizando el estándar de la ruta 5 como base. Tercero, se propone un modelo que mantiene la tarificación por kilómetro y que incorpore la desagregación por vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos al modelo.

Para realizar la estimación de la tarifa para cada modelo se generó una base de datos que considera datos de (1) flujo vehicular, (2) costos totales de la concesión y (3) inversiones totales de la concesión. Con los datos de la Región del Biobío se utilizó el modelo de tarificación por kilómetro desarrollado para el estudio de Echaveguren et al. (2020) para calcular la tarifa. Este modelo fue modificado según las necesidades de los otros modelos estudiados para obtener las tarifas correspondientes.

A partir de las tarifas obtenidas se analizan sus implicaciones y la viabilidad que representan para las consideraciones a incorporar en una política tarifaria. En primer lugar, los resultados para el modelo con mejora del estándar indican que al incorporar vías Free Flow en la Ruta Interportuaria la tarifas aumentan entre \$6 y \$10 por kilómetro. En segundo lugar, se obtiene que para un modelo con desagregación según tipo de vehículos la diferencia de tarifa que enfrentan los vehículos tradicionales no es mayor con respecto a los precios del modelo base. De esta forma, esto no representa una carga substancial para los usuarios, mientras que, al mismo tiempo, representa un incentivo importante para los usuarios de vehículos eléctricos e híbridos.

Abstract

In this undergraduate thesis, I study the transportation pricing policy through the analysis of prices for road concessions in the Biobio region in Chile. The analysis starts with a literature review on transportation pricing policy, road concessions, and background information regarding road concessions in the Biobio region.

I propose new considerations for the computation of road prices in Chile. First, a baseline model that considers a pricing mechanism per effective use of the road (i.e., kilometers). Second, I extend the previous model to incorporate improvements in the standard of service of the concessioned routes analyzed, using the main concessioned in Chile, Route 5, as a benchmark. Third, I extend the model to incorporate different classes of vehicles using disaggregation by traditional, electric, and hybrid vehicles. This third model relies on the idea that different vehicles generate different externalities, so the pricing should differ.

I collect data on (1) vehicular flow, (2) total concession costs, and (3) total concession investments. The primary foundational model for the analysis is proposed by Echaveguren et al. (2020). This model was modified according to the objectives of this thesis.

The results of this research have policy implications for the design of transportation pricing policies. First, the results indicate that improvements in the road standard up to the benchmark for the Interportuaria road imply an increased tariff between \$6 to \$11 per kilometer. Second, the results for the model that disaggregates vehicle types indicate that the changes in the charge that traditional vehicles face are small with respect to the baseline pricing level. Thus, it does not represent a substantial burden for these users, while, at the same time, there is a relevant incentive for using electric and hybrid vehicles.

Índice

1. Introducción	9
1.1. Objetivos.....	10
1.1.1. Objetivo general	10
1.1.2. Objetivos específicos	10
1.2. Alcance y limitaciones.....	10
1.3. Organización del documento.....	10
2. Revisión de literatura	12
2.1. Concesiones viales y concesiones viales en la Región del Biobío.....	12
2.2. Política tarifaria, tarifa y peajes.....	15
2.3. Modelo de tarificación por kilómetro.....	17
2.4. Emisiones de los vehículos.....	20
3. Casos de estudio	21
3.1. Modelo Base.....	21
3.1.1. Descripción	21
3.1.2. Levantamiento de información	21
3.1.3. Consideraciones de modelación	25
3.1.4. Resultados y discusión de resultados	25
3.2. Mejora del estándar para las rutas viales concesionadas de la Región del Biobío.....	29
3.2.1. Implementación de vías bajo el sistema Free Flow	29
3.2.2. Resultados y discusión de resultados	30
3.3. Estimación de tarifa por kilómetro considerando la presencia de emisiones.....	33
3.3.1. Modelamiento teórico	33
3.3.2. Definición de factores de pago	34
3.3.3. Escenarios de modelación	36

3.3.4. Resultados y discusión de resultados	39
3.4. Resumen de los resultados obtenidos	51
4. Conclusiones	52
5. Referencias	56
6. Anexos	58
6.1. Anexo 1: Estándar de servicio en la Ruta 5	58
6.2. Anexo 2: Costos Sistema Free Flow	61
6.3. Anexo 3: Datos	63
6.4. Anexo 4: Datos de ventas de vehículos eléctricos e híbridos	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Concesiones viales del Biobío.....	14
Tabla 2. Características de las rutas concesionadas del Biobío.....	15
Tabla 3. Factores de pago a utilizar por categoría de vehículo	19
Tabla 4. PIB para cada año, según escenario.....	23
Tabla 5. Longitud e inversión de cada ruta.....	23
Tabla 6. Valores residuales para cada ruta	25
Tabla 7. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 4%	26
Tabla 8. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 5%	27
Tabla 9. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 6%	27
Tabla 10. Costos de operación anual por pórtico	30
Tabla 11. Tarifas de vehículo liviano para la Ruta Interportuaria considerando implementación de vías Free Flow.....	30
Tabla 12. Diferencia de tarifas.....	31
Tabla 13. Diferencia de tarifas para los kilómetros totales de la concesión.....	31
Tabla 14. Factores considerando la presencia de emisiones	34
Tabla 15. Factores considerando la presencia de emisiones	36
Tabla 16. Resumen escenarios de modelación	39
Tabla 17. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 1	40
Tabla 18. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 1	40
Tabla 19. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 1.....	41
Tabla 20. Diferencia de tarifas entre modelo base y escenario 1 para vehículo liviano tradicional.....	42
Tabla 21. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 2.....	43
Tabla 22. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 2	44
Tabla 23. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 2.....	44
Tabla 24. Diferencia de tarifas entre escenario 2 y escenario 1 para vehículo liviano tradicional.....	45
Tabla 25. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 3.....	46
Tabla 26. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 3	47
Tabla 27. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 3.....	47

Tabla 28. Tarifas de buses y camiones de dos ejes tradicionales, escenario 3	48
Tabla 29. Tarifas de buses y camiones de dos ejes eléctricos, escenario 3	48
Tabla 30. Diferencia de tarifas entre escenario 3 y escenario 2 para vehículo liviano tradicional	49
Tabla 31. Resumen de los resultados obtenidos	51
Tabla 31. Estándar de servicio para elementos en la Ruta 5	58
Tabla 32. Inversión para implementar un sistema Free Flow	61
Tabla 33. Costos de operación anual por pórtico para un sistema Free Flow	62
Tabla 34. Flujo ponderado truncado para cada vía concesionada según escenario económico	63
Tabla 35. Inversiones totales para cada vía concesionada según escenario económico.....	64
Tabla 36. Costos totales para cada vía concesionada según escenario económico	65
Tabla 37. Ventas acumuladas de vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales a junio de cada año	66
Tabla 38. Ventas acumuladas de vehículos livianos a junio de cada año.....	67

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Tarifas para el modelo base	28
Gráfico 2. Comparativa de tarifas entre modelo base y caso de estudio	32
Gráfico 3. Tarifas de vehículos livianos para Acceso Norte, escenario 1	42
Gráfico 4. Tarifas para buses y camiones de dos ejes para Acceso Norte, escenario 3	50

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de las rutas concesionadas del Biobío.....	13
------------------------------------------------------------------	----

1. Introducción

La política tarifaria es un conjunto de criterios multidimensionales que tiene por objetivo lograr la sustentabilidad del sistema de concesiones (Echaveguren et al., 2020). La tarifa es el valor que se le cobra a los usuarios por el circular de la vía concesionada. Esta se define para cada concesión teniendo en cuenta una tarifa de referencia establecida por la Dirección General de Concesiones (DGC) y las bases de la licitación (BALI).

Un ejemplo de política tarifaria estudiada actualmente es la tarificación por kilómetro. La tarificación por kilómetro o cobro por uso efectivo cobra a los usuarios por la distancia real recorrida en la ruta concesionada (Echaveguren et al., 2020). Actualmente, las BALI permiten considerar cobro por uso efectivo en las rutas.

En esta Memoria de Título se propone un modelo de política tarifaria considerando el escenario de las rutas concesionadas de la Región del Biobío. Para el análisis se calculó la tarifa de la concesión considerando tarificación por kilómetro. De esta forma, se propusieron dos casos de estudio que incluyeron consideraciones de mejora de estándar y consideración de emisiones a la política tarifaria, teniendo como base la tarificación por kilómetro. Con el objetivo de analizar el comportamiento de la tarifa. Adicionalmente, para los cálculos se utilizaron datos de costos, inversión y flujo de vehículos.

El desarrollo de esta Memoria de Título se compone de 3 partes, (1) Cálculo de las tarifas por kilómetro para el modelo base, (2) Propuesta de consideraciones de política tarifaria y (3) Análisis de los resultados obtenidos. Para el cálculo de la tarifa por kilómetro se debió elaborar una base de datos para las concesiones de la Región del Biobío y luego aplicar el modelo de tarificación por kilómetro. Posteriormente, se proponen casos de estudios que consideren la mejora del estándar y la consideración de emisiones como nuevos criterios de política tarifaria. En base a estos casos de estudio se calcularon las tarifas por kilómetro y se analizó el comportamiento de la tarifa bajo estas consideraciones.

Esta Memoria de Título es una continuación del estudio de política tarifaria para la concesión de la Ruta 5 realizado por Echaveguren et al. en el año 2020 y la Memoria de Título realizada por Luciano Vega en el año 2022. Es importante añadir que desde estos estudios se desglosan dos memorias de título, siendo esta una de ellas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Proponer un modelo de política tarifaria a través del cálculo de la tarifa para las vías concesionadas del Biobío.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Calcular la tarifa en vías concesionadas de la Región del Biobío, a partir de estudios previamente hechos, conformando el escenario base.
- b) Proponer nuevas consideraciones de política tarifaria para el cálculo de tarifas en vías concesionadas de la Región del Biobío.
- c) Comparar las tarifas obtenidas para vías concesionadas de la Región del Biobío, a partir de los resultados del escenario base y los modelos con nuevas consideraciones.

1.2. Alcance y limitaciones

Dentro de los alcances se tiene que, en primer lugar, sólo se utilizó información secundaria. Esto quiere decir que la base de datos fue elaborada en base a la información disponible y no se recolectó información en terreno. En segundo lugar, para conformar la base de datos solo se consideraron las concesiones viales de la Región del Biobío que se encuentran en operación. En tercer lugar, para los cálculos se consideraron los factores de pago definidos por CITRA (1993) para la zona centro y terreno plano. En cuarto lugar, no se diferenciará entre los distintos tipos de combustible fósiles que hay para los vehículos de combustión interna.

Como limitaciones se tiene que, en primer lugar, no todos los datos de cada concesión vial estudiada se encontraban disponibles por lo que se utilizaron datos promedios. En segundo lugar, se tiene como limitación que se utilizaron proyecciones de datos basados en la información disponible.

1.3. Organización del documento

Esta Memoria de Título cuenta con 4 s. El capítulo actual es el capítulo 1, este contiene la introducción, los objetivos de esta Memoria de Título, el alcance y las limitaciones y la organización del documento. El capítulo 2 corresponde a la revisión de literatura sobre concesiones viales. Además, en este capítulo se entregan antecedentes respecto a rutas

concesionadas en la Región del Biobío y estado del arte respecto a elementos a considerar en los modelos de política tarifaria. El capítulo 3 presenta los casos de estudio a considerar. Este se divide en 3 casos de estudio; (1) modelo base, (2) mejora del estándar para las rutas viales concesionadas de la Región del Biobío y (3) estimación de tarifa por kilómetro considerando la presencia de emisiones. Para los casos de estudio se presenta la descripción del caso, la información y datos utilizados, las consideraciones de modelación y los resultados obtenidos. Finalmente, el capítulo 4 presenta las conclusiones de esta Memoria de Título.

2. Revisión de literatura

2.1. Concesiones viales y concesiones viales en la Región del Biobío

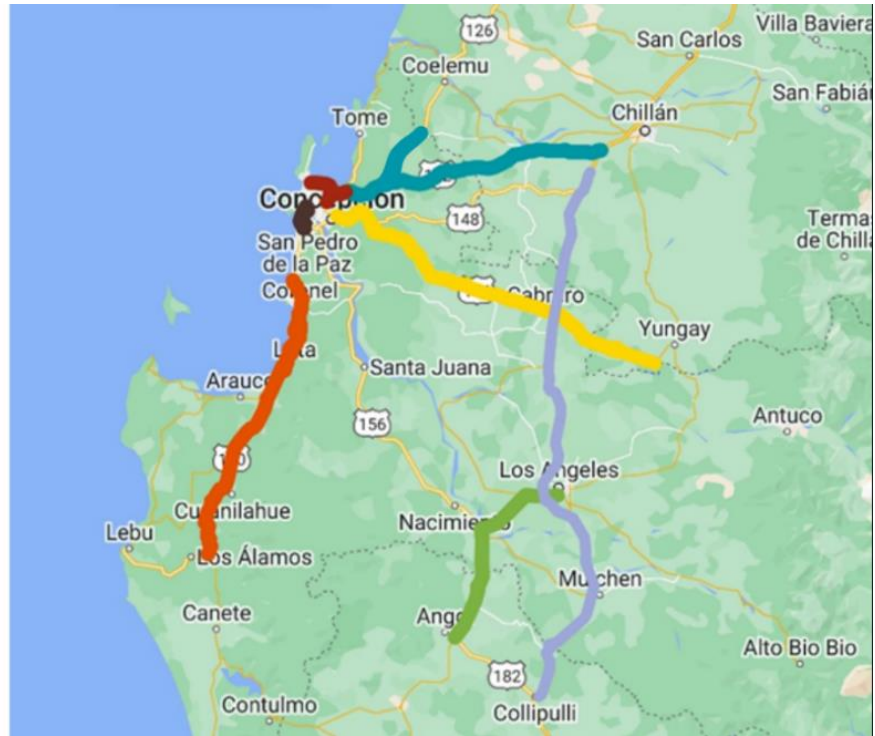
Las concesiones son un tipo de alianza público-privada y fueron implementadas en el año 1992 como una respuesta al déficit de infraestructura del país (MOP, 2016). Al segundo trimestre de 2022 la magnitud de las concesiones viales urbanas e interurbanas sobre la inversión en contratos de concesiones fue de alrededor del 30% y del 50%, respectivamente (DGC, 2022). Esto corresponde a una inversión de 2.376 millones de dólares para concesiones viales urbanas y 7.393 millones de dólares para concesiones viales interurbanas (DGC, 2022).

Actualmente, se cuenta con 33 concesiones viales en operación. Donde 15 son rutas transversales, 12 son tramos concesionados de la Ruta 5 y 6 son autopistas urbanas (DGC, 2022). La Región del Biobío cuenta con 5 rutas viales concesionadas en operación, dos en fase de construcción y dos futuras concesiones (DGC, s.f.). De las rutas concesionadas de la Región del Biobío, las cinco rutas viales en operación corresponden a: (1) Ruta 5, tramo Chillán-Collipulli (que abarca tres regiones, siendo la del Biobío una de ellas), (2) Ruta 153, acceso norte a Concepción, (3) Ruta Interportuaria Talcahuano-Penco, (4) Ruta Concepción-Cabrero, (5) Ruta 160 tramo Tres Pinos - acceso norte a Coronel. Las concesiones en fase de construcción corresponden a (1) Puente industrial y (2) Mejoramiento de la ruta Nahuelbuta. Las futuras licitaciones en la región corresponden a (1) Interconexión Vial Copiulemu – Hualqui – Puerto Coronel y (2) Ruta Pie de Monte.

En la Tabla 1 se describen las características de estas rutas ya adjudicadas, y en la Figura 1 se pueden apreciar dichas rutas en el mapa.

Figura 1. Mapa de las rutas concesionadas del Biobío

- 01 Ruta Concepción-Cabrero
- 02 Ruta Nahuelbuta
- 03 Ruta 152, acceso norte a Concepción
- 04 Ruta 5, tramo Chillan - Collipulli
- 05 Ruta Interportuaria Talcahuano-Penco
- 06 Puente Industrial
- 07 Ruta 160, tramo Tres Pinos - acceso norte a Coronel



Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Concesiones viales del Biobío

Concesión vial	Descripción	Fase	Extensión (km)	Inicio concesión	Término concesión
Puente Industrial	Puente que conectará las comunas de Hualpén y San Pedro de la Paz, en la provincia de Concepción. Tiene como objetivo mejorar la conectividad vehicular y peatonal entre ambas riberas.	Construcción	6,4	02-12-2014	498 meses o $VPI \geq ITC$
Ruta 5, tramo Chillan – Collipulli	Segunda concesión de la ruta. Corresponde al mejoramiento, mantención y explotación de obras preexistentes y nuevas. Dentro de las nuevas obras considera la implementación de terceras pistas y una variante de doble calzada a la ciudad de Collipulli.	Vigente	169	04-12-2022	Plazo variable máximo de 30 años
Ruta 152, acceso norte a Concepción	Autopista de doble calzada que une la ciudad de Concepción con la ruta 5 sur. El año 2023 se abre el llamado a la segunda licitación de esta ruta. La segunda concesión considera la incorporación de pódicos de telepeaje y una nueva conexión con la autopista Concepción Cabrero.	Vigente	89	12-04-1995	12-04-2023*
Ruta 164, Interportuaria Talcahuano-Penco	Autopista de calzada bidireccional que une las comunas de Penco y Talcahuano. Esta ruta ha favorecido el desarrollo turístico de la región al mejorar los accesos a los puestos y al aeropuerto Carriel Sur. Además, ha impactado en la reducción del tránsito de camiones por las calles de Concepción.	Vigente	14,5	20-04-2002	378 meses
Ruta 146, Concepción-Cabrero	Autopista que recorre las comunas de Concepción, Florida, Yumbel, Cabrero y Yungay. Su principal beneficio es mejorar la conectividad de la región, favoreciendo el intercambio comercial.	Vigente	103,4	03-09-2011	420 meses o $VPI \geq ITC$
Ruta 160, tramo Tres Pinos – acceso norte a Coronel	Autopista de doble calzada que cruza las comunas de Coronel, Lota, Arauco, Curanilahue y Los Álamos. Su principal beneficio es el mejoramiento de la conectividad de la región, favoreciendo el intercambio comercial.	Vigente	89	13-09-2008	480 meses o $VPI \geq ITC$
Ruta 180, mejoramiento de la ruta Nahuelbuta	Es la ampliación a doble calzada de la ruta 180. También considera la implementación cruces con la vialidad transversal a distinto nivel, el mejoramiento de las condiciones de seguridad, iluminación y señalética.	Construcción	55	10-04-2018	Variable, máximo 420 meses

- (1) Para la concesión de la Ruta 5, tramo Chillan Collipulli se considera como fecha de inicio la fecha del decreto de adjudicación de la concesión.
- (2) *: obra relicitada que está en su segunda concesión, pero aún no está la fecha de inicio
- (3) VPI: valor presente de los ingresos
- (4) ITC: ingresos totales de la concesión
- (5) $VPI \geq ITC$: que el valor presente de los ingresos sea mayor o igual a los ingresos totales de la concesión.
- (6) **Fuente:** elaboración propia en base a <https://concesiones.mop.gob.cl/>

En las concesiones viales de la Región del Biobío todas las rutas cuentan con control de acceso manual y 3 de estas también cuentan con vías de telepeaje, como se puede ver en la Tabla 2. De estas rutas solo la ruta Interportuaria usa un sistema de cobro manual con un modelo de tarificación de cobro por uso efectivo. Este es un caso particular ya que como la ruta cuenta con entradas y salidas limitadas ha definido un cobro por cada posible ruta que usen los usuarios, y luego se les cobra al salir de la ruta.

Tabla 2. Características de las rutas concesionadas del Biobío

Ruta	Tipo de peaje		Tipo de cobro
	Control de acceso manual	Telepeaje	
Ruta Concepción - Cabrero	Sí	Sí	Cobro por derecho de paso y costo marginal de operación.
Ruta 152, acceso norte a Concepción	Sí	Sí*	Cobro por derecho de paso y costo marginal de operación.
Ruta Interportuaria Talcahuano-Penco	Sí	No	Cobro por uso efectivo, costo marginal de operación y congestión.
Ruta 5, tramo Chillan – Collipulli	Sí	Sí	Cobro por derecho de paso y costo marginal de operación.
Ruta 160, tramo Tres Pinos – acceso norte a Coronel	Sí	Sí	Cobro por derecho de paso costo marginal de operación.

- (1) Las rutas que indican que cuentan con telepeaje, cuentan con al menos una vía de cobro por telepeaje de al menos sistema non-stop.
- (2) *: la ruta 152, acceso norte a Concepción contará con vías de telepeaje en su segunda concesión.
- (3) **Fuente:** elaboración propia en base a las BALI de cada concesión y [Valles del Biobío](#)

2.2. Política tarifaria, tarifa y peajes

La política tarifaria es un conjunto de criterios multidimensionales que tienen por objetivo lograr la sustentabilidad del sistema de concesiones (Echaveguren et al., 2020). Los peajes son una forma de pago que se aproxima al valor real de un viaje y la tarifa es el valor de los peajes (Echaveguren et al., 2020). De esta forma la política tarifaria es el conjunto de criterios que definen las consideraciones que se tendrán en cuenta al tarificar y la tarifa es el precio que debe pagar el usuario, definido para cada concesión vial. Mientras que el peaje es la forma que se tiene de cobrar la tarifa a los usuarios.

Para definir una política tarifaria es esencial definir cuál es el propósito buscado ya que este se ve reflejado en el valor de los peajes, a través de los factores de pago (Echaveguren et al., 2020). Los propósitos que puede seguir son diversos y tiene su origen tanto en los beneficios privados como sociales de la tarifa a cobrar (Echaveguren et al., 2020).

El informe realizado por Echaveguren et al. (2020) realiza una revisión de las estrategias de tarificación existentes, principalmente en Europa, y concluye que estas dan cuenta los siguientes propósitos alternativos de tarificación:

- Tarificación por costo marginal: se definen factores de pago proporcionales al costo marginal del transporte.
- Tarificación por daño: se definen factores de pago en base al daño que producen los vehículos en el pavimento.
- Tarificación por emisiones: se definen factores de pago en base a las emisiones emitidas por los vehículos, siendo estos mayores para vehículos con tecnología EURO IV o inferior.
- Tarificación por congestión semanal: se definen factores de pago en base al tráfico semanal.
- Tarificación por seguridad: se definen factores de pago en base al riesgo que representan los vehículos para la seguridad.
- Incentivo por modo: se definen factores de pago que incentiven o desincentiven la circulación de una clase vehicular determinada.

Para el caso chileno se utilizan factores de pago por costo marginal como política tarifaria, incluyendo ajustes para incluir implícitamente el efecto del daño (Echaveguren et al., 2020).

El control de acceso manual o peaje manual es un sistema de cobro de peaje convencional donde un operador en cabina lleva a cabo el cobro de la tarifa correspondiente (TECSIDEL, 2013). Para este tipo de peaje se requiere la parada del vehículo cuando pasa por el punto de cobro (TECSIDEL, s.f.). Este sistema tiene como ventaja que prácticamente elimina el riesgo por no-pago por lo que ha sido utilizado por las concesionarias como su forma de cobro principal, complementándolo con vías Non-Stop y tarjetas de pago automático (Mujica de la Barra, 2014).

Mujica de la Barra (2014) indica que el sistema de cobro manual tiene como desventaja que puede generar congestión en las plazas de peaje si se experimenta un tráfico mayor al habitual (contingencias). De esta forma, también afirma que esta congestión puede generar tiempos de espera que superen los tiempos establecidos en las BALI de cada concesión, generando multas para la empresa concesionaria. La concesionaria para evitar dichas multas debe incurrir en inversiones extra para aumentar las plazas de peaje, liberar los peajes u otras acciones que ayuden a disminuir la congestión.

El sistema de peaje Free Flow es un tipo de telepeaje que permite el cobro a los vehículos que circulan por la vía sin la necesidad de detenerse en un punto de pago localizado (Gómez, 2013). Estos sistemas funcionan a través de pórticos que cuentan con aparatos de lectura electrónica en su parte superior que leen la información de los dispositivos (TAG) asociados a cada vehículo (ALEATICA, 2022). Debido a la tecnología actual los vehículos no necesitan disminuir su velocidad para la lectura y envío de esta información (ALEATICA, 2022).

Las vías concesionadas que cuentan con un sistema Free Flow cuentan con ventajas como (1) aseguran una velocidad constante del tráfico, (2) evitan congestión vehicular en las casetas de peaje, (3), reducen el consumo de combustible y la cantidad de emisiones contaminantes a la atmósfera, (4) optimizan costos operativos y (5) reducen el tiempo de recorrido para los usuarios (ALEATICA, 2022).

2.3. Modelo de tarificación por kilómetro

Echaveguren et al. (2020) propone un modelo de tarificación por kilómetro, también conocido como cobro por uso efectivo. En este informe, se define la tarificación por kilómetro como un sistema de cobro de peaje que cobra según la distancia recorrida dentro de la vía concesionada. Se indica que dentro de las ventajas de este sistema se tiene que (1) optimiza el trade-off costo marginal de operación e ingreso marginal de la concesionaria, (2) cobra a los usuarios montos proporcionales a los costos generados por sus vehículos y (3) permite optimizar el bienestar económico de los agentes. Con respecto a la implementación de este sistema, se indica que se requiere de la implementación de sistema un Free Flow con infraestructura electrónica para registrar las distancias efectivamente recorridas y permitir pagos de libre paso.

Para calcular la tarifa por kilómetro se busca una tarifa óptima donde el valor actual neto (VAN) del proyecto sea igual a cero bajo una tasa interna de retorno (TIR) determinada (Xu et al, 2012). De esta forma, según lo planteado por Echaveguren et al. (2020), se define la expresión matemática para el cálculo de la tarifa por kilómetro recorrido en la ecuación (1).

$$VAN_i = \sum_{n=1}^N \frac{(Ingresos_{in} - Costos_{in})(1 - t) - Inversiones_{in}}{(1 + r_i)^n} - \frac{VR_{iN}}{(1 + r_i)^N} \quad (1)$$

Donde para la concesión i :

n : es el año de la concesión de 1 a N .

t : es la tasa de impuestos a las utilidades de la empresa.

r_i : es la tasa de descuento con la que el VAN es igual a cero.

VR : Valor residual en UF

Los ingresos totales (UF) de la concesión i estan dados por la tarifa (UF/km) de la concesión i , el flujo de la concesión i en el periodo n y la longitud (km) de la concesión i , tal como se muestra en la ecuación (2).

$$Ingresos_{in} = Tarifa_i \times Flujo_{in} \times Longitud_i \quad (2)$$

Los costos totales (UF) de la concesión i estan dados por los costos por kilómetro (UF/km) de la concesión i en el periodo n y la longitud (km) de la concesión i , tal como se muestra en la ecuación (3).

$$Costos_{in} = C_{in} \times Longitud_i \quad (3)$$

Las inversiones totales (UF) de la concesión i estan dadas por las inversiones por kilómetro (UF/km) de la concesión i en el periodo n y la longitud (km) de la concesión i , tal como se muestra en la ecuación (4).

$$Inversiones_i = I_{in} \times Longitud_i \quad (4)$$

Se puede despejar la tarifa para la concesión i al reemplazar las ecuaciones (2), (3) y (4) en la ecuación (1), como se muestra en la ecuación (5).

$$\text{Tarifa}_i = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{C_{in} \times \text{Longitud}_i \times (1-t)}{(1+r_i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{I_{in} \times \text{Longitud}_i}{(1+r_i)^n} + \frac{\text{Valor Residual}_{iN}}{(1+r_i)^N}}{\sum_{n=1}^N \frac{\text{Flujo}_{in} \times \text{Longitud}_i \times (1-t)}{(1+r_i)^n}} \quad (5)$$

Como en Chile se utiliza la tarificación por costo marginal de operación y se desagrega por categoría de vehículo es necesario considerar esto al momento de calcular las tarifas. Para considerar esta desagregación se utilizan los factores de pago definidos por CITRA (1993). En la Tabla 3 se encuentran los factores de pago para la zona centro y terreno plano, que fueron los utilizados para esta Memoria de Título.

Al desagregar por categoría de vehículo ya no se cuenta con una tarifa única por kilómetro, sino que cada tipo de vehículo tiene su propia tarifa asociada. De esta forma, la tarifa asociada al vehículo liviano es la tarifa base (P_0) y las otras tarifas se pueden calcular multiplicando la tarifa base por su factor asociado. Los ingresos totales (UF) quedan en función de P_0 , el flujo por tipo de vehículo, el factor de pago asociado a cada tipo de vehículo y la longitud de la concesión (km), tal como se aprecia en la ecuación (6).

$$\text{Ingresos}_{in} = P_0(F_{0,in} + 1,8F_{1,in} + 1,8F_{2,in} + 3,1F_{3,in}) \times \text{Longitud}_i \quad (6)$$

Tabla 3. Factores de pago a utilizar por categoría de vehículo

	Flujo	Tarifa	Factor
Vehículo liviano	F_0	P_0	1
Buses	F_1	P_1	1,8
Camión de dos ejes	F_2	P_2	1,8
Camión de más de dos ejes	F_3	P_3	3,1

Fuente: CITRA (1993)

Al reemplazar la ecuación (6) en la ecuación (1), y despejando P_0 obtenemos la ecuación (7) que calcula la tarifa base (UF/km) teniendo en consideración la desagregación por categoría de vehículo.

$$\text{Tarifa}_i = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{C_{in} \times \text{Longitud}_i \times (1-t)}{(1+r_i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{I_{in} \times \text{Longitud}_i}{(1+r_i)^n} + \frac{\text{Valor Residual}_{iN}}{(1+r_i)^N}}{\sum_{n=1}^N \frac{(F_{0,in} + 1,8F_{1,in} + 1,8F_{2,in} + 3,1F_{3,in}) \times \text{Longitud}_i \times (1-t)}{(1+r_i)^n}} \quad (7)$$

2.4. Emisiones de los vehículos

Las emisiones que provienen de los vehículos se dividen en dos grandes categorías, (1) las que afectan al calentamiento del planeta y (2) las que afectan a la salud de las personas (ARVAL, 2020). En la Unión Europea (EU) el transporte es el mayor emisor de gases de efecto invernadero, representando alrededor de un 30% del total de las emisiones. (O'Connell et al., 2023)

Todos los vehículos emiten CO_2 en su ciclo de vida, de forma directa o de forma indirecta (ARVAL, 2020). Los vehículos eléctricos emiten de forma indirecta ya que esta emisión se genera al producir el vehículo y al cargarlo debido a las emisiones provocadas por la producción de electricidad (ARVAL, 2020). Es por esto que es importante considerar las emisiones del vehículo a lo largo de su ciclo de vida y así poner en perspectiva la comparativa de las emisiones.

3. Casos de estudio

Para esta Memoria de Título se proponen modelos de estudio teóricos. El objetivo es proponer consideraciones de política tarifaria y analizar el comportamiento de la tarifa al implementar estos modelos bajo un análisis de estática comparativa. La estática comparativa es un método que permite investigar las consecuencias generadas por un cambio en alguna variable del modelo (Programa UC Libre Competencia, 2022).

3.1. Modelo Base

3.1.1. Descripción

Como modelo base se propone un modelo de tarificación por kilómetro, o cobro por uso efectivo, propuesto por Echaveguren et al. (2020). El objetivo de aplicar este modelo es calcular la tarifa por kilómetro para las concesiones viales de la Región del Biobío bajo una política tarifaria que considere cobro por uso efectivo. Posteriormente, se comparan estas tarifas con las obtenidas en los otros casos de estudio.

3.1.2. Levantamiento de información

3.1.2.1. Fuentes de información

Para este estudio se utilizaron datos de las concesiones viales de la Región del Biobío. Los datos necesarios para la aplicación del modelo son (1) costos, (2) inversión, (3) flujo vehicular, (4) valor residual y (5) PIB. Se utilizaron datos extraídos de los informes mensuales de las concesionarias y las BALI de cada concesión. También se utilizaron datos y factores proporcionados por el laboratorio GESITRAN (Gestión de Sistemas de Transporte) de la Universidad de Concepción.

3.1.2.2. Consideraciones

Para la conformación de la base de datos se utilizaron las siguientes consideraciones:

- Se definió que todas las concesiones empezaban en el año 2022.
- Se consideró el flujo vehicular total, entre los años 2015 al 2022, indicado por los informes mensuales de la concesionaria multiplicado por los porcentajes indicados en el mismo informe para las 4 categorías de vehículos (1) vehículo liviano, (2) bus, (3) camión de dos ejes y (4) camión de más de dos ejes.

- Se realizó la proyección de los flujos vehiculares, desde el año 2022 al 2057, en base a los cálculos del PIB proporcionados por Echaveguren et al. (2020). Para esta proyección se utilizó una regresión lineal.
- Los factores de costos de mantenimiento, operación y valor residual fueron proporcionados por el laboratorio GESITRAN en base a los disponibles para las regiones de Ñuble y Biobío.
- Los costos por kilómetro de adecuaciones de seguridad y ampliación a terceras pistas fueron proporcionados por el laboratorio GESITRAN.
- Para definir los kilómetros totales para la ampliación a tercera pista se consideró toda la extensión de la ruta. Esto debido a que las vías concesionadas de la Región del Biobío no presentan nodos “grandes” intermedios de flujo vehicular, por lo que es posible que se amplie toda la ruta.

3.1.2.3. Conformación de la base de datos

Para estimar los datos de flujo vehicular se tomaron los datos de los informes mensuales de las concesionarias donde se indicaban los datos de flujo vehicular desde al año 2015 hasta el 2022. Dentro de los flujos vehiculares se consideraron 4 categorías de vehículos (1) vehículo liviano, (2) bus, (3) camión de dos ejes y (4) camión de más de dos ejes, y se multiplicó el flujo vehicular total por el porcentaje asociado a cada categoría de vehículo. A partir de estos datos se realizó una regresión lineal, ecuación (19), para obtener el flujo vehicular de la concesión i en el periodo n en base al PIB del periodo n . Así se obtuvo la proyección de flujo vehicular hasta el año 2057.

$$\text{Flujo}_{in} = a + b * \text{PIB}_n \quad (8)$$

Los datos del PIB utilizados para cada escenario se encuentran en la Tabla 4.

Tabla 4. PIB para cada año, según escenario

Año	PIB			Año	PIB		
	Pesimista	Tendencial	Optimista		Pesimista	Tendencial	Optimista
2022	282,8	283,4	286,5	2040	399,9	414,0	504,6
2023	288,6	289,8	296,2	2041	406,5	421,6	518,3
2024	294,6	296,3	306,2	2042	413,1	429,1	532,2
2025	300,6	303,0	316,6	2043	419,7	436,6	546,2
2026	306,8	309,9	327,4	2044	426,2	444,1	560,2
2027	313,2	316,9	338,5	2045	432,9	451,7	574,6
2028	319,6	324,0	349,9	2046	439,6	459,4	589,4
2029	326,2	331,3	361,8	2047	446,5	467,3	604,5
2030	332,9	338,7	373,9	2048	453,5	475,3	620,1
2031	339,5	346,2	386,2	2049	460,5	483,4	636,0
2032	346,2	353,6	398,7	2050	467,7	491,7	652,3
2033	352,9	361,1	411,4	2051	475,0	500,1	669,1
2034	359,6	368,6	424,2	2052	482,4	508,6	686,3
2035	366,3	376,2	437,3	2053	490,0	517,3	703,9
2036	373,0	383,8	450,4	2054	497,6	526,2	722,0
2037	379,8	391,3	463,8	2055	505,4	535,2	740,6
2038	386,5	398,9	477,3	2056	513,2	544,3	759,6
2039	393,2	406,5	490,9	2057	521,2	553,6	779,1

Fuente: Elaboración propia

Para obtener la inversión inicial de las rutas que estaban en su segunda concesión se utilizó el presupuesto oficial estimado establecido en las BALI de la segunda concesión. Para las concesiones que aún están en operación de su primera concesión se utilizó el presupuesto inicial oficial estimado más las inversiones adicionales, que no estén consideradas en las BALI y que se hayan realizado durante la operación. En la Tabla 5 se encuentra la información de la inversión inicial considerada para cada ruta y la longitud de esta en kilómetros.

Tabla 5. Longitud e inversión de cada ruta

Ruta	Abreviación	Longitud (Km)	Inversión inicial considerada (UF)
Ruta 152, acceso norte a Concepción	ACCESO NORTE	89	9.789.161
Ruta 5, tramo Chillan – Collipulli	CHCO	169	14.215.000
Ruta 146, Concepción-Cabrero	CCP-CAB	103,4	8.878.322
Ruta 160, tramo Tres Pinos – acceso norte a Coronel	TRES PINOS	89	8.234.085
Ruta 164, Interportuaria Talcahuano-Penco	INTERPORTUARIA	14,5	1.165.950

Fuente: Elaboración propia

Durante la concesión se tienen 3 tipos de inversiones adicionales (1) costos de conservación mayor, (2) ampliación a terceras pistas y (3) adecuación de señalizaciones, demarcaciones y sistemas de contención. Los costos de conservación mayor se calcularon como una proyección de los indicadores técnicos del pavimento en base a modelos y se generan estrategias de recuperación de indicadores, cada una con costos por kilómetro-pista. Estos datos fueron proporcionados por el laboratorio GESITRAN.

Para ampliación a terceras pistas se utilizaron los flujos de tráfico proyectados para evaluar el nivel de servicio del tramo. Cuando el nivel de servicio alcance un mal nivel se debe ampliar a tercera pista. Para calcular el costo de esta ampliación se utiliza un costo por kilómetro definido en base a concesiones cercanas y proporcionado por el laboratorio GESITRAN. El sector ampliado se selecciona en base a las ciudades o lugares cercanos que puedan ser generadores o atractores de flujo.

La inversión en adecuación de señalizaciones, demarcaciones y sistemas de contención se refiere a las adecuaciones de seguridad vial que se realizan cada 5 años. Esto es los costos de reemplazar y adecuar al estándar actual toda la señalización y sistemas de contención de la ruta. Para calcular este valor se utiliza un costo promedio por kilómetro y se multiplica por la extensión, en kilómetros, de la ruta. Este costo promedio fue proporcionado por el laboratorio GESITRAN.

Los costos se dividen en tres tipos (1) costos de mantención rutinaria, (2) costos de mantención periódica y (3) costos de operación. Para obtener estos costos se utilizaron los factores 0,56, 1,17 y 1,96, respectivamente. Estos factores fueron proporcionados por el laboratorio GESITRAN.

En el Anexo 3: Datos, se encuentran las tablas resumen para los flujos vehiculares, inversiones totales y costos totales.

Los datos de valor residual se calcularon usando un factor de valor residual obtenido de concesiones cercanas. El valor residual incluye toda la infraestructura vial, contando con puentes, pasarelas, elementos de seguridad vial, entre otros. Para este estudio sólo se consideró la inversión inicial para el cálculo del valor residual por lo que este no cambia por

escenario económico. Los valores residuales y los factores asociados se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores residuales para cada ruta

	Valor residual (UF)		
	25 años	30 años	35 años
ACCESO NORTE	\$ 5.481.930	\$ 4.796.689	\$ 4.209.339
CHCO	\$ 7.960.400	\$ 6.965.350	\$ 6.112.450
CCP-CAB	\$ 4.971.860	\$ 4.350.378	\$ 3.817.678
TRES PINOS	\$ 4.611.088	\$ 4.034.702	\$ 3.540.657
INTERPORTUARIA	\$ 652.932	\$ 571.316	\$ 501.359
Factores	0,56	0,49	0,43

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Consideraciones de modelación

En este modelo se calculan las tarifas por kilómetro para las 5 rutas concesionadas de la Región del Biobío, bajo las siguientes consideraciones:

- Se considera el año 2022 como el inicio de todas las concesiones
- Se consideran 3 escenarios: (1) pesimista, (2) tendencial y (3) optimista
- Tasa de descuento como 4%, 5% y 6%
- Tasa de impuestos del 27%
- Plazo de la concesión de 25, 30 y 35 años
- Incobrables de un 5%
- Las tarifas se calcularon en UF, y se consideró la UF al día 24-04-2023 que corresponde a \$35.567,69
- Periodo de depreciación de 100 años

Como este estudio es una extensión del informe de Echaveguren et al. (2020) se utilizan los mismos supuestos para el escenario base.

3.1.4. Resultados y discusión de resultados

Se calcularon las tarifas para el modelo base, que considera un modelo de tarificación por kilómetro. Las tarifas se calcularon para 3 escenarios económicos (1) pesimista, (2) tendencial y (3) optimista, bajo 3 supuestos de duración de la concesión (i) 25 años, (ii) 30 años y (iii) 35 años, y para distintas TIR (i) 4%, (ii) 5% y (iii) 6%. En la Tabla 7 se presentan

las tarifas base, en pesos chilenos, para una TIR del 4%, en la Tabla 8 para una TIR del 5% y en la Tabla 9 para una TIR del 6%. Las tarifas se calcularon en UF por kilómetro, pero se presentan en pesos por kilómetro para facilitar la comprensión. Adicionalmente, en cada tabla, la última fila “Promedio” presenta la tarifa promedio de las concesiones para cada escenario.

La tarifa base es la tarifa del vehículo liviano, donde su factor de pago es 1. Para calcular las tarifas asociadas a las otras categorías de vehículos (buses, camiones de dos ejes y camiones de más de dos ejes) se debe multiplicar la tarifa base por el factor asociado. Estos factores se encuentran en la Tabla 3.

La tarifa base (P_0) está inversamente relacionada con el flujo vehicular, es decir a mayor flujo vehicular la tarifa será menor. En los escenarios económicos el flujo vehicular va aumentando, siendo el pesimista el con menor y el optimista el con mayor flujo vehicular. Es así como se observa que la tarifa va disminuyendo según escenario económico. Además, la duración de la concesión genera un efecto similar y se observa que las tarifas disminuyen al aumentar la duración de la concesión.

Tabla 7. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 4%

TIR 4%	Tarifas (\$/km)								
	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
ACCESO NORTE	38	36	28	33	32	25	30	28	22
CHCO	15	15	14	14	14	13	13	13	12
CCP-CAB	31	29	23	27	25	20	24	22	18
TRES PINOS	20	19	16	18	17	14	16	15	13
INTERPORTUARIA	36	35	26	32	30	23	28	26	20
Promedio	28	27	22	25	24	19	22	21	17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 5%

TIR 5%	Tarifas (\$/km)								
	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
ACCESO NORTE	41	39	31	36	35	27	33	31	24
CHCO	16	16	15	15	15	14	14	14	13
CCP-CAB	34	32	25	30	28	22	27	25	20
TRES PINOS	22	20	17	20	19	16	18	17	15
INTERPORTUARIA	39	37	28	35	33	25	31	29	22
Promedio	30	29	23	27	26	21	25	23	19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Tarifas de vehículo liviano para el modelo base, con una TIR del 6%

TIR 6%	Tarifas (\$/km)								
	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
ACCESO NORTE	44	42	33	40	38	30	37	35	27
CHCO	17	17	16	16	16	15	15	15	14
CCP-CAB	36	35	27	33	31	24	30	28	22
TRES PINOS	23	22	19	21	20	17	20	19	16
INTERPORTUARIA	43	40	31	38	36	28	35	33	25
Promedio	33	31	25	30	28	23	27	26	21

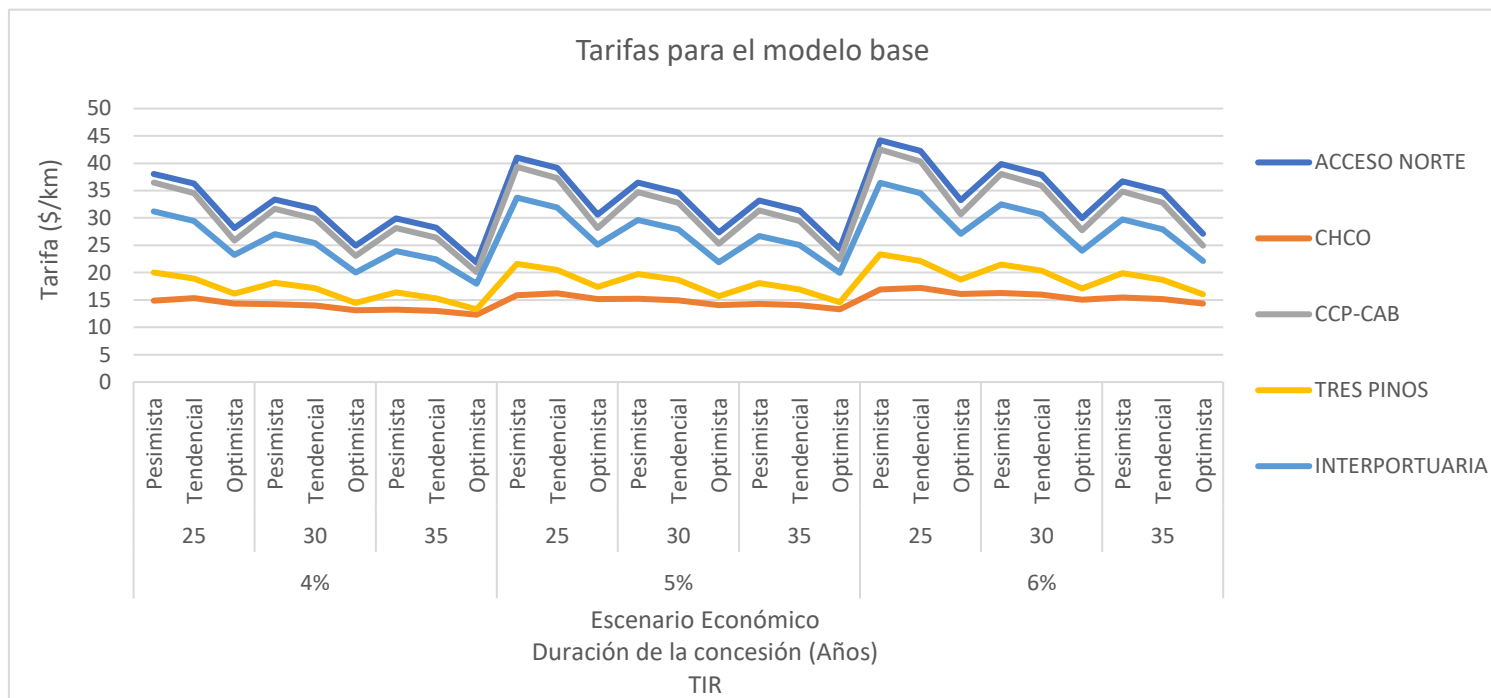
Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 1 se pueden observar las tarifas para el modelo base. Por un lado, se observa que la tarifa va aumentando a medida que la TIR sube. Esto se puede relacionar a que mientras más alta sea la TIR la concesión tendrá una mayor rentabilidad, lo que se traduce en mayores ingresos, y como en este caso los ingresos dependen sólo de la recaudación de las tarifas estas serán mayores. Por otro lado, se observa que la tarifa disminuye cuando aumenta la duración de la concesión. Esto se puede relacionar con que si aumenta la duración de la concesión los ingresos necesarios para obtener la TIR designada se podrán recaudar en un plazo mayor provocando que la tarifa baje.

Además, la tarifa presenta una disminución importante para el escenario económico optimista. Esto se puede deber a que, en este escenario económico, el flujo de vehículos es

mayor provocando la disminución de la tarifa. Esto último se cumple de forma más sutil para la Ruta 5, Chillan-Collipulli, pero es más notorio para las otras 4 rutas concesionadas.

Gráfico 1. Tarifas para el modelo base



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Mejora del estándar para las rutas viales concesionadas de la Región del Biobío

El estándar se refiere a las características físicas y operativas de la vía que permiten alcanzar los objetivos de servicio en términos de movilidad, seguridad, comodidad y accesibilidad para los usuarios (Echaveguren et al., 2020). Cuando se habla de tarificación, el estándar de servicio son los costos de inversión para lograr dicho estándar y los costos adicionales durante el periodo de la concesión para mantener el nivel de servicio (Echaveguren et al., 2020). El objetivo es analizar el comportamiento de la tarifa si se considerará una mayor inversión para que se cumpla con el estándar.

Como esta Memoria de Título es una extensión del estudio realizado por Echaveguren et al. (2020) se utilizará el mismo estándar definido anteriormente. Este estándar corresponde al estándar base definido para la Ruta 5 en base a las BALI de la segunda licitación de la concesión entre los tramos La Serena – Los Vilos, y Talca – Chillán y se encuentra en el Anexo 1: Estándar de servicio en la Ruta 5. Este estándar es comparable para las vías concesionadas de la Región del Biobío, ya que una de ellas es un tramo de la Ruta 5, Chillán-Collipulli.

3.2.1. Implementación de vías bajo el sistema Free Flow

Un punto que se establece como estándar de servicio es el acceso a vías de telepeaje de estilo Free Flow. En la Tabla 2 se puede ver que la Ruta Interportuaria no cuenta con ninguna de estas vías, mientras que las demás rutas cuentan con al menos una vía de telepeaje.

En el Anexo 2: Costos Sistema Free Flow se presentan los costos relacionados a la inversión y a los costos de operación anuales necesarios para implementar un sistema Free Flow. Esta información fue proporcionada por Echaveguren et al. (2020).

Se tiene que la Ruta Interportuaria cuenta con 3 peajes troncales. En el estándar de servicio para la ruta 5 se define que cada troncal debe contar con doble calzada y cada lateral con una calzada de vías Free Flow. Para esto la inversión se calcula en la ecuación (9). Para incluir esta inversión en los datos, se supone que se aplicará en el año 5, como reemplazo de plazas de peaje manual.

$$\begin{aligned} \text{Inversión} &= \text{N}^\circ \text{ troncales} \times \text{Costo}_{\text{doble calzada}} + \text{N}^\circ \text{ laterales} \times \text{Costo}_{\text{una calzada}} \\ \text{Inversión} &= 3 \times 42.667 + 0 \times 30.252 = 128.000 \end{aligned} \quad (9)$$

Luego, tenemos que los costos de operación están dados por la Tabla 10. Estos costos se suman a los costos de operación anuales que tiene la concesión.

Tabla 10. Costos de operación anual por pórtico

Item	UF (2 calzadas)	UF (1 calzada)
Cantidad de Vías	4	2
Costo de Operación y Mantenición por pista (UF/pista/año)	28098	22478

- (1) El desglose de los costos de operación se encuentra en la Tabla 34, disponible en el Anexo 2: Costos Sistema Free Flow.
 (2) Fuente: Echaveguren et al. (2020)

De esta forma, para estudiar el comportamiento de la tarifa se añaden los valores mencionados a los respectivos ítems del modelo base.

3.2.2. Resultados y discusión de resultados

La recomendación de política tarifaria que se estudia en este caso es la mejora del estándar de las rutas concesionadas. Para este caso de estudio se recalcularon las tarifas de la Ruta Interportuaria, considerando las nuevas inversiones y costos que incluye la implementación de un sistema Free Flow, al reemplazar dos calzadas de peaje manual. En la Tabla 11 se pueden observar las tarifas, en pesos chilenos por kilómetro.

Tabla 11. Tarifas de vehículo liviano para la Ruta Interportuaria considerando implementación de vías Free Flow

Tarifas (\$/km)									
TIR	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
4%	47	44	33	41	39	29	37	34	26
5%	50	47	36	44	42	32	40	38	29
6%	53	51	39	48	46	35	44	42	32

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 se presenta la diferencia entre las tarifas del modelo base y las tarifas obtenidas para este escenario. Esta diferencia se calculó como la nueva tarifa menos la tarifa del modelo base, para cada escenario económico. De esto se puede observar que la tarifa del escenario es notablemente más alta que la tarifa del escenario base.

Tabla 12. Diferencia de tarifas

Tarifas (\$/km)									
TIR	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
4%	10	10	7	9	9	6	9	8	6
5%	11	10	8	10	9	7	9	9	6
6%	11	10	8	10	10	7	10	9	7

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto importante que considerar es la extensión de la ruta concesionada, ya que esto será lo que defina la tarifa total de la ruta. La Ruta 164, Interportuaria Talcahuano-Penco tiene una extensión de 14,5 kilómetros. De esta forma, el excedente a pagar en este escenario, considerando que se recorre la totalidad de la ruta, se encuentra en la Tabla 13. En base a lo anterior, se tiene que la mayor diferencia a pagar sería \$159. Esto para un escenario económico pesimista, con una duración de la concesión de 25 años y una TIR del 6%.

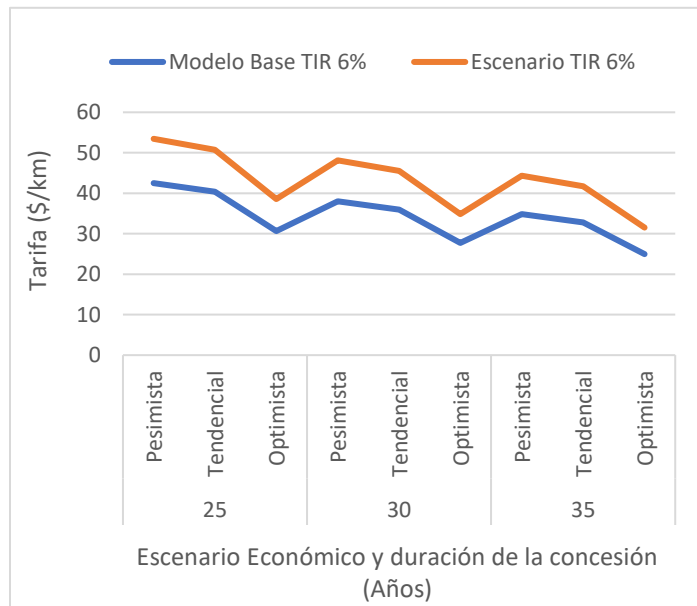
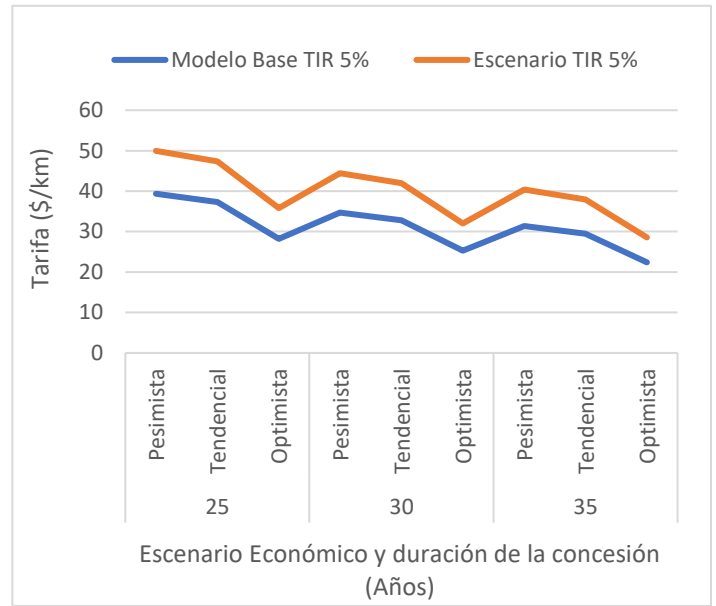
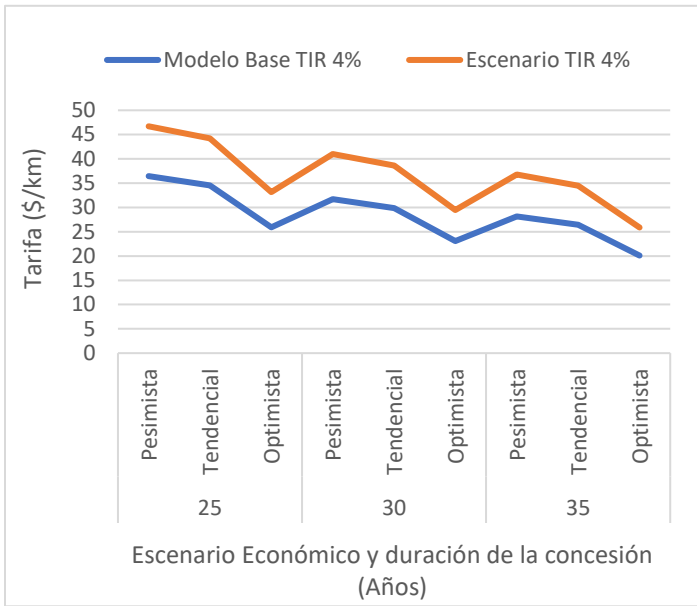
Tabla 13. Diferencia de tarifas para los kilómetros totales de la concesión

Tarifas (\$)									
TIR	25 años			30 años			35 años		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
4%	149	141	106	135	127	93	125	117	84
5%	154	146	110	141	133	98	131	123	89
6%	159	151	115	147	139	103	138	130	95

Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 2 se puede apreciar la comparativa entre las tarifas del escenario base y las tarifas obtenidas para este escenario, para cada uno de los escenarios económicos (pesimista, tendencial y optimista). Aquí se puede apreciar que la tarifa del modelo base y la de este escenario tienen comportamientos similares, pero que la implementación de las vías Free Flow representaría un aumento notable en las tarifas de la ruta concesionada.

Gráfico 2. Comparativa de tarifas entre modelo base y caso de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.3. Estimación de tarifa por kilómetro considerando la presencia de emisiones

3.3.1. Modelamiento teórico

A continuación, se propone un modelo de tarificación que considere los factores de pago por categoría de vehículo e incorpore otra consideración en base al tipo de vehículo; (1) tradicional, (2) eléctrico, (3) híbrido. Tomando como base el modelo de tarificación de cobro por uso efectivo, ecuación (7), se desagrega el modelo el flujo vehicular como se puede apreciar en la Tabla 14.

Los flujos se definen de forma que sean una proporción del flujo proyectado de cada categoría de vehículo, como se muestra en la ecuación (10).

$$F_i = F_{i1} + F_{i2} + F_{i3} \quad (10)$$

Donde:

F_i : flujo categoría de vehículo i .

F_{i1} : flujo de vehículos tradicionales para la categoría de vehículo i .

F_{i2} : flujo de vehículos eléctricos para la categoría de vehículo i .

F_{i3} : flujo de vehículos híbridos para la categoría de vehículo i .

Se define la tarifa P_{ij} como la tarifa (UF/km) para la categoría de vehículo i de tipo j . Donde $i = \{1,2,3,4\}$ y $j = \{1,2,3\}$.

Los factores se definen en base a los factores propuestos por CITRA (1993) calculados para costos marginales por tipo de vehículo, para la zona centro y terreno plano. Se quiere encontrar las variaciones α (vehículo liviano), β (bus), γ (camión de dos ejes) y ϵ (camión de más de dos ejes) para cada factor por tipo de vehículo, con el objetivo de estudiar cómo varia la tarifa al incorporar la desagregación por tipo de vehículo. De esta forma, se considera como tarifa base la tarifa para vehículo liviano tradicional (P_{01}).

La Tabla 14 condensa la información anterior sobre las variables. Se muestran las variables de flujo, tarifa y factor para cada tipo de vehículo (tradicional, eléctrico e híbrido) según su categoría (vehículo liviano, bus, camión de dos ejes y camión de más de dos ejes).

Tabla 14. Factores considerando la presencia de emisiones

Categoría	Tipo	Flujo	Tarifa	Factor
Vehículo liviano	Tradicional	F_{01}	P_{01}	1
	Eléctrico	F_{02}	P_{02}	α_1
	Híbrido	F_{03}	P_{03}	α_2
Bus	Tradicional	F_{11}	P_{11}	1,8
	Eléctrico	F_{12}	P_{12}	β_1
	Híbrido	F_{12}	P_{13}	β_2
Camión de dos ejes	Tradicional	F_{21}	P_{21}	1,8
	Eléctrico	F_{22}	P_{22}	γ_1
	Híbrido	F_{23}	P_{23}	γ_2
Camión de más de dos ejes	Tradicional	F_{31}	P_{31}	3,1
	Eléctrico	F_{32}	P_{32}	ϵ_1
	Híbrido	F_{33}	P_{33}	ϵ_2

Fuente: Elaboración propia con información de CITRA (1993)

Al desagregar el flujo vehicular cambian los ingresos totales de la concesión, como se muestra en la ecuación (11).

$$\text{Ingresos}_i = P_0[(F_{01} + \alpha_1 F_{02} + \alpha_2 F_{03}) + (1,8F_{11} + \beta_1 F_{12} + \beta_2 F_{03}) + (1,8F_{21} + \gamma_1 F_{22} + \gamma_2 F_{23}) + (3,1F_{31} + \epsilon_1 F_{32} + \epsilon_2 F_{33})] * \text{longitud} \quad (11)$$

Luego, en la ecuación (12) se despeja la tarifa base (P_{01}). Para obtener las tarifas para los otros tipos de vehículos se debe multiplicar P_{01} por el factor correspondiente.

$$P_{01} = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{C_{in} * \text{Longitud}_i * (1-t)}{(1+r_i)^n} + \sum_{n=1}^N \frac{I_{in} * \text{Longitud}_i}{(1+r_i)^n} + \frac{\text{Valor Residual}}{(1+r_i)^N}}{\sum_{n=1}^N \frac{[(F_{01} + \alpha_1 F_{02} + \alpha_2 F_{03}) + (1,8F_{11} + \beta_1 F_{12} + \beta_2 F_{03}) + (1,8F_{21} + \gamma_1 F_{22} + \gamma_2 F_{23}) + (3,1F_{31} + \epsilon_1 F_{32} + \epsilon_2 F_{33})] * \text{Longitud}_i * (1-t)}{(1+r_i)^n}} \quad (12)$$

3.3.2. Definición de factores de pago

Las emisiones que emiten los automóviles se deben medir a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de los materiales para fabricarlos hasta su reciclaje final (ARVAL, 2020). Los vehículos eléctricos emiten CO2 de manera indirecta, durante su fase de producción y su fase de funcionamiento. Estas últimas se deben a las emisiones generadas en la producción de la electricidad utilizada para cargar la batería del vehículo (ARVAL, 2020).

ARVAL (2020) indica que:

- En la producción de un vehículo eléctrico se generan aproximadamente el 51% de todas sus emisiones de CO_2 , principalmente por la energía que se requiere para fabricar la batería. Representando, la batería, un 40% de las emisiones totales del vehículo.
- El 49% restante de las emisiones se producen durante la vida útil del vehículo, al cargarlo. Además, las emisiones producidas durante la carga dependerán del mix de producción de energía utilizado y podrían reducirse considerablemente si se utilizarán fuentes de energía renovables.

Entonces, si se tiene en cuenta todo el ciclo de vida de un vehículo, el eléctrico emite entre un 26-30% menos que un vehículo tradicional de gasolina de características similares (ARVAL, 2020).

Con respecto a los vehículos livianos híbridos se tiene que en su fase de producción producen más emisiones de CO_2 que los vehículos tradicionales, pero menos que un eléctrico, porque las baterías son más pequeñas (ARVAL, 2020). Luego, durante su fase de funcionamiento las emisiones dependerán del mix de carga que utilice, pero se podría asumir que las emisiones serán menores que los vehículos tradicionales y mayores que los eléctricos.

De esta forma, en base a la información anterior, se supone que los vehículos livianos eléctricos emiten un 30% menos emisiones que los tradicionales, y los híbridos un 15% menos. A partir de esto podemos definir los factores α como el factor del vehículo liviano tradicional menos el factor de emisiones definido para el vehículo liviano eléctrico o híbrido, según corresponda. Para calcular los otros factores se utiliza el mismo razonamiento, tal como se muestra en la ecuación (12).

$$\alpha = \beta = \gamma = \epsilon = \text{Factor} - \text{Factor de emisión} \quad (13)$$

Donde, factor se refiere al factor asociado al vehículo tradicional y factor de emisión se refiere a un factor asignado en base porcentaje de emisiones que emite el vehículo eléctrico u híbrido en comparación al vehículo tradicional correspondiente.

De esta forma para α_1 y α_2 el factor es 1 y sus factores de emisión son de 0,3 y 0,15 respectivamente. Es así como α_1 tiene un valor 0,7 y α_2 tiene un valor de 0,85.

Para los camiones y buses tenemos que los eléctricos producen al menos un 64% menos de emisiones durante su vida útil en comparación con los de diésel (O’Connell et al., 2023). En base a lo anterior se supone que, para buses y camiones eléctricos, las emisiones serán de un 64% menos que los tradicionales. Para los híbridos se seguirá el mismo supuesto anterior y se supondrá que emiten un 32% menos de emisiones. Así los factores β_1 y γ_1 tienen un valor de 1,16, β_2 y γ_2 tienen un valor de 1,48, ϵ_1 tiene un valor de 2,46 y ϵ_2 tiene un valor de 2,78.

En la Tabla 15 se presenta el resumen de los valores de los factores, considerando la presencia de emisiones, para todas las categorías de vehículo.

Tabla 15. Factores considerando la presencia de emisiones

Categoría	Tipo	Factor
Vehículo liviano	Tradicional	1
	Eléctrico	0,7
	Híbrido	0,85
Bus	Tradicional	1,8
	Eléctrico	1,16
	Híbrido	1,48
Camión de dos ejes	Tradicional	1,8
	Eléctrico	1,16
	Híbrido	1,48
Camión de más de dos ejes	Tradicional	3,1
	Eléctrico	2,46
	Híbrido	2,78

Fuente: Elaboración propia con información de CITRA (1993)

3.3.3. Escenarios de modelación

3.3.3.1. Escenario 1: desegregación de vehículos livianos

Como primer escenario sólo se considera la desegregación de vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos para la categoría de vehículos livianos. Se consideran los mismos flujos totales que para el escenario base y este se desagrega según un porcentaje de vehículos eléctricos e híbridos.

El informe emitido por ANAC (2023) indica las ventas acumuladas de vehículos livianos híbridos convencionales y vehículos eléctricos en Chile. A partir de esto se tiene que las ventas de ambos tipos de vehículos han representado el 0,08% de las ventas anuales

acumuladas a junio al 2012. Este porcentaje a crecido a lo largo de los años representando el 1,5% de las ventas anuales acumuladas a junio del 2023. Adicionalmente, se tiene que la repartición de estas ventas ha ido evolucionando hasta repartirse en un 65% de ventas de vehiculos híbridos y un 35% de ventas de vehículos eléctricos¹.

En la Unión Europea (EU) se tiene que al porcentaje de vehículos livianos eléctricos e híbridos ha ido aumentando desde un 0,03% en el año 2013 a un 0,87% en el año 2020 (EEA, 2021). Además, la proporción de este porcentaje entre vehículos eléctricos e híbridos se ha mantenido similar a lo largo del tiempo (EEA, 2021).

En base a la información anterior, para este escenario se considera un porcentaje fijo del 1%, del flujo vehicular de vehículos livianos, entre vehículos eléctricos e híbridos. También se considera que este porcentaje se reparte equitativamente, es decir, un 0,5% del flujo vehicular corresponde a vehículos livianos híbridos y el otro 0,5% a vehículos livianos eléctricos. En consecuencia, se considera que el 99% del flujo vehicular corresponde a vehículos livianos tradicionales.

Entre otras consideraciones:

- Se considera el mismo porcentaje de vehículos livianos eléctricos e híbridos para los 3 escenarios; (i) pesimista, (ii) tendencial y (iii) optimista.
- No se realizan cambios en los flujos de las otras categorías de vehículos (buses, camiones de dos ejes y camiones de más de dos ejes).
- Se mantienen el resto de las consideraciones del modelo base.

3.3.3.2. Escenario 2: desagregación de vehículos livianos considerando escenarios económicos

Se mantienen las mismas consideraciones del escenario 1, pero se proponen 3 escenarios de porcentaje de flujo vehicular según escenario económico.

- Pesimista: 0,7% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos.
- Tendencial: 1% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos.
- Optimista: 2% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos.

¹ Para más información, ver Anexo 4: Datos de ventas de vehículos eléctricos e híbridos.

Se mantienen el resto de las consideraciones del escenario 1.

3.3.3.3. Escenario 3: desagregación de vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes

Para este escenario se mantiene lo propuesto en el escenario 2 y se añade la desagregación por vehículos tradicionales y eléctricos para los buses y camiones de dos ejes.

Otras consideraciones son:

- Para los buses y camiones de dos ejes se consideran sólo vehículos tradicionales y eléctricos.
- Para los buses eléctricos se considera que representan un 0,1% del flujo vehicular asociado a buses.
- Para los camiones de dos ejes eléctricos se considera que representan un 0,01% del flujo vehicular asociado a camiones de dos ejes.
- Para los camiones de más de dos ejes no se considera la desagregación.
- Se considera el mismo porcentaje de flujo de buses y camiones de dos ejes eléctricos para los 3 escenarios económicos; (i) pesimista, (ii) tendencial y (iii) optimista.

En la Tabla 16 se presenta un resumen de las consideraciones para los 3 escenarios de modelación propuestos.

Tabla 16. Resumen escenarios de modelación

	Descripción	Consideraciones
Escenario 1: segregación de vehículos livianos	Se desagregan los vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos solo para los vehículos livianos.	<ul style="list-style-type: none"> • Se mantienen los mismos flujos vehiculares totales del modelo base. Esto se reparte como: <ul style="list-style-type: none"> - Vehículos livianos tradicional 99%. - Vehículos livianos eléctricos e híbridos 0,5% cada uno. • No se consideran distintos porcentajes de flujo de vehículos livianos por escenario económico.
Escenario 2: segregación de vehículos livianos considerando escenarios económicos	Se desagregan los vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos solo para los vehículos livianos. Se consideran 3 escenarios económicos para la repartición del flujo vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> • Se consideran distintos porcentajes de flujo de vehículos livianos por escenario económico: <ul style="list-style-type: none"> - Pesimista: 0,7% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos. - Tendencial: 1% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos. - Optimista: 2% del flujo vehicular corresponde a vehículos eléctricos e híbridos.
Escenario 3: segregación de vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes	Se desagregan los vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos para los vehículos livianos. Además, se desagregan vehículos tradicionales y eléctricos para los buses y camiones de dos ejes.	<ul style="list-style-type: none"> • Se mantienen las consideraciones del escenario 2 para vehículos livianos. • No se consideran distintos porcentajes de flujo de buses y camiones de dos ejes por escenario económico. • Se considera que los buses eléctricos representan un 0,1% del flujo vehicular asociado a buses. • Se considera que los camiones de dos ejes eléctricos representan un 0,01% del flujo vehicular asociado a camiones de dos ejes.

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. Resultados y discusión de resultados

3.3.4.1. Escenario 1: segregación de vehículos livianos

La recomendación de política tarifaria que se estudia en este caso es la consideración de los efectos de las emisiones al utilizar un modelo de tarificación por kilómetro. Como primer escenario se considera la desagregación sólo para vehículos livianos y no se considera un cambio en la desagregación del flujo vehicular según el escenario económico. Las tarifas obtenidas para este escenario se encuentran en las tablas 17, 18 y 19. En la Tabla 17 están las tarifas para vehículo liviano tradicional, en la Tabla 18 las tarifas para vehículo liviano eléctrico y en la Tabla 19 las tarifas para vehículo liviano híbrido. De esto se puede observar que las tarifas para vehículo tradicional no presentan una diferencia significativa en comparativa con las tarifas obtenidas para el modelo base. Sin embargo, al observar las tarifas de los vehículos livianos eléctricos e híbridos se observa que estas son notoriamente menores.

Es así como esta diferencia podría suponer un incentivo para el tránsito de vehículos eléctricos e híbridos sin comprometer a los usuarios de vehículos tradicionales.

Tabla 17. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 1

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	38	36	28	33	32	25	30	28	22
	CHCO	15	15	14	14	14	13	13	13	12
	CCP-CAB	31	30	23	27	25	20	24	22	18
	TRES PINOS	20	19	16	18	17	14	16	15	13
	INTERPORTUARIA	37	35	26	32	30	23	28	26	20
	Promedio	28	27	22	25	24	19	22	21	17
TIR 5%	ACCESO NORTE	41	39	31	37	35	27	33	31	24
	CHCO	16	16	15	15	15	14	14	14	13
	CCP-CAB	34	32	25	30	28	22	27	25	20
	TRES PINOS	22	20	17	20	19	16	18	17	15
	INTERPORTUARIA	39	37	28	35	33	25	31	30	22
		Promedio	30	29	23	27	26	21	25	23
TIR 6%	ACCESO NORTE	44	42	33	40	38	30	37	35	27
	CHCO	17	17	16	16	16	15	15	15	14
	CCP-CAB	36	35	27	33	31	24	30	28	22
	TRES PINOS	23	22	19	21	20	17	20	19	16
	INTERPORTUARIA	43	40	31	38	36	28	35	33	25
		Promedio	33	31	25	30	28	23	27	26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 1

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	27	25	20	23	22	17	21	20	15
	CHCO	10	11	10	10	10	9	9	9	9
	CCP-CAB	22	21	16	19	18	14	17	16	13
	TRES PINOS	14	13	11	13	12	10	12	11	9
	INTERPORTUARIA	26	24	18	22	21	16	20	19	14
	Promedio	20	19	15	17	17	13	16	15	12
TIR 5%	ACCESO NORTE	29	27	21	26	24	19	23	22	17
	CHCO	11	11	11	11	10	10	10	10	9
	CCP-CAB	24	22	18	21	20	15	19	18	14
	TRES PINOS	15	14	12	14	13	11	13	12	10
	INTERPORTUARIA	28	26	20	24	23	18	22	21	16
		Promedio	21	20	16	19	18	15	17	16
TIR 6%	ACCESO NORTE	31	30	23	28	27	21	26	24	19
	CHCO	12	12	11	11	11	11	11	11	10
	CCP-CAB	26	24	19	23	22	17	21	20	16
	TRES PINOS	16	16	13	15	14	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	30	28	22	27	25	19	24	23	18
		Promedio	23	22	18	21	20	16	19	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 1

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	32	31	24	28	27	21	25	24	19
	CHCO	13	13	12	12	12	11	11	11	10
	CCP-CAB	27	25	20	23	22	17	20	19	15
	TRES PINOS	17	16	14	15	15	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	31	29	22	27	25	20	24	22	17
	Promedio	24	23	18	21	20	16	19	18	15
TIR 5%	ACCESO NORTE	35	33	26	31	30	23	28	27	21
	CHCO	14	14	13	13	13	12	12	12	11
	CCP-CAB	29	27	21	25	24	19	23	21	17
	TRES PINOS	18	17	15	17	16	13	15	14	12
	INTERPORTUARIA	34	32	24	30	28	22	27	25	19
		Promedio	26	25	20	23	22	18	21	20
TIR 6%	ACCESO NORTE	38	36	28	34	32	26	31	30	23
	CHCO	14	15	14	14	14	13	13	13	12
	CCP-CAB	31	29	23	28	26	20	25	24	19
	TRES PINOS	20	19	16	18	17	15	17	16	14
	INTERPORTUARIA	36	34	26	32	31	24	30	28	21
		Promedio	28	27	21	25	24	19	23	22

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 20 presenta la diferencia de las tarifas para el vehículo liviano tradicional entre este escenario, que considera desagregación de vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos, y el modelo base. Esta diferencia se calcula como la tarifa de vehículo tradicional de este escenario menos la tarifa base (P_0) del modelo base, además, la fila “Promedio” refleja la diferencia promedio de las tarifas para cada caso. Esto ejemplifica lo mencionado anteriormente sobre la diferencia de las tarifas, ya que se puede apreciar que esta diferencia es mucho menor que un peso por kilómetro para todos los casos estudiados.

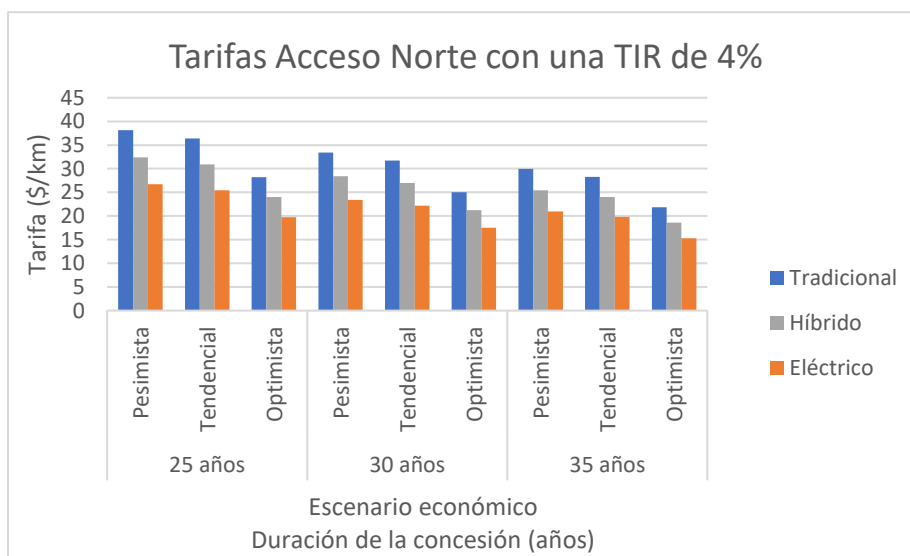
Tabla 20. Diferencia de tarifas entre modelo base y escenario 1 para vehículo liviano tradicional

Ruta		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	ACCESO NORTE	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
	CHCO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	CCP-CAB	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
	TRES PINOS	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	INTERPORTUARIA	0,07	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04
	Promedio	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
TIR 5%	ACCESO NORTE	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
	CHCO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	CCP-CAB	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
	TRES PINOS	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	INTERPORTUARIA	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,04
	Promedio	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
TIR 6%	ACCESO NORTE	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
	CHCO	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	CCP-CAB	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
	TRES PINOS	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02
	INTERPORTUARIA	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05
	Promedio	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03

Fuente: Elaboración propia

El Gráfico 3 presenta una comparativa de las tarifas de vehículo liviano tradicional, eléctrico e híbrido para la Ruta 152, acceso norte a Concepción. En este gráfico se presentan las tarifas para los 3 escenarios económicos y para las 3 duraciones de la concesión, con una TIR del 4%. En este gráfico se puede observar la diferencia de tarifa entre vehículos tradicionales, híbridos y eléctricos livianos.

Gráfico 3. Tarifas de vehículos livianos para Acceso Norte, escenario 1



3.3.4.2. Escenario 2: desegregación de vehículos livianos considerando escenarios económicos

En el caso de estudio actual se estudia la recomendación de política tarifaria que considera los efectos de las emisiones al utilizar un modelo de tarificación por kilómetro. Como segundo escenario se considera la desegregación sólo para vehículos livianos y se considera un cambio en la desegregación del flujo vehicular según el escenario económico. Las tarifas obtenidas para este escenario se encuentran en las Tablas 21, 22 y 23. En la Tabla 21 se encuentran las tarifas para vehículo liviano tradicional, en la Tabla 22 se encuentran las tarifas para vehículo liviano eléctrico y en la Tabla 23 las tarifas para vehículo liviano híbrido.

Este escenario se diferencia del escenario 1 en que en este se consideran distintos porcentajes de flujos de vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos, para los vehículos livianos, según escenario económico. Es decir, en el escenario económico pesimista se considera el menor porcentaje de flujo de vehículos eléctricos e híbridos, en el escenario tendencial se mantienen los porcentajes del escenario 1, y en el escenario optimista se considera el mayor porcentaje de estos vehículos.

Tabla 21. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 2

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
TIR	Ruta	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
	4%	ACCESO NORTE	38	36	28	33	32	25	30	28
CHCO		15	15	14	14	14	13	13	13	12
CCP-CAB		31	30	23	27	25	20	24	22	18
TRES PINOS		20	19	16	18	17	14	16	15	13
INTERPORTUARIA		36	35	26	32	30	23	28	26	20
Promedio		28	27	22	25	24	19	22	21	17
5%	ACCESO NORTE	41	39	31	37	35	27	33	31	24
	CHCO	16	16	15	15	15	14	14	14	13
	CCP-CAB	34	32	25	30	28	22	27	25	20
	TRES PINOS	22	20	17	20	19	16	18	17	15
	INTERPORTUARIA	39	37	28	35	33	25	31	30	22
	Promedio	30	29	23	27	26	21	25	23	19
6%	ACCESO NORTE	44	42	33	40	38	30	37	35	27
	CHCO	17	17	16	16	16	15	15	15	14
	CCP-CAB	36	35	27	33	31	24	30	28	22
	TRES PINOS	23	22	19	21	20	17	20	19	16
	INTERPORTUARIA	43	40	31	38	36	28	35	33	25
	Promedio	33	31	25	30	28	23	27	26	21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 2

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	27	25	20	23	22	18	21	20	15
	CHCO	10	11	10	10	10	9	9	9	9
	CCP-CAB	22	21	16	19	18	14	17	16	13
	TRES PINOS	14	13	11	13	12	10	11	11	9
	INTERPORTUARIA	26	24	18	22	21	16	20	19	14
Promedio	20	19	15	17	17	13	16	15	12	
TIR 5%	ACCESO NORTE	29	27	21	26	24	19	23	22	17
	CHCO	11	11	11	11	10	10	10	10	9
	CCP-CAB	24	22	18	21	20	15	19	18	14
	TRES PINOS	15	14	12	14	13	11	13	12	10
	INTERPORTUARIA	28	26	20	24	23	18	22	21	16
	Promedio	21	20	16	19	18	15	17	16	13
TIR 6%	ACCESO NORTE	31	30	23	28	27	21	26	24	19
	CHCO	12	12	11	11	11	11	11	11	10
	CCP-CAB	26	24	19	23	22	17	21	20	16
	TRES PINOS	16	16	13	15	14	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	30	28	22	27	25	19	24	23	18
	Promedio	23	22	18	21	20	16	19	18	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 2

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	32	31	24	28	27	21	25	24	19
	CHCO	13	13	12	12	12	11	11	11	10
	CCP-CAB	27	25	20	23	22	17	20	19	15
	TRES PINOS	17	16	14	15	15	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	31	29	22	27	25	20	24	22	17
Promedio	24	23	18	21	20	16	19	18	15	
TIR 5%	ACCESO NORTE	35	33	26	31	30	23	28	27	21
	CHCO	14	14	13	13	13	12	12	12	11
	CCP-CAB	29	27	21	25	24	19	23	21	17
	TRES PINOS	18	17	15	17	16	13	15	14	12
	INTERPORTUARIA	33	32	24	30	28	22	27	25	19
	Promedio	26	25	20	23	22	18	21	20	16
TIR 6%	ACCESO NORTE	38	36	28	34	32	26	31	30	23
	CHCO	14	15	14	14	14	13	13	13	12
	CCP-CAB	31	29	23	28	26	20	25	24	19
	TRES PINOS	20	19	16	18	17	15	17	16	14
	INTERPORTUARIA	36	34	26	32	31	24	30	28	21
	Promedio	28	27	21	25	24	19	23	22	18

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 24 presenta la diferencia de tarifas entre este escenario y el escenario 1. La diferencia es calculada como las tarifas asociadas del vehículo liviano tradicional del escenario 2 menos las del escenario 1. La fila “Promedio” representa la diferencia promedio de las tarifas para cada caso. De esto se observa que la diferencia de tarifas es variable para cada caso, pero sigue siendo pequeña para todos estos, siendo de alrededor de medio peso por kilómetro la diferencia más alta.

Tabla 24. Diferencia de tarifas entre escenario 2 y escenario 1 para vehículo liviano tradicional

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	0,11	0,36	0,25	0,41	-0,28	0,02	-0,08	0,28	-0,12
	CHCO	-0,09	0,39	0,37	0,26	0,00	0,19	0,26	0,03	0,35
	CCP-CAB	0,21	-0,49	0,33	0,05	0,44	0,07	-0,01	0,46	0,03
	TRES PINOS	0,02	-0,06	0,22	0,14	0,17	0,49	0,42	0,32	0,33
	INTERPORTUARIA	-0,50	-0,43	-0,01	-0,28	-0,11	0,14	0,21	0,46	0,17
	Promedio	-0,05	-0,05	0,23	0,12	0,05	0,18	0,16	0,31	0,15
TIR 5%	ACCESO NORTE	0,04	0,21	-0,33	-0,49	-0,28	0,42	0,19	0,44	0,39
	CHCO	-0,10	0,27	0,22	0,24	-0,03	0,11	0,32	0,07	0,33
	CCP-CAB	-0,28	-0,07	0,17	-0,32	-0,04	-0,03	-0,26	0,09	0,01
	TRES PINOS	-0,37	0,50	0,43	-0,27	-0,30	-0,25	0,09	-0,06	-0,35
	INTERPORTUARIA	0,40	0,37	0,28	-0,23	-0,18	0,36	0,40	-0,49	0,48
		Promedio	-0,06	0,26	0,16	-0,22	-0,16	0,12	0,15	0,01
TIR 6%	ACCESO NORTE	0,22	0,31	0,32	-0,13	-0,01	0,07	-0,26	-0,12	0,17
	CHCO	-0,03	0,24	0,15	0,30	0,02	0,10	0,46	0,20	0,39
	CCP-CAB	0,46	-0,43	0,22	-0,45	-0,28	0,09	-0,25	-0,03	0,20
	TRES PINOS	0,39	0,19	-0,23	0,48	0,39	0,14	-0,07	-0,29	0,09
	INTERPORTUARIA	-0,44	0,43	-0,20	0,08	0,01	-0,17	-0,13	-0,14	0,06
		Promedio	0,12	0,15	0,05	0,06	0,02	0,05	-0,05	-0,08

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.3. Escenario 3: desagregación de vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes

La recomendación de política tarifaria que se estudia en este caso es la consideración de los efectos de las emisiones al utilizar un modelo de tarificación por kilómetro. Como tercer escenario se considera la desagregación sólo para vehículos livianos, buses y camiones de dos ejes. Las tarifas obtenidas para el escenario 3 se encuentran entre las Tablas 25 y 29. La Tabla 25 presenta las tarifas para vehículos livianos tradicionales, la Tabla 26 las tarifas para vehículos livianos eléctricos, la Tabla 27 las tarifas para vehículos livianos híbridos, la Tabla 28 las tarifas para buses y camiones de dos ejes tradicionales, y la Tabla 29 las tarifas para buses y camiones de dos ejes eléctricos.

Para este escenario se mantuvieron los supuestos del escenario 2 pero se incorporó la desagregación de buses y camiones de dos ejes tradicionales y eléctricos, sin diferenciación de escenarios económicos.

Tabla 25. Tarifas de vehículo liviano tradicional, escenario 3

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
TIR	Ruta	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
	4%	ACCESO NORTE	38	36	28	33	32	25	30	28
CHCO		15	15	14	14	14	13	13	13	12
CCP-CAB		31	30	23	27	25	20	24	22	18
TRES PINOS		20	19	16	18	17	14	16	15	13
INTERPORTUARIA		36	35	26	32	30	23	28	26	20
Promedio		28	27	22	25	24	19	22	21	17
5%	ACCESO NORTE	41	39	31	37	35	27	33	31	24
	CHCO	16	16	15	15	15	14	14	14	13
	CCP-CAB	34	32	25	30	28	22	27	25	20
	TRES PINOS	22	20	17	20	19	16	18	17	15
	INTERPORTUARIA	39	37	28	35	33	25	31	30	22
	Promedio	30	29	23	27	26	21	25	23	19
6%	ACCESO NORTE	44	42	33	40	38	30	37	35	27
	CHCO	17	17	16	16	16	15	15	15	14
	CCP-CAB	36	35	27	33	31	24	30	28	22
	TRES PINOS	23	22	19	21	20	17	20	19	16
	INTERPORTUARIA	43	40	31	38	36	28	35	33	25
	Promedio	33	31	25	30	28	23	27	26	21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Tarifas de vehículo liviano eléctrico, escenario 3

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	27	25	20	23	22	18	21	20	15
	CHCO	10	11	10	10	10	9	9	9	9
	CCP-CAB	22	21	16	19	18	14	17	16	13
	TRES PINOS	14	13	11	13	12	10	11	11	9
	INTERPORTUARIA	26	24	18	22	21	16	20	19	14
	Promedio	20	19	15	17	17	13	16	15	12
TIR 5%	ACCESO NORTE	29	27	21	26	24	19	23	22	17
	CHCO	11	11	11	11	10	10	10	10	9
	CCP-CAB	24	22	18	21	20	15	19	18	14
	TRES PINOS	15	14	12	14	13	11	13	12	10
	INTERPORTUARIA	28	26	20	24	23	18	2	21	16
	Promedio	21	20	16	19	18	15	17	16	13
TIR 6%	ACCESO NORTE	31	30	23	28	27	21	26	24	19
	CHCO	12	12	11	11	11	11	11	11	10
	CCP-CAB	26	24	19	23	22	17	21	20	16
	TRES PINOS	16	16	13	15	14	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	30	28	22	27	25	19	24	23	18
	Promedio	23	22	18	21	20	16	19	18	15

Tabla 27. Tarifas de vehículo liviano híbrido, escenario 3

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	32	31	24	28	27	21	25	24	19
	CHCO	13	13	12	12	12	11	11	11	10
	CCP-CAB	27	25	20	23	22	17	20	19	15
	TRES PINOS	17	16	14	15	15	12	14	13	11
	INTERPORTUARIA	31	29	22	27	25	20	24	22	17
	Promedio	24	23	18	21	20	16	19	18	15
TIR 5%	ACCESO NORTE	35	33	26	31	30	23	28	27	21
	CHCO	14	14	13	13	13	12	12	12	11
	CCP-CAB	29	27	21	25	24	19	23	21	17
	TRES PINOS	18	17	15	17	16	13	15	14	12
	INTERPORTUARIA	33	32	24	30	28	22	27	25	19
	Promedio	26	25	20	23	22	18	21	20	16
TIR 6%	ACCESO NORTE	38	36	28	34	32	26	31	30	23
	CHCO	14	15	14	14	14	13	13	13	12
	CCP-CAB	31	29	23	28	26	20	25	24	19
	TRES PINOS	20	19	16	18	17	15	17	16	14
	INTERPORTUARIA	36	34	26	32	31	24	30	28	21
	Promedio	28	27	21	25	24	19	23	22	18

Tabla 28. Tarifas de buses y camiones de dos ejes tradicionales, escenario 3

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	69	65	51	60	57	45	54	51	39
	CHCO	27	28	26	26	25	24	24	23	22
	CCP-CAB	56	53	42	49	46	36	43	40	32
	TRES PINOS	36	34	29	33	31	26	30	28	24
	INTERPORTUARIA	66	62	47	57	54	42	51	48	36
	Promedio	51	49	39	45	43	35	40	38	31
TIR 5%	ACCESO NORTE	74	71	55	66	63	49	60	57	44
	CHCO	29	29	27	27	27	25	26	25	24
	CCP-CAB	61	57	45	53	50	40	48	45	36
	TRES PINOS	39	37	31	36	34	28	33	30	26
	INTERPORTUARIA	71	67	51	63	59	46	57	53	40
		Promedio	55	52	42	49	47	38	45	42
TIR 6%	ACCESO NORTE	80	76	60	72	68	54	66	63	49
	CHCO	31	31	29	29	29	27	28	27	26
	CCP-CAB	66	62	49	59	55	43	54	50	40
	TRES PINOS	42	40	34	39	37	31	36	34	29
	INTERPORTUARIA	77	73	55	69	65	50	63	59	45
		Promedio	59	56	45	53	51	41	49	47

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Tarifas de buses y camiones de dos ejes eléctricos, escenario 3

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	44	42	33	39	37	29	35	33	25
	CHCO	17	18	17	17	16	15	15	15	14
	CCP-CAB	36	34	27	31	30	23	28	26	21
	TRES PINOS	23	22	19	21	20	17	19	18	15
	INTERPORTUARIA	42	40	30	37	35	27	33	31	23
	Promedio	33	31	25	29	27	22	26	24	20
TIR 5%	ACCESO NORTE	48	45	36	42	40	32	39	36	28
	CHCO	18	19	18	18	17	16	17	16	15
	CCP-CAB	39	37	29	34	32	25	31	29	23
	TRES PINOS	25	24	20	23	22	18	21	20	17
	INTERPORTUARIA	46	43	33	40	38	29	36	34	26
		Promedio	35	34	27	32	30	24	29	27
TIR 6%	ACCESO NORTE	51	49	39	46	44	35	43	40	32
	CHCO	20	20	19	19	19	18	18	18	17
	CCP-CAB	42	40	32	38	36	28	35	32	26
	TRES PINOS	27	26	22	25	24	20	23	22	19
	INTERPORTUARIA	49	47	36	44	42	32	40	38	29
		Promedio	38	36	29	34	33	27	32	30

Fuente: Elaboración propia

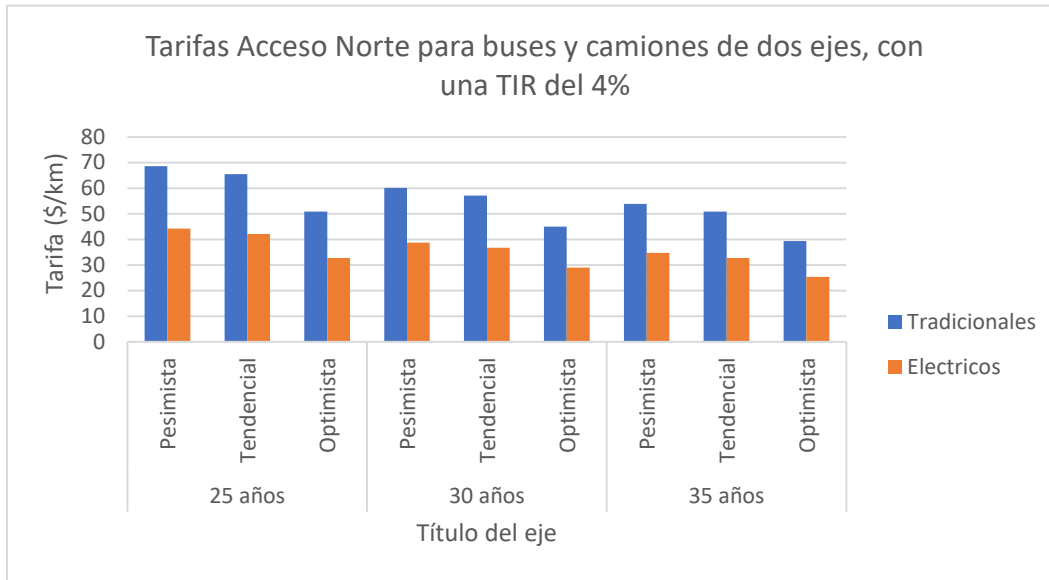
En la Tabla 30 se tiene la diferencia de tarifa para vehículo liviano tradicional entre este escenario y el escenario 2. Esta diferencia se calculó como la tarifa asociada al vehículo liviano tradicional para el escenario 3 menos la tarifa asociada al escenario 2. De esto se observó que la diferencia de tarifas es casi nula entre estos escenarios, por lo que incluir la desagregación de buses y camiones de dos ejes eléctricos al modelo no tiene un impacto grande en las tarifas de los vehículos livianos. Además, como las tarifas para el resto de las categorías de vehículos se pueden obtener multiplicando por el factor de pago asociado, se puede asumir que la diferencia de tarifas no es mayor para ninguna categoría de vehículo.

Tabla 30. Diferencia de tarifas entre escenario 3 y escenario 2 para vehículo liviano tradicional

		Tarifas (\$/km)								
		25 años			30 años			35 años		
		Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
TIR 4%	Ruta									
	ACCESO NORTE	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
	CHCO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	CCP-CAB	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	TRES PINOS	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
	INTERPORTUARIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Promedio	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TIR 5%	ACCESO NORTE	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000
	CHCO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	CCP-CAB	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
	TRES PINOS	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	INTERPORTUARIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		Promedio	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TIR 6%	ACCESO NORTE	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CHCO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	CCP-CAB	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000
	TRES PINOS	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	INTERPORTUARIA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		Promedio	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000

En el Gráfico 4 se tiene un ejemplo de comparación de tarifa entre buses y camiones de dos ejes tradicionales y eléctricos. Este ejemplo es para la ruta Acceso Norte, con una TIR del 4%. De este grafico se puede observar como la tarifa para buses y camiones de dos ejes eléctricos es bastante menor que la tarifa asociada a tradicionales.

Gráfico 4. Tarifas para buses y camiones de dos ejes para Acceso Norte, escenario 3



3.4. Resumen de los resultados obtenidos

En la Tabla 31 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada caso de estudio. En este resumen se presentan los resultados principales para cada caso de estudio y se presentan las tarifas obtenidas considerando una TIR del 5%, un plazo de la concesión de 30 años y un escenario económico tendencial.

Tabla 31. Resumen de los resultados obtenidos

Caso de Estudio	Descripción	Resultados para vehículo liviano (\$/km)					Interpretación	
		AN	CHCO	CCP-CAB	TP	RI		
Modelo Base	Se calculan las tarifas de las vías concesionadas, utilizando un modelo de tarificación por kilómetro.	35	15	28	19	33	En base a los resultados se observó que la tarifa depende de: (1) la duración de la concesión, de forma que al aumentar el tiempo de esta la tarifa disminuye (2) la TIR, de forma que al aumentarla las tarifas aumentan y (3) el escenario económico, donde las tarifas disminuyen en un escenario económico optimista.	
Mejora del estándar	Se considera la implementación de vías Free Flow para la ruta Interportuaria y se calcula como varía la tarifa, con respecto al modelo base, al incorporar esta inversión.	--	--	--	--	42	Se observó que al implementar vías Free Flow, en la ruta Interportuaria, la tarifa sube con respecto al modelo base. Este aumento es de entre un 26% y 30% según el escenario analizado.	
Estimación de la tarifa por kilómetro considerando la presencia de emisiones	Se considera un modelo de tarificación por kilómetro, al que se le añade la desagregación según tipo de vehículo (tradicional, eléctrico e híbrido).	Escenario 1: Desagregación de vehículo livianos	35	15	28	19	33	Se observó que la diferencia de tarifas entre este escenario y el modelo base es cercana a 0. Esto implicaría que se podría generar una tarifa menor para los vehículos livianos eléctricos e híbridos sin perjudicar a los usuarios de los vehículos tradicionales.
		Escenario 2: Desagregación de vehículo livianos considerando escenarios económicos	35	15	28	19	33	Se observó que, al considerar distinta repartición del flujo vehicular según escenario económico, las tarifas varían un poco más. Sin embargo, esta variación sigue siendo muy pequeña, con la mayor variación siendo de alrededor de medio peso por kilómetro.
		Escenario 3: Desagregación de vehículo livianos, buses y camiones de dos ejes	35	15	28	19	33	De los resultados se observó que, al incluir la desagregación de los buses y camiones de dos ejes, las tarifas para vehículo liviano tradicional nuevamente no varían mucho.

(1) AN: Acceso Norte, TP: Tres Pinos, RI: ruta Interportuaria

(2) Para el tercer caso de estudio, que considera desagregación según tipo de vehículo, se muestran las tarifas para vehículo liviano tradicional.

(3) **Fuente:** Elaboración propia

4. Conclusiones

La política tarifaria es el conjunto de criterios que definen que consideraciones se tendrán en cuenta al momento de tarificar. Echaveguren et al. (2020) define la política tarifaria como un conjunto de criterios multidimensionales que tienen por objetivo lograr la sustentabilidad del sistema de concesiones. En esta Memoria de Título se realizó un estudio de política tarifaria a través del análisis del comportamiento de la tarifa para las concesiones viales de la Región del Biobío.

Para esta memoria de título se propuso un modelo de política tarifaria que tome en cuenta las siguientes recomendaciones: (1) tarificación por kilómetro recorrido o cobro por uso efectivo, (2) mejora del estándar de las rutas concesionadas del Biobío y (3) consideración de las emisiones. La primera recomendación se estudia como modelo base, es decir, será la base de comparación para los resultados de las otras dos recomendaciones.

Para realizar este análisis se comenzó por definir un modelo base. Para esto, se utilizó el modelo de tarificación por kilómetro como política tarifaria base, y se calcularon las tarifas para las 5 rutas concesionadas de la Región del Biobío que se encuentran en operación. Para el cálculo de las tarifas por kilómetro se elaboró una base de datos con, principalmente, datos de (1) flujo vehicular, (2) costos totales y (3) inversiones totales para cada ruta concesionada de la Región del Biobío.

La tarifa base (P_0) esta inversamente relacionada con el flujo vehicular y la duración de la concesión. Esto debido a que se observó que al aumentar el flujo vehicular la tarifa disminuye, y de la misma forma al aumentar la duración de la concesión la tarifa igual disminuye. La relación entre P_0 y el flujo vehicular se explica debido a que, si el flujo vehicular es mayor, implica que más usuarios están circulando la ruta concesionada, por lo que los ingresos totales de esta aumentarán permitiendo disminuir la tarifa. De esta misma forma, la relación entre P_0 y la duración de la concesión se explica debido a que si aumenta la duración de la concesión también aumenta el periodo para recaudar los ingresos totales necesarios para obtener la rentabilidad determinada, lo que permite disminuir la tarifa.

Es importante mencionar que los flujos vehiculares dependen del PIB. Lo que significa que el flujo vehicular está ligado a la actividad económica del país. Otro aspecto relevante del flujo vehicular es que depende de la distribución espacial de los territorios.

Las consideraciones que se incluyeron en la política tarifaria fueron la mejora del estándar de servicio y la consideración de emisiones. Para ambas se utilizó el modelo base de tarificación por kilómetro y luego se incorporaron las consideraciones en casos de estudio separados.

Para la mejora del estándar de servicio de la ruta concesionada se tomó como referencia el estándar de la Ruta 5. A partir de esto, se observó que un estándar es que todas las rutas concesionadas deben contar con al menos una vía tipo Free Flow. Donde, para las rutas concesionadas de la Región del Biobío, la ruta Interportuaria es la única que no cuenta con vías estilo Free Flow. De esta forma, se propuso implementar una vía Free Flow como reemplazo de una vía de peaje manual.

Al implementar una vía Free Flow en la ruta Interportuaria los costos e ingresos totales aumentan, por lo que la tarifa también aumenta. De este análisis se obtuvo que el aumento de la tarifa fue de entre \$6 y \$11 por kilómetro. Es importante considerar que la ruta Interportuaria cuenta con una extensión de tan solo 14,5 kilómetros por lo que este aumento se traduce entre \$84 y \$159 para el total de la ruta.

De esta forma, con respecto a la implementación de las vías Free Flow, se concluye que este aumento sería notorio para los usuarios ya que representa un aumento de entre el 26% y el 30% con respecto a las tarifas del modelo base. Sin embargo, es importante considerar que incorporar sistemas Free Flow trae otros beneficios para los usuarios, como disminución de la congestión en las plazas de peaje y la reducción del tiempo de recorrido.

Para la incorporación de las emisiones dentro de la política tarifaria se modelaron 3 escenarios para estudiar el comportamiento de la tarifa. Como primer escenario sólo se consideró desagregación de vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos para vehículos livianos. Como segundo escenario se agregó al escenario 1 distinta repartición del flujo vehicular entre vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos según escenario económico.

Finalmente, como tercer escenario se incluyó al escenario 2 la desagregación de buses y camiones de dos ejes tradicionales y eléctricos.

Del primer escenario, que consideraba solo desagregación de vehículos livianos, se comparó la tarifa base del modelo base (P_0) con la tarifa base del escenario (P_{01}). A partir de esto, se observó que la variación entre estas tarifas es mucho menor que un peso por kilómetro. Al mismo tiempo se observó que existe una disminución importante para las tarifas de vehículos eléctricos e híbridos. Esto se debe a los factores de pago asociados y a que el flujo vehicular total de vehículos eléctricos e híbridos es menor, alrededor de 1% del flujo vehicular de vehículos livianos entre ambos. De esta forma, es posible establecer factores de pago menores para vehículos con menores emisiones como un incentivo sin perturbar las tarifas de los vehículos tradicionales.

Al incorporar cambio de la repartición del flujo vehicular según escenario económico (escenario 2) se obtuvo que las tarifas se mantienen prácticamente iguales. Esto debido a que la variación más alta de la tarifa de vehículo liviano tradicional, entre este escenario y el escenario 1, fue de medio peso por kilómetro. De esta forma, es viable aplicar estos factores de pago como incentivo, sin importar el escenario económico.

Al incorporar desagregación de buses y camiones de dos ejes tradicionales y eléctricos al modelo (escenario 3) se obtuvo que nuevamente las tarifas prácticamente no varían. Esto se debe a que el flujo vehicular de buses eléctricos y camiones de dos ejes eléctricos es menor, de 0,1% y 0,01% respectivamente, del flujo vehicular total correspondiente.

Los flujos de vehículos eléctricos e híbridos considerados fueron menores debido a que esto es un mercado muy nuevo, por lo que aún es muy pequeño. De esta forma, se propone que se considere sólo a los vehículos livianos. Esto debido a que son los que presentan un mercado mayor que se ha visto en aumento en los últimos años. Además, considerar un incentivo para buses y camiones podría suponer problemas para este sistema. Esto debido a que estos generalmente operan para empresas privadas, mientras que los vehículos livianos generalmente son utilizados por usuarios particulares.

En base a los resultados obtenidos se recomienda incluir en el modelo de política tarifaria la consideración de las emisiones para vehículos livianos. Esto debido a que los resultados

obtenidos indican que es factible generar tarifas diferenciadas que incentiven el uso de vehículos eléctricos e híbridos sin perjudicar a los usuarios de los vehículos tradicionales. Con respecto a la mejora del estándar, se recomienda que se estudien a mayor cabalidad los beneficios que obtendrían los usuarios al implementar vías Free Flow, en la ruta Interportuaria. Esto con el objetivo de definir si estos beneficios compensarán el alza en las tarifas de la ruta.

Este estudio tiene limitaciones, por un lado, los estudios de políticas tarifarias son limitados por lo que no hay muchas comparativas para los resultados obtenidos. Por otro lado, tampoco se cuenta con los datos exactos del porcentaje de la flota vehicular que corresponde a vehículos eléctricos e híbridos. Además, como el mercado de autos eléctricos e híbridos es reciente en el país los flujos vehiculares considerados en este estudio son menores. Lo que provoca que no tengan un gran efecto en las tarifas de los vehículos tradicionales al considerarlos. Adicionalmente, se espera que estos flujos vehiculares aumenten por la masificación de la venta de vehículos eléctricos e híbridos y la masificación del acceso a estaciones de carga.

Es así como se propone que un futuro estudio considere el impacto de los flujos futuros de vehículos eléctricos e híbridos. Así como también los diferentes tipos de vehículos de combustión interna y cero emisiones que hay en el mercado.

Otro aspecto importante que mencionar es que la política tarifaria que se usa actualmente se remonta a los inicios del sistema de concesiones viales en Chile. De esta misma forma, los factores de pago utilizados se remontan al estudio realizado por CITRA (1993). Es por esto que es de suma importancia actualizar los criterios y estudios utilizados para las nuevas rutas concesionadas.

5. Referencias

- ALEATICA. (26 de Diciembre de 2022). *Autopistas Free Flow: ¿Cuál Es Su Impacto En La Movilidad Urbana?* Obtenido de ALEATICA: https://www.aleatica.com/autopistas-free-flow/#Sistema_electronico_de_cobro_de_peajes_Semi-free_flow
- ANAC. (2019). *Informe del Mercado Automotor. Junio 2019.*
- ANAC. (2023). *Informe de ventas vehículos cero y bajas emisiones. Junio 2023.*
- ANAC. (2023). *Informe del Mercado Automotor. Junio 2023.*
- ARVAL. (2020). *Guía sobre las emisiones de los automóviles y su normativa.*
- CITRA. (1993). *Desarrollo de un sistema de tarificación para transporte interurbano.*
- DGC. (2022). *Informe trimestral.*
- DGC. (s.f.). *Dirección General de Concesiones.* Obtenido de <https://concesiones.mop.gob.cl/>
- Echaveguren et al. (2020). *Estudio de política tarifaria para la concesión de Ruta 5. Consejo de Políticas de Infraestructura (CPI).*
- Echaveguren et al. (2020). *Informe Etapa 3: Estudio de política tarifaria para la concesión de la ruta 5.*
- EEA. (2021). *Transport and environment report 2021. Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand.*
- Gómez, H. (2013). *Tarificación Dinámica en un Sistema de Gestión de Tele-peaje.*
- MOP. (2016). *Concesiones de Obras Públicas en Chile 20 años.* Santiago, Chile.
- Mujica de la Barra, G. (2014). *Modelo de negocio para cambiar sistema de cobro en autopistas interurbanas concesionadas.*
- O'Connell et al. (2023). *A comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of european heavy-duty vehicles and fuels.*
- Programa UC Libre Competencia. (2022). *Análisis dinámico y estático.*

TECSIDEL. (20 de Septiembre de 2013). *Peaje manual*. Obtenido de TECSIDEL:
[https://tecsidel.com/press/peaje-
manual/#:~:text=El%20peaje%20manual%20es%20el,chip%20norma%20EMV\)%2
C%20tarjetas%20de](https://tecsidel.com/press/peaje-manual/#:~:text=El%20peaje%20manual%20es%20el,chip%20norma%20EMV)%2C%20tarjetas%20de)

TECSIDEL. (s.f.). *Peaje Stop&Go*. Obtenido de TECSIDEL.

Xu et al. (2012). *Developing a concession pricing model for PPP highway projects*.

6. Anexos

6.1. Anexo 1: Estándar de servicio en la Ruta 5

En la Tabla 32 se presenta el estándar de servicio para elementos en la Ruta 5 proporcionado por Echaveguren et al. (2020).

Tabla 32. Estándar de servicio para elementos en la Ruta 5

(continua en la siguiente página)

Elemento	Descripción
Doble Calzada	La calzada principal de Ruta 5 considera una plataforma de 2 o 3 pistas por sentido, con un ancho de pista de 3.5 m, una berma interior de 1.0 m, berma exterior de 2.5 y una mediana de 6.0 m. En el caso de existencia de una pista lenta de 3.5 m, la mediana se puede tener un mínimo de 2.6 m.
Calles de servicio	Las calles de servicio deben considerar los siguientes elementos: plataforma, veredas peatonales, iluminación, demarcaciones y señalizaciones, y ciclovías. La plataforma debe ser bidireccional de 1 pista por sentido de 3.5 m, bermas de 1.0 a 1.5 m, y sobre anchos de 0.5 a 1.0 m.
Enlaces	Las características de la plataforma corresponden a las establecidas en los Capítulos 3.200 y 3.300 del MC-V3. Considerando que las pendientes en los accesos no deberán ser mayores a 3% cuando la carretera principal cruza en paso superior. Los lazos y ramales deben considerar: Velocidad según MC-V3, geometría según MC-V3 y puntos de convergencia y divergencia con nivel de servicio “C” según HCM (2016) Tramos de trenzado: Longitud y ancho de trenzado con geometría mínima del MC-V3, tal que tenga nivel de servicio “C” según HCM (2016)
Estructuras	
Paso superior	Se debe considerar lo siguiente: la plataforma de la ruta que pasa bajo una estructura sobre la cual atraviesa otro camino no debe ser alterada, la distancia lateral mínima debe tener un ancho de 1.8 m desde el borde de la calzada y 1.5 cuando existan pistas auxiliares, galibo vertical de mínimo de 5.0 m
Atraviesos	Se debe considerar lo siguiente: se debe respetar el ancho total de la plataforma del camino que cruza sobre la estructura, el ancho del tablero debe cumplir las disposiciones establecidas en el numeral 3.1003.101 del MC-V3; y se debe proveer de barreras para la contención del tránsito vehicular y barandas para el flujo de patones.
Puentes	Las infraestructura y superestructura debe considerar los requerimientos descritos en relación a parte estructural, hidráulica y sísmica descritos en el MC-V3 Capítulo 3.1000.
Pasarelas peatonales	Las pasarelas peatonales deben considerar rampas de acceso para rodado, iluminación, pasamanos de doble altura y zonas de acceso a la pasarela pavimentadas y libres de obstrucciones. Se deben ubicar en zonas urbanas y zonas donde existan paraderos de buses establecidos. Según lo descrito en la sección 3.308 del MC-V3, se deben ubicar cercos de mediana tipo S.M. o 7 AM, estos deben ser de altura 1.95 m o más de acuerdo con la sección 6.802 del MC-V6.

(Continuación) **Tabla 32.** Estándar de servicio para elementos en la Ruta 5

(continúa en la siguiente página)

Elemento	Descripción
Saneamiento, drenaje y protección de la plataforma	
Elementos de drenaje longitudinal	Las obras de saneamiento y drenaje deben permitir el escurrimiento de las aguas fuera de la calzada y permitir el paso de cauces sin afectar la vía. Se deben considerar a lo largo de toda la ruta de acuerdo con la función que cumplen los siguientes activos. Para el escurrimiento de aguas superficiales se debe considerar: cunetas, alcantarillas, sumideros y badenes
Elementos de drenaje transversal	Para el control de taludes se debe considerar: fosos, contrafosos y revestimientos de taludes. Para el control de drenaje subterráneo: filtro sub superficial, drenes, pozos verticales y baterías de drenaje.
Elementos de control y seguridad vial	
Señalizaciones y demarcaciones	Las señalizaciones y demarcaciones se deben ubicar de manera permanente en toda la ruta (calzada principal, enlaces, zonas laterales y accesos y salidas). Debe considerar lo siguiente: retrorreflexión, resistencia al deslizamiento, luminancia y posición. Los parámetros mínimos y recomendados se describen en el 6.300 del Volumen N°6 del Manual de Carreteras.
Sistemas de contención	Entendiendo sistemas de contención a barreras de contención, terminales de barreras, amortiguadores de impacto y pistas de emergencia. La ubicación y tipología de barreras de contención y terminales de barreras se debe realizar de acuerdo con las indicaciones de las secciones 6.502 del MC-V6 y 4.302 del MC-V4. Los amortiguadores de impacto se ubicarán en bifurcaciones divergentes y en puntos duros que puedan ser impactados frontalmente por los vehículos. Las pistas de emergencias se ubicarán de acuerdo con las justificaciones descritas en el numeral 6.504.302 del Volumen N°6 del Manual de Carreteras.
Cierros perimetrales	Los cierros perimetrales consideran los cercos de control de acceso, cercos de propiedad y cercos en las medianas. Los cercos de control de acceso y cercos de propiedad están toda la ruta delimitando la faja de expropiación o derecho de vía. Los cercos de mediana para la ruta 5, según lo descrito en la sección 3.308 del MC-V3, deben ser de tipo S.M. o 7 AM y se deben ubicar en zonas de baja a alta densidad poblacional, pasarelas peatonales y enlaces.
Paraderos de buses	Los paraderos deben considerar una zona de detención de buses, un refugio con capacidad para 3 a 4 personas, iluminación, pavimento de área de paradero y veredas de acceso. En el tronco de la ruta los paraderos deben estar ubicados fuera de la berma, en calles de servicio pueden ubicarse fuera o sobre la berma. Deben ubicarse a no más de 100 m de intersecciones y pasarelas peatonales.
Sistemas de emergencia (SOS)	Los teléfonos de emergencia deben estar ubicados al menos dos cada 3 kilómetros, uno a cada lado de la vía, y estar provistos de un área de estacionamiento pavimentada de 40 m, iluminación y un teléfono o citófono.
Veredas peatonales	Las veredas peatonales deben ubicarse en zonas urbanas, en la proximidad de pasarelas y paraderos, y en donde se requiera la conexión con un enlace. Deben tener una superficie pavimentada de un mínimo de 1.5 m y una separación de 0.5 m con la calle de servicio o la ciclovía.

(Continuación) **Tabla 32.** Estándar de servicio para elementos en la Ruta 5

(continúa en la siguiente página)

Elemento	Descripción
Ciclovías	Las ciclovías se deben considerar lo siguiente: estar ubicar a la derecha de la calle de servicio y a la izquierda de las veredas peatonales con una segregación física de 0.5 m entre estos elementos; una calzada bidireccional pavimentada con un ancho mínimo 2.4 m; y señalizaciones verticales y horizontales permanentes a lo largo del trazado. (Manual de vialidad ciclo-inclusiva (MINVU, 2015)).
Iluminación	Los sistemas de iluminación se deben ubicar en zonas donde se ubiquen paraderos de buses, pasarelas peatonales y enlaces, como así también en zonas de travesía urbana y de alto flujo peatonal. La iluminación debe considerar lo siguiente: homogeneidad en la luminancia general, ser un sistema redundante para permitir continuidad en el servicio y ser compatible con la reflectancia de las señalizaciones verticales y horizontales. El espaciamiento entre luminarias se estima según lo descrito en el 6.702 del Volumen N°6 del Manual de Carreteras.
Áreas de servicios	
Áreas de control	Las áreas de control policial, sanitario y de impuestos internos deben presentar una superficie mínima de 20.000 m ² con 10.000 m ² pavimentados y 200m ² de bandejones con soleras cada uno, demarcación e iluminación.
Áreas de servicios generales	Las Áreas de Servicios deben ubicarse en el tronco de la ruta con una frecuencia de 1 cada 40 o 60 km, considerar una superficie mínima de 1.5 ha y estar provistas de lo siguiente: zonas de estacionamiento pavimentadas con una capacidad mínima 20 vehículos livianos y 5 buses, servicios higiénicos, iluminación, agua potable y energía eléctrica.
Áreas de estacionamiento de camiones	Las zonas destinadas al estacionamiento de camiones deben estar ubicadas con una frecuencia de 1 cada 40 a 60 km, considerar un área mínima de 1.5 ha y tener una superficie pavimentada con una capacidad mínima de 20 camiones con remolque. Deben estar provistas se servicios higiénicos, iluminación y vigilancia.
Estación de atención de emergencias	Las áreas de atención y control de emergencias deben considerar como mínimo lo siguiente: zonas de estacionamiento para vehículos de emergencia pavimentadas, pistas de rápido acceso y salida de vehículos de emergencia, edificio de control de emergencias, iluminación, agua potable, energía eléctrica y zona de almacenamiento de combustible.
Sistemas de cobro de peaje free-flow	Los telepeajes o sistemas free-flow deben estar provistos como mínimo de los siguientes: estructura física del pórtico que abarque las 4 pistas, sistema TRX para detectar el TAG del vehículo, sensor VR para capturar las patentes, sensor VDC para detectar la presencia del vehículo, iluminación en área de telepeaje, demarcación de área de aproximación, área de cola, área de recuperación y área de partida.

6.2. Anexo 2: Costos Sistema Free Flow

En la Tabla 33 se presentan la inversión necesaria para implementar un sistema de Free Flow según la cantidad de calzadas necesarias.

Tabla 33. Inversión para implementar un sistema Free Flow

CENTRO DE COSTO	ACTIVIDAD	2 Calzadas	1 calzada
		UF	UF
Preparación del área de trabajo	Desmontaje, desmantelación y traslado de casetas de peajes laterales	1000,00	400,00
	Remoción de señales	500	200
Subtotal		1.500,00	600,00
Sistema de Captura de Transacciones (SCT)	Pórtico de cuatro vías	17.500,00	12250
	Shelter equipado (UPS, , Eq. Electyrógeno, AA,etc.)	2.100,00	1.050,00
	Obras Civiles, acomentidas Electricas	315,00	157,5
	Gabinete Subestación	378,00	378,00
	Instalación Eléctrica	945,00	472,5
	Montaje, Pruebas y Certificación	900,00	630
Subtotal		22.138,00	14.938,00
Sistema de Operación de Peaje y Back Office	Servicio de Consultoría	4.875,00	2437,5
	Licencias (software /BBDD)	10.400,00	10.400,00
Subtotal		15.275,00	12.837,50
Fibra Óptica y Hardware	Hardware e Instalaciones	3.000,00	1500
	Fibra 12 pelos moomodo	656,00	328
	Empalmes y Conectores	98,00	49
Subtotal		3.754,00	1.877,00
TOTAL		42.667,00	30.252,50

Fuente: Echaveguren et al. (2020)

En la Tabla 34 se presentan los costos anuales de operación por pórtico que tiene un sistema Free Flow.

Tabla 34. Costos de operación anual por pórtico para un sistema Free Flow

Item	UF (2 calzadas)	UF (1 calzada)
Proceso de facturación	6942	2777
Proceso de Cobranza	26619	10648
Atención al Cliente	11025	4410
Soporte de Sistemas	27267	10907
Operación Recursos Humanos		
Facturación	460	184
Recaudación y Cobranza	3850	1540
Calidad datos Cliente	530	212
Atención al Cliente	1550	620
Validación Manual	450	180
Control de Fraude	530	212
SUBTOTAL OPERACIÓN	79223	31689
COSTOS DE MANTENICIÓN ANUAL POR PÓRTICO		
Soporte de Sistemas	27267	10907
Mantenimiento de Hardware y Enlaces	5900	2360
SUB TOTAL MANTENICIÓN	33167	13267
TOTAL AÑO	112390	44956
Cantidad de Vías	4	2
Costo de Operación y Mantención por pista (UF/pista/año)	28098	22478

Fuente: Echaveguren et al. (2020)

6.3. Anexo 3: Datos

Tabla 35. Flujo ponderado truncado para cada vía concesionada según escenario económico

Año	Acceso Norte			Chillan-Collipulli			Concepción-Cabrero			Tres Pinos			Ruta Interportuaria		
	Flujo ponderado			Flujo ponderado			Flujo ponderado			Flujo ponderado			Flujo ponderado		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	7.713.003	7.756.794	8.004.213	19.936.601	19.982.087	20.239.086	6.428.436	6.479.072	6.765.170	10.914.920	10.998.423	11.470.216	5.321.924	5.361.193	5.583.064
2024	8.173.342	8.262.816	8.771.634	20.414.763	20.507.701	21.036.219	6.960.739	7.064.200	7.652.561	11.792.720	11.963.334	12.933.576	5.734.728	5.814.963	6.271.240
2025	8.643.164	8.780.274	9.565.070	20.902.775	21.045.194	21.860.374	7.504.008	7.662.552	8.570.034	12.688.603	12.950.052	14.446.544	6.156.036	6.278.988	6.982.745
2026	9.122.665	9.309.427	10.385.404	21.400.841	21.594.834	22.712.469	8.058.468	8.274.426	9.518.609	13.602.942	13.959.070	16.010.802	6.586.023	6.753.499	7.718.370
2027	9.612.043	9.850.538	11.233.547	21.909.166	22.156.895	23.593.449	8.624.350	8.900.129	10.499.341	14.536.115	14.990.891	17.628.088	7.024.867	7.238.735	8.478.932
2028	10.111.503	10.403.879	12.110.442	22.427.963	22.731.660	24.504.295	9.201.889	9.539.972	11.513.319	15.488.512	16.046.032	19.300.200	7.472.752	7.734.937	9.265.278
2029	10.621.251	10.969.725	13.017.064	22.957.448	23.319.414	25.446.018	9.791.326	10.194.277	12.561.672	16.460.529	17.125.019	21.028.997	7.929.863	8.242.354	10.078.281
2030	11.141.500	11.548.360	13.954.420	23.497.839	23.920.451	26.419.666	10.392.905	10.863.368	13.645.564	17.452.569	18.228.391	22.816.399	8.396.391	8.761.237	10.918.845
2031	11.667.312	12.132.217	14.912.117	24.044.008	24.526.913	27.414.443	11.000.915	11.538.498	14.752.977	18.455.215	19.341.721	24.642.590	8.867.906	9.284.805	11.777.649
2032	12.193.329	12.718.387	15.884.170	24.590.392	25.135.778	28.424.130	11.609.164	12.216.304	15.876.989	19.458.254	20.459.464	26.496.154	9.339.607	9.810.446	12.649.327
2033	12.721.819	13.309.189	16.872.945	25.139.343	25.749.454	29.451.187	12.220.272	12.899.465	17.020.337	20.466.008	21.586.038	28.381.604	9.813.524	10.340.242	13.536.000
2034	13.252.513	13.901.576	17.874.852	25.690.584	26.364.776	30.491.885	12.833.929	13.584.459	18.178.871	21.477.965	22.715.633	30.292.096	10.289.418	10.871.458	14.434.449
2035	13.782.349	14.495.107	18.889.114	26.240.933	26.981.287	31.545.417	13.446.593	14.270.775	19.351.691	22.488.285	23.847.411	32.226.148	10.764.542	11.403.700	15.343.977
2036	14.313.726	15.092.244	19.918.260	26.792.884	27.601.544	32.614.408	14.061.040	14.961.263	20.541.722	23.501.545	24.986.066	34.188.581	11.241.049	11.939.176	16.266.853
2037	14.843.462	15.689.733	20.958.270	27.343.129	28.222.165	33.694.684	14.673.588	15.652.156	21.744.316	24.511.674	26.125.391	36.171.729	11.716.083	12.474.968	17.199.470
2038	15.374.048	16.287.102	22.011.789	27.894.258	28.842.662	34.788.991	15.287.120	16.342.911	22.962.529	25.523.425	27.264.487	38.180.636	12.191.881	13.010.652	18.144.201
2039	15.905.183	16.886.963	23.078.168	28.445.957	29.465.748	35.896.658	15.901.287	17.036.547	24.195.614	26.536.222	28.408.335	40.214.068	12.668.170	13.548.570	19.100.465
2040	16.433.503	17.485.853	24.152.953	28.994.732	30.087.825	35.896.658	16.512.199	17.729.060	25.438.418	27.543.653	29.550.331	42.263.526	13.141.935	14.085.618	20.064.266
2041	16.961.643	18.083.274	25.235.096	29.543.320	30.708.377	35.896.658	17.122.902	18.419.875	26.689.731	28.550.740	30.689.527	42.263.526	13.615.539	14.621.349	21.034.666
2042	17.486.124	18.678.720	26.323.511	30.088.107	31.326.877	35.896.658	17.729.374	19.108.407	27.948.296	29.550.848	31.824.957	42.263.526	14.085.861	15.155.309	22.010.690
2043	18.009.675	19.275.010	27.421.160	30.631.928	31.946.253	35.896.658	18.334.770	19.797.914	29.217.540	30.549.184	32.961.996	42.263.526	14.555.350	15.690.025	22.994.995
2044	18.528.702	19.868.410	28.522.994	31.171.050	32.562.628	35.896.658	18.934.937	20.484.079	30.491.621	31.538.894	34.093.524	42.263.526	15.020.782	16.222.150	23.983.052
2045	19.046.034	20.458.394	29.632.118	31.708.411	33.175.454	35.896.658	19.533.142	21.166.294	31.774.132	32.525.370	35.218.538	42.263.526	15.484.693	16.751.211	24.977.646
2046	19.571.435	21.058.467	30.769.746	32.254.155	33.798.759	35.896.658	20.140.679	21.860.175	33.089.604	33.527.235	36.362.789	42.263.526	15.955.841	17.289.320	25.997.801
2047	20.105.033	21.668.800	31.936.611	32.808.412	34.432.723	35.896.658	20.757.693	22.565.922	34.438.883	34.544.729	37.526.607	42.263.526	16.434.339	17.836.630	27.044.174
2048	20.646.955	22.289.571	33.133.464	33.371.316	35.077.528	35.896.658	21.384.333	23.283.736	34.438.883	35.578.097	38.710.327	42.263.526	16.920.302	18.393.299	28.117.439
2049	21.197.331	22.920.956	34.361.077	33.943.001	35.077.528	35.896.658	22.020.749	24.013.825	34.438.883	36.627.584	39.914.288	42.263.526	17.413.845	18.959.487	29.218.287
2050	21.756.293	23.563.139	35.620.239	34.523.604	35.077.528	35.896.658	22.667.092	24.756.399	34.438.883	37.693.444	41.138.836	42.263.526	17.915.088	19.535.356	30.347.427
2051	22.323.975	24.216.302	36.911.762	34.523.604	35.077.528	35.896.658	23.323.519	25.511.671	34.438.883	37.693.444	42.384.325	42.263.526	18.424.150	20.121.074	31.505.586
2052	22.900.513	24.880.635	38.236.477	34.523.604	35.077.528	35.896.658	23.990.186	26.279.857	34.438.883	37.693.444	43.651.111	42.263.526	18.941.154	20.716.807	32.693.509
2053	23.486.044	25.556.328	39.595.237	34.523.604	35.077.528	35.896.658	24.667.253	27.061.180	34.438.883	37.693.444	44.939.560	42.263.526	19.466.223	21.322.727	33.911.962
2054	24.080.710	26.243.575	40.988.917	34.523.604	35.077.528	35.896.658	25.354.882	27.855.864	34.438.883	37.693.444	44.939.560	42.263.526	19.999.483	21.939.008	35.161.729
2055	24.684.653	26.942.574	42.418.415	34.523.604	35.077.528	35.896.658	26.053.238	28.664.136	34.438.883	37.693.444	44.939.560	42.263.526	20.541.062	22.565.827	35.161.729
2056	25.298.017	27.653.526	42.418.415	34.523.604	35.077.528	35.896.658	26.762.488	29.486.230	34.438.883	37.693.444	44.939.560	42.263.526	21.091.089	23.203.366	35.161.729
2057	25.920.950	28.376.635	42.418.415	34.523.604	35.077.528	35.896.658	27.482.803	30.322.382	34.438.883	37.693.444	44.939.560	42.263.526	21.649.697	23.851.806	35.161.729

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Inversiones totales para cada vía concesionada según escenario económico

Año	Acceso Norte			Chillan-Collipulli			Concepción-Cabrero			Tres Pinos			Ruta Interportuaria		
	Inversiones Totales (UF)			Inversiones Totales (UF)			Inversiones Totales (UF)			Inversiones Totales (UF)			Inversiones Totales (UF)		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	4.894.581	4.894.581	4.894.581	7.107.500	7.107.500	7.107.500	4.439.161	4.439.161	4.439.161	4.117.043	4.117.043	4.117.043	582.975	582.975	582.975
2024	4.894.581	4.894.581	4.894.581	7.107.500	7.107.500	7.107.500	4.439.161	4.439.161	4.439.161	4.117.043	4.117.043	4.117.043	582.975	582.975	582.975
2025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2028	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	244.146	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2033	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	244.146	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2034	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2038	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	3.233.007	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2039	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.574.018	-	-	-
2040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2043	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	244.146	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2046	-	-	-	-	-	-	-	-	1.828.691	-	-	-	-	-	-
2047	-	-	-	-	2.988.861	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2048	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	244.146	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2049	-	-	1.574.016	2.988.861	-	-	-	-	-	-	1.574.018	-	-	-	256.441
2050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2052	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.574.018	-	-	-	-	-
2053	128.574	128.574	128.574	244.146	244.146	244.146	149.377	149.377	149.377	128.574	128.574	128.574	20.947	20.947	20.947
2054	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2055	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2056	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Costos totales para cada vía concesionada según escenario económico

Año	Acceso Norte			Chillan-Collipulli			Concepción-Cabrero			Tres Pinos			Ruta Interportuaria		
	Costos totales (UF)			Costos totales (UF)			Costos totales (UF)			Costos totales (UF)			Costos totales (UF)		
	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista	Pesimista	Tendencial	Optimista
2023	361.220	361.220	361.220	524.534	524.534	524.534	327.610	327.610	327.610	303.838	303.838	303.838	43.024	43.024	43.024
2024	361.220	361.220	361.220	524.534	524.534	524.534	327.610	327.610	327.610	303.838	303.838	303.838	43.024	43.024	43.024
2025	361.220	361.220	361.220	524.534	524.534	524.534	327.610	327.610	327.610	303.838	303.838	303.838	43.024	43.024	43.024
2026	361.220	361.220	361.220	524.534	524.534	524.534	327.610	327.610	327.610	303.838	303.838	303.838	43.024	43.024	43.024
2027	365.964	365.964	365.964	533.542	533.542	533.542	333.122	333.122	333.122	308.582	308.582	308.582	43.797	43.797	43.797
2028	365.964	365.964	365.964	533.542	533.542	533.542	333.122	333.122	333.122	308.582	308.582	308.582	43.797	43.797	43.797
2029	365.964	365.964	365.964	533.542	533.542	533.542	333.122	333.122	333.122	308.582	308.582	308.582	43.797	43.797	43.797
2030	365.964	365.964	365.964	533.542	533.542	533.542	333.122	333.122	333.122	308.582	308.582	308.582	43.797	43.797	43.797
2031	365.964	365.964	365.964	533.542	533.542	533.542	333.122	333.122	333.122	308.582	308.582	308.582	43.797	43.797	43.797
2032	370.709	370.709	370.709	542.551	542.551	542.551	338.634	338.634	338.634	313.326	313.326	313.326	44.569	44.569	44.569
2033	370.709	370.709	370.709	542.551	542.551	542.551	338.634	338.634	338.634	313.326	313.326	313.326	44.569	44.569	44.569
2034	370.709	370.709	370.709	542.551	542.551	542.551	338.634	338.634	338.634	313.326	313.326	313.326	44.569	44.569	44.569
2035	370.709	370.709	370.709	542.551	542.551	542.551	338.634	338.634	338.634	313.326	313.326	313.326	44.569	44.569	44.569
2036	370.709	370.709	370.709	542.551	542.551	542.551	338.634	338.634	338.634	313.326	313.326	313.326	44.569	44.569	44.569
2037	375.453	375.453	375.453	551.560	551.560	661.849	344.146	344.146	344.146	318.071	318.071	318.071	45.342	45.342	45.342
2038	375.453	375.453	375.453	551.560	551.560	661.849	344.146	344.146	344.146	318.071	318.071	376.152	45.342	45.342	45.342
2039	375.453	375.453	375.453	551.560	551.560	661.849	344.146	344.146	344.146	318.071	318.071	376.152	45.342	45.342	45.342
2040	375.453	375.453	375.453	551.560	551.560	661.849	344.146	344.146	344.146	318.071	318.071	376.152	45.342	45.342	45.342
2041	375.453	375.453	375.453	551.560	551.560	661.849	344.146	344.146	344.146	318.071	318.071	376.152	45.342	45.342	45.342
2042	380.198	380.198	380.198	560.569	560.569	670.858	349.658	349.658	349.658	322.815	322.815	380.897	46.115	46.115	46.115
2043	380.198	380.198	380.198	560.569	560.569	670.858	349.658	349.658	349.658	322.815	322.815	380.897	46.115	46.115	46.115
2044	380.198	380.198	380.198	560.569	560.569	670.858	349.658	349.658	349.658	322.815	322.815	380.897	46.115	46.115	46.115
2045	380.198	380.198	380.198	560.569	560.569	670.858	349.658	349.658	417.137	322.815	322.815	380.897	46.115	46.115	46.115
2046	380.198	380.198	380.198	560.569	670.858	670.858	349.658	349.658	417.137	322.815	322.815	380.897	46.115	46.115	46.115
2047	384.942	384.942	384.942	569.578	679.867	679.867	355.170	355.170	422.649	327.560	327.560	385.641	46.888	46.888	46.888
2048	384.942	384.942	443.023	679.867	679.867	679.867	355.170	355.170	422.649	327.560	385.641	385.641	46.888	46.888	56.351
2049	384.942	384.942	443.023	679.867	679.867	679.867	355.170	355.170	422.649	327.560	385.641	385.641	46.888	46.888	56.351
2050	384.942	384.942	443.023	679.867	679.867	679.867	355.170	355.170	422.649	327.560	385.641	385.641	46.888	46.888	56.351
2051	384.942	384.942	443.023	679.867	679.867	679.867	355.170	355.170	422.649	385.641	385.641	385.641	46.888	46.888	56.351
2052	389.686	389.686	447.767	688.876	688.876	688.876	360.682	360.682	428.161	390.385	390.385	390.385	47.661	47.661	57.124
2053	389.686	389.686	447.767	688.876	688.876	688.876	360.682	360.682	428.161	390.385	390.385	390.385	47.661	47.661	57.124
2054	389.686	389.686	447.767	688.876	688.876	688.876	360.682	360.682	428.161	390.385	390.385	390.385	47.661	47.661	57.124
2055	389.686	389.686	447.767	688.876	688.876	688.876	360.682	360.682	428.161	390.385	390.385	390.385	47.661	47.661	57.124
2056	389.686	389.686	447.767	688.876	688.876	688.876	360.682	360.682	428.161	390.385	390.385	390.385	47.661	47.661	57.124
2057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

6.4. Anexo 4: Datos de ventas de vehículos eléctricos e híbridos

En la Tabla 38 se encuentran los datos de ventas acumuladas de vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales a junio de cada año. Esta información fue extraída del informe emitido por ANAC (2023).

Tabla 38. Ventas acumuladas de vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales a junio de cada año

Año	Vehículos híbridos convencionales vendidos (unidades)	Porcentaje de repartición (%)	Vehículos eléctricos vendidos (unidades)	Porcentaje de repartición (%)	Ventas totales, por periodo (unidades)
2011	127	97,69	3	2,31	130
2012	122	97,60	3	2,40	125
2013	160	100,00	-	-	160
2014	124	97,64	3	2,36	127
2015	74	91,36	7	8,64	81
2016	75	87,21	11	12,79	86
2017	116	65,17	62	34,83	178
2018	428	86,64	66	13,36	494
2019	418	81,48	95	18,52	513
2020	217	79,49	56	20,51	273
2021	635	76,32	197	23,68	832
2022	1131	67,16	553	32,84	1684
2023	1470	65,42	777	34,58	2247

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ANAC (2023)

En la Tabla 39 se encuentran los datos de las ventas acumuladas de vehículos livianos a junio de cada año. En esta tabla también se muestra que porcentaje de las ventas de vehículos livianos, a junio de cada año, representan los vehículos eléctricos e híbridos convencionales. Los datos de ventas de vehículos livianos vendidos a junio de cada año fueron extraídos de los informes emitidos por ANAC (2023) y ANAC (2019). Los datos de los vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales vendidos a junio de cada año fueron calculados a partir de los datos emitidos por el informe de ANAC (2023).

Tabla 39. Ventas acumuladas de vehículos livianos a junio de cada año

Año	Vehículos livianos totales vendidos (unidades)	Vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales vendidos (unidades)	Porcentaje de vehículos livianos eléctricos e híbridos convencionales vendidos (%)
2011	-	130	-
2012	157.290	125	0,079
2013	182.537	160	0,088
2014	165.525	127	0,077
2015	130.493	81	0,062
2016	140.147	86	0,061
2017	162.663	178	0,109
2018	202.130	494	0,244
2019	187.020	513	0,274
2020	102.746	273	0,266
2021	178.856	832	0,465
2022	222.453	1684	0,757
2023	159.211	2247	1,411

Fuente: Elaboración propia en base a datos de ANAC (2019), ANAC (2023) y ANAC (2023)

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA
RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO**

Departamento de Ingeniería		Industrial	
Título		Recomendaciones de políticas de tarificación en rutas concesionadas del Biobío	
Nombre Memorista		Cecilia Esperanza Amaza Cea	
Modalidad		Investigación	
Concepto		Profesor(es) Patrocinante	
Calificación		Marcela Parada Contzen Tomas Echaveguren Navarro	
Fecha	23 de agosto 2023	Ingeniero Supervisor	Institución
		-	-
Comisión (Nombre y Firma)			
Resumen			
<p>En esta Memoria de Título se realiza un estudio de política tarifaria a través del análisis del cálculo de la tarifa para las concesiones viales de la Región del Biobío. Se comienza por una revisión de la literatura sobre política tarifaria, concesiones viales y concesiones en la Región del Biobío. A partir de lo anterior se proponen nuevas consideraciones para la política tarifaria existente en Chile. Primero se utiliza un modelo base que considera una política tarifaria que incorpore una tarificación por kilómetro, es decir, que el usuario pague por el uso efectivo en base a los kilómetros que recorre de la concesión vial. Segundo, manteniendo la primera propuesta de política tarifaria, se propone un modelo que considere aumentar el estándar de servicio de las rutas concesionadas de la Región del Biobío, utilizando el estándar de la ruta 5 como base. Tercero, se propone un modelo que mantiene la tarificación por kilómetro y que incorpore la desagregación por vehículos tradicionales, eléctricos e híbridos al modelo.</p>			

