PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

TRANSPORTE RURAL EN CHILE: UN ESTUDIO EMPÍRICO SOBRE LA EFICIENCIA DE LAS LICITACIONES PÚBLICAS

VICENTE JOAQUÍN VIEL RAMÍREZ

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
HUGO SILVA
MARCO BATARCE

Santiago de Chile, Diciembre, 2020

© 2020, Vicente Viel

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

TRANSPORTE RURAL EN CHILE:

UN ESTUDIO EMPÍRICO SOBRE LA EFICIENCIA DE LAS LICITACIONES PÚBLICAS

VICENTE JOAQUÍN VIEL RAMÍREZ

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

HUGO SILVA MONTALVA

MARCO BATARCE MORENO

BERNARDO QUIROGA GÓMEZ

JUAN ENRIQUE COEYMANS AVARIA

NÉSTOR ESCALONA BURGOS

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, diciembre de 2020

Por sobre todo a mis padres; que vivieron conmigo cada paso de este largo camino, a mi hermano Rodrigo, a todos mis amigos y amigas, familiares y cercanos que siguieron creyendo en mí incluso cuando hubo razones para no hacerlo.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a mi familia: papá, mamá y hermano, que me acompañaron en este largo proceso y me levantaron cada vez que fue necesario. A mis supervisores Hugo y Marco, por su infinita paciencia, comprensión y pedagogía. A Juan Enrique Coeymans por acompañarme y servir como permanente mentor en mi desarrollo como estudiante de ingeniería y como alumno de magíster. A mis amigos Hernán, Munir, Carolina, Natalie, Thomas, Daniel, Carla, Valentina, Alexandra y a Juan Barriga por sus constantes ánimos en momentos clave.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS iii

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

1. INTRODUCCIÓN 1
   - 1.1. Motivación 1
   - 1.2. Objetivos 3
     - 1.2.1. Objetivo General 3
     - 1.2.2. Objetivos Específicos 3
   - 1.3. Alcances 4
   - 1.4. Contenido 5

2. CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE 6
   - 2.1. El transporte rural en Chile 6
   - 2.2. Gobernanza: Ministerio de Transportes y DTPR 9
     - 2.2.1. Conectividad al Transporte Rural (CTR) 13
     - 2.2.2. Conectividad Terrestre Aislada (CTA) 14
   - 2.3. Licitaciones de servicios de transporte rural en Chile 16
   - 2.4. Licitaciones y remates en la literatura 22
   - 2.5. Sistema de puntaje en las licitaciones del transporte rural en Chile 38

3. CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN A UTILIZAR 40
   - 3.1. Descripción cualitativa de la base de datos 40
   - 3.2. Análisis descriptivo de los datos obtenidos 44

4. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 53
   - 4.1. Problema de optimización 53
   - 4.2. Uso de software R para cálculo de coeficientes mediante RLM 73
   - 4.3. Costo en función de la antigüedad del vehículo 80

4.4. Costo en función de la flota ofrecida por la firma 82
4.5. Costo en función de la capacidad del vehículo 84
4.6. Costo en función del kilometraje total a recorrer 87

5. ANÁLISIS DEL ACTUAL SISTEMA DE PUNTAJES 89

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 104

BIBLIOGRAFIA 109

A N E X O S 112

Anexo A: Costo basado en la antigüedad del vehículo 113

Anexo B: Cambio en el costo basado en la antigüedad del vehículo 114

Anexo C: Costo basado en la flota de buses 115

Anexo D: Cambio en el costo basado en la flota de buses 116

Anexo E: Costo basado en capacidad ofrecida 117

Anexo F: Cambio en el costo basado en capacidad ofrecida 118

Anexo G: Costo basado en el precio del combustible 119

Anexo H: Cambio en costo basado en precio del combustible 120

Anexo I: Costo basado en kilómetros recorridos 121

Anexo J: Cambio en Costo basado en kilómetros recorridos 124

Anexo K: Costo basado en frecuencia semanal 127

Anexo L: Cambio en costo basado en frecuencia semanal 128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III-1: Cantidad de contratos y servicios licitados, y ofertas recibidas por región.....46
Tabla III-2: Análisis descriptivo sobre contratos por oferente.....47
Tabla III-3: Análisis descriptivo de oferentes por contrato 49
Tabla III-4: Análisis descriptivo de la base de datos de ofertas recibidas 51
Tabla III-5: Análisis descriptivo de montos ofrecidos por firmas 52
Tabla IV-6: Efecto fijo en el costo por región 74
Tabla IV-7: Coeficientes de componentes de la función de costo 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Histograma de cantidad contratos por oferente 47
Figura 3.2: Histograma de cantidad de oferentes por contrato 49
Figura 4.3: Costo en función de la antigüedad del vehículo 80
Figura 4.4: Efecto marginal de la antigüedad del vehículo.....80
Figura 4.5: Costo basado en tamaño de flota de buses 83
Figura 4.6: Efecto marginal del tamaño de flota.....83
Figura 4.7: Costo basado en la capacidad ofrecida 85
Figura 4.8: Efecto marginal de la capacidad ofrecida.....85
Figura 4.9: Distribución de capacidad ofrecida de vehículos 86
Figura 4.10: Costo basado en cantidad de kilómetros recorridos 87
Figura 4.11: Efecto marginal de los kilómetros recorridos.....88
Figura 5.12: Relación entre monto licitado y antigüedad 92
Figura 5.13: Oferta ganadora para puntaje de 61.3 con *scoring rule* original 99
Figura 5.14: Comparación de *scoring rules* para puntaje de 61.3 100

RESUMEN

Esta investigación busca sentar los primeros pasos hacia un sistema de transporte regional que, a través de estudios empíricos y con cada vez mayor precisión, permita mejorar los niveles de servicio en el transporte rural en Chile. A través de la calibración de modelos de costo de las firmas que participan de los procesos de licitación de servicios de transporte, se analiza cómo el sistema de puntajes para la adjudicación de los contratos tiene una directa injerencia en el comportamiento de dichos agentes.

A partir de los análisis realizados sobre el actual sistema de licitación, a cargo de la División de Transporte Público Regional del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, y en base a los registros de las licitaciones adjudicadas en el período de 2016-2017, se plantea que existen diversos componentes que las firmas privadas tienen en consideración para realizar una oferta al Estado. Dichos componentes (entre los que se cuentan la cantidad de vehículos de la flota, los kilómetros a recorrer, la antigüedad, la capacidad de los vehículos, entre otros), calibrados a través de una función de costo Cobb-Douglas, pueden luego ser considerados para diseñar una política de puntajes que cumpla los criterios que tanto el Ministerio como los propios usuarios requieren de un sistema que representa importantes costos económicos y de tiempo, y por ende, de calidad de vida.

El análisis sugiere que existen incentivos en el actual sistema de puntajes a operar buses con mayor antigüedad, lo que significa una disminución en los niveles de servicio. Se propone, por lo tanto, evaluar opciones que permitan encontrar sistemas de puntaje que incentiven mejoras en la calidad del servicio entregado a los usuarios del transporte rural en Chile.

ABSTRACT

This study aims to build the first steps towards a regional transport system that, through better empirical studies over time, could improve the quality of service of the rural transport in Chile. Through the calibration of cost models of the private bidders in the auctions for transport services, it is analyzed how the scoring rules to determine the winners of the bids have a direct impact on the behavior of those agents.

Considering the current scoring system of the Chilean case (in charge of the Regional Public Transport Division of the Ministry of Transport and Telecommunications), and based on a database of the auctions during the 2016-2017 period, it is proposed that there are several components that private agents consider before participating in an auction where the State is the buyer. Those components (fleet size, total of kilometers driven, age and capacity of the vehicles, to name a few), calibrated through a Cobb-Douglas cost function, can later be considered to design a scoring policy that could cover the criteria that the Ministry and also the users need from a system that represents important economic and time related costs, and moreover, on quality of life.

The analysis suggests that there are incentives for private firms, under the current scoring rule, to operate with older vehicles, affecting the overall quality of service. It is proposed, then, that new scoring rules should be taken into consideration to enhance and foster the level of service offered to the users of the rural transport in Chile.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación

Históricamente, los sistemas de transporte urbano han sido la rama más estudiada en el área del transporte. La literatura especializada y, en particular, los cursos de la Escuela de Ingeniería, se enfocan en responder a los desafíos que presentan este tipo de sistemas. Sin embargo, los servicios de transporte rural no suelen tener la preponderancia que ameritan si se considera la relevancia de sus problemáticas, que van desde la falta de conectividad y accesibilidad en muchas zonas (particularmente en el sur de Chile), la irregularidad en frecuencia, la competencia desleal en tarifa, los bajos niveles de servicio y, muchas veces, la pobre calidad de su flota de buses (CIPRES, 2006).

Los índices de pobreza de ciertas zonas de nuestro país, y particularmente en el sur de Chile, se conjugan con los altos porcentajes del ingreso familiar que se deben invertir en transporte (por sobre el 15%, superior incluso a gastos de vivienda y servicios básicos (INE, 2017)), sin contar la cantidad total de horas que deben destinarse, primero, en tener acceso a los servicios de transporte público y, segundo, en acceder a los servicios básicos. Estos problemas debieran tener una mayor prioridad en la planificación de políticas públicas eficientes en transporte, pues representa una manera directa de solucionar problemas relevantes para gran parte de la población en nuestro país y, particularmente, para aquellos de menor ingreso.

El transporte rural puede considerarse como un sistema de transporte de baja demanda (Radow & Winters, 2010), pero con un alto impacto social para sus usuarios. Es por que

se vuelve relevante analizar y replantear, de ser necesario, la manera en que se evalúan y posteriormente adjudican los subsidios, para luego evaluar si es necesario licitar nuevamente o modificar los sistemas de evaluación, para así asegurar niveles de servicios que se adapten mejor a las necesidades de las comunidades rurales.

Actualmente, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la División de Transporte Público Regional (o DTPR), creada el año 2013 (Subsecretaría de Transportes, 2013), asigna subsidios a los sistemas de transporte rural a través del Programa de Apoyo al Transporte Regional y sus programas: Conectividad al Transporte Público Rural (CTR), Terrestre Aislada (CTA) y Terrestre Escolar (CTE). Sin embargo, principalmente para los dos primeros, se necesita un análisis de la eficiencia en cómo se asignan dichos servicios y evaluaciones del impacto que han tenido estas políticas de licitación en el servicio de transporte rural. Debido a la reciente creación de la DTPR, queda mucho por hacer en este aspecto.

La motivación de esta investigación es lograr hacer un aporte en la evaluación del actual funcionamiento del sistema de licitaciones, y que las propuestas de mejoras que resulten de dicho trabajo sean acogidas por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones para adoptar medidas en caso de que sea pertinente.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar el sistema de puntajes usado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones para la adjudicación de los subsidios a servicios de transporte rural en Chile, y evaluar posibles alternativas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar, a través de un modelo teórico estimado empíricamente, la estructura de costos de las firmas que participan en licitaciones de servicios de transporte rural.
- Identificar las metodologías actuales de evaluación y asignación de los servicios de transporte rural en Chile.
- Proponer una función de costos general para las firmas privadas que participan de las licitaciones de servicios en el transporte rural.
- Proponer nuevos modelos de sistemas de puntaje teórico y calibrar parámetros realistas que permitan decidir qué elementos pueden tener una mayor ponderación respecto al sistema actual.
- Proponer mejoras en la resolución general de los Programas de Apoyo al Transporte Regional (PATR), particularmente para el Programa de Transporte Rural (CTR).

- Identificar y proponer mejoras a los parámetros usados en la elección de los operadores privados de transporte rural, a través de los cuales el Estado puede asignar de forma eficiente los subsidios al Transporte Rural y Zonas Aisladas.

1.3. Alcances

Queda fuera de esta investigación, la revisión de la totalidad de los contratos y bases de licitación a lo largo del país. Además, no se considerará analizar programas que no sean los comprendidos por el Programa de Apoyo al Transporte Regional, gestionado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Debido a que, en primera instancia, el Programa de Conectividad Terrestre Escolar cuenta con indicadores para asegurar la calidad de servicio, no se harán propuestas a dichas metodologías, pero sí se espera tomar como referencia dichos indicadores para analizar la pertinencia de aplicarlos a los otros programas en cuestión (CTR y CTA).

No se considerarán aquellos servicios interurbanos y urbanos que, a pesar de considerarse rurales, tienen una amplia flota, mayor oferta y mejores niveles de servicio, dados por la competencia de mercado existente en dichos recorridos. Estos servicios suelen alimentar capitales regionales o presentan más de un operador, al mismo tiempo que no compiten con los servicios de taxi-colectivo, por lo que poseen altos niveles de demanda.

Se excluirán del análisis los casos en que, según el Ministerio de Transportes, los servicios licitados no se resuelven a través del sistema formal de asignación de puntaje a

las firmas participantes, y que son adjudicados a través de procesos posteriores y privados directamente entre las entidades correspondientes y una firma determinada. A partir de conversaciones con la Dirección de Transporte Público Rural, existen casos en que firmas privadas, al conocer la ausencia de más firmas que compitan, se abstienen de participar del llamado a licitación para adjudicarse un servicio particular a través de conversaciones *a posteriori.*

Debido a la diversidad geográfica y demográfica del territorio nacional, podría interesar proponer procesos de licitación y correspondientes sistemas de puntaje que variaran dependiendo de las necesidades de diferentes territorios o áreas del país. Sin embargo, esta investigación solo evaluará el comportamiento de las firmas en base a una regla general aplicable a todos los servicios, independiente de la región o sus características demográficas.

La principal fuente de información para llevar a cabo esta investigación será el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (a través de sus Secretarías Regionales Ministeriales y las Divisiones de Subsidios).

1.4. Contenido

La investigación realizada comprende los siguientes capítulos:

- Capítulo 2: Contexto y estado del arte: los servicios de transporte en Chile, el transporte rural, la gobernanza y los organismos encargados de regularlo, cómo se financia y cómo se usan los recursos para que el sistema de transporte se

implemente y fiscalice. Además, se hace una revisión de cómo se estructura la licitación de servicios de transporte rural en Chile, la información requerida a cada una de las firmas que desean participar, cómo funciona el sistema de puntaje que permite adjudicar el contrato a los ganadores de cada licitación y qué factores son considerados para esa adjudicación.

- Capítulo 3: Se describe la información con la que se trabajó en la investigación, obtenida de las bases de datos del Ministerio de Transportes, en base a las ofertas recibidas para el período 2016-2017 de licitaciones públicas. Se introduce el problema de optimización a trabajar y la función de costo calibrada empíricamente.

- Capítulo 4: Se presenta el análisis de los resultados obtenidos con la función de costo propuesta, las interpretaciones de cada uno de los valores obtenidos y nuevas fórmulas de puntaje con ponderaciones de cada factor distintas a la original, para observar las variaciones en las decisiones de cada firma.

- Capítulo 5: Conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. CONTEXTO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. El transporte rural en Chile

Desde la implementación del sistema Transantiago el año 2007, el diseño de los sistemas de transporte en Chile ha representado una problemática que se ha mantenido de forma permanente en la palestra pública y en todos los debates relativos a la calidad de vida de

los chilenos. La persistencia de muchos de los aspectos negativos que trajo consigo la puesta en marcha de un nuevo sistema de transporte en la capital, ha dejado de manifiesto la complejidad de diseñar, implementar y regular un sistema de transporte urbano que se ajuste a las necesidades de la mayoría de la población (Briones, 2009).

Según la Subsecretaría de Transportes (2004), "el crecimiento demográfico y el desarrollo urbano del país han generado nuevas necesidades de transporte para la población, las que han dado lugar a nuevas formas privadas de transporte de pasajeros, que carecen de una adecuada regulación y han demostrado ser capaces de producir efectos negativos sobre el transporte público en general, además de externalidades negativas en términos de seguridad vial, contaminación ambiental y congestión vehicular, entre otras".

Esto es particularmente cierto tanto para los servicios urbanos, como para los interurbanos y rurales. Sin embargo, estos últimos han sido históricamente relegados a un segundo plano, en cuanto la demanda por estos servicios, la densidad demográfica en la que operan y la capacidad de poder fiscalizar de manera efectiva su funcionamiento hacen que sea mucho más complejo de gobernar y regular.

Antes de analizar en profundidad la realidad del transporte rural en Chile, es necesario definir sus conceptos claves y una terminología común adecuada. El documento oficial que determina la metodología del Programa de Conectividad de Transporte Rural (Ministerio de Transportes, 2012), define el concepto de zona geográfica rural como "aquellas comunas, grupo de comunas, pueblos, villas u otras localidades (que no

superen los 30.000 habitantes) del país que requieran de conectividad de transporte público para trasladarse a uno o más polos de interés, con el fin de que los usuarios accedan a servicios básicos, de comercio, de estudio, de concentración laboral, etc., con tal de que el servicio de transporte público a establecer, exceda el radio urbano y no supere los 200 km. de recorrido".

Este tipo de servicios se diferencian de su contraparte urbana en diversos aspectos. Como plantean Radow & Winters (2010), a pesar de que muchos de los indicadores de calidad de servicio puedan ser similares entre servicios urbanos y rurales, estos últimos presentan desafíos únicos que también son aplicables a nuestra realidad país, que incluyen:

a) Operar en áreas geográficas extensas con bajas densidades poblacionales.

b) Proveer servicios a residentes que, en general, poseen menores ingresos que aquellos residentes en áreas urbanas.

c) Operar servicios en respuesta a los niveles de demanda o con "servicios de suscripción".

d) Proveer servicios a grupos dependientes del transporte: tercera edad, estudiantes, personas de bajos recursos, personas con movilidad reducida.

Considerando lo anterior, y tomando en cuenta las bajas densidades poblacionales (lo que supone una baja demanda del sistema) y la aparición de actores privados (muchas veces informales), se hace necesario definir políticas públicas que subsidien un servicio de transporte que en la práctica podría no cubrir los costos en que incurre para operar, y

que al mismo tiempo permitan regularizar los niveles de servicio y la participación de firmas que puedan ser evaluadas y responsabilizadas en base a su desempeño.

Sin duda, el transporte público rural e interurbano tiene una importancia fundamental al conectar a las zonas más remotas de nuestro país a los servicios básicos. La disposición geográfica y demográfica de nuestro país requiere de un sistema de transporte que conecte aquellas comunidades más alejadas de los centros neurálgicos de cada región. Es por eso que cabe preguntarse cuáles son los mecanismos a través de los cuales el Estado puede diseñar, implementar y fiscalizar los servicios de transporte en zonas remotas y aisladas del país.

2.2. Gobernanza: Ministerio de Transportes y DTPR

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones del Gobierno de Chile (de aquí en adelante abreviado como "Ministerio de Transportes") es la entidad encargada de asignar y fiscalizar los servicios de transporte a lo largo del país, y en particular, del servicio de transporte rural en las regiones de Chile.

La ley 20.378 del Estado de Chile, promulgada el 5 de septiembre de 2009, crea, "con el objeto de promover el uso de transporte público remunerado de pasajeros, un mecanismo de subsidio de cargo fiscal destinado a compensar los menores pagos que realizan los estudiantes" en estos servicios de transporte. El Artículo 2° de dicha ley, menciona la existencia del conocido "subsidio espejo", pues divide en partes iguales la aplicación del mecanismo de subsidio entre:

a) La Provincia de Santiago y las comunas de San Bernardo y Puente Alto.

b) La Región Metropolitana (excluyendo lo visto en a.), así como las demás regiones del país.

El artículo tercero explica en detalle el mecanismo de determinación del monto del subsidio para las zonas recién mencionadas:

"Corresponda a los casos que se indican a continuación, en función de lo establecido en el artículo anterior, así como el mecanismo de transferencia del mismo, se sujetará a las reglas siguientes:

a) En la Provincia de Santiago y las comunas de Puente Alto y San Bernardo, el monto del subsidio se transferirá en función de lo que el sistema de transportes requiera, de acuerdo a lo que informe y proyecte el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Los recursos para asegurar el financiamiento del sistema de transporte público remunerado de pasajeros, serán transferidos por dicho Ministerio a las cuentas en las que se administran los recursos del sistema.

b) En las zonas geográficas distintas de la Provincia de Santiago y las comunas de Puente Alto y San Bernardo, que cuenten con servicios de transporte público remunerado de pasajeros mediante buses, minibuses y trolebuses, que operen en el marco de una concesión de uso de vías otorgadas en virtud de la ley N° 18.696, o que operen bajo un perímetro de exclusión o condiciones de operación u otra modalidad equivalente, el monto del subsidio será determinado mediante la fórmula de cálculo y procedimiento que fije un reglamento expedido por el Ministro de Transportes y Telecomunicaciones y que deberá llevar, además, la firma del Ministro de Hacienda. Los recursos correspondientes serán transferidos por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones a los concesionarios o responsables del servicio, según las condiciones establecidas en las bases de licitación y los respectivos contratos o resoluciones, según corresponda, quienes deberán incorporar el efecto del subsidio en las condiciones económicas y en la operación de los servicios, tales como tarifas, calidad del servicio, mecanismos de control y otras."

En el mismo documento, se explicita la interacción en la que se verán involucrados los prestadores de servicio (en este caso, los operadores de los servicios de transporte rural en los programas CTA y CTR) frente a la entrega del subsidio:

> “Sin perjuicio de las sanciones establecidas en las bases de licitación y los contratos o resoluciones respectivas, los concesionarios de vías y prestadores de servicio a que hacen referencia las letras a) y b) sólo tendrán derecho a percibir dineros provenientes del mecanismo de subsidio que establece esta ley, por la efectiva, correcta y adecuada prestación de los servicios de transporte público remunerado de pasajeros a que se encuentran obligados, conforme a las citadas bases, contratos o resoluciones. El monto del subsidio que eventualmente dejen de percibir los concesionarios o prestadores de servicios de transporte o prestadores de servicios complementarios, no les será reembolsable con ningún otro ingreso asociado al sistema de transporte público. La efectiva, correcta y adecuada prestación de los servicios por parte de los concesionarios o prestadores de servicios, para estos efectos, será constatada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en forma previa a la transferencia de recursos que corresponda efectuar y en conformidad a los parámetros que el Ministro de Transportes y Telecomunicaciones determine a través de una o más resoluciones.”

Una vez que se define anualmente el monto total de subsidio, se presenta a través de la Ley de Presupuestos y se descuentan otros aportes a distintos programas de apoyo y beneficios, se destinan “recursos de subsidio, sobre la base de criterios de impacto y, o rentabilidad social, a un Programa de Apoyo al Transporte Regional que contemplará un subsidio al transporte público remunerado en zonas aisladas; un subsidio al transporte escolar, un subsidio orientado a la promoción y fortalecimiento del transporte público en las zonas rurales del país” (Artículo 5°, p. 4), entre otros.

Tal como detalla Este Programa de Apoyo al Transporte Regional (PATR) es reglamentado a través del Decreto 4 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y la Subsecretaría de Transportes. Fue promulgado el año 2010, y el año 2014 sufrió las últimas modificaciones. En él se especifican las reglas de implementación del subsidio al PATR, y en su artículo segundo menciona que “los proyectos a que se refiere [el] reglamento, se destinarán a mejorar la conectividad o acceso al transporte público de personas que habitan en una zona geográfica determinada”.

En el alero de los recursos asignados por esta Ley, el año 2012 se crea la División de Transporte Público Regional (DTPR) de la Subsecretaría de Transportes, a fin de fiscalizar y mejorar la calidad de los servicios de transporte público en las regiones del país, y particularmente en aquellas zonas en las que existen problemas de conectividad. De acuerdo a lo que se estipula en la web oficial de DTPR, "impulsar la movilidad de las personas mediante un transporte público moderno, seguro y accesible, tanto en las ciudades como en los sectores más apartados del país, es fundamental para construir un país más inclusivo y justo para todos sus habitantes".

Actualmente, DTPR es la entidad a cargo de planificar y supervisar "los sistemas de transporte público, en sus diferentes modos y en sus diversos alcances geográficos" (Página web DTPR) a través del uso de los recursos mencionados. DTPR tiene como objetivo principal el promover y fortalecer el "transporte público en las zonas rurales del país, buscando mejorar la conectividad de los habitantes de estas zonas a nivel nacional" (División de Transporte Público Regional, 2012), utilizando de manera eficiente los recursos asociados a los siguientes programas:

a) Conectividad al Transporte Público Rural (CTR).

b) Conectividad Terrestre Aislada (CTA).

c) Conectividad Terrestre Escolar (CTE).

Estos programas son creados con la intención de "lograr un estándar de servicio de calidad y homogéneo en el transporte público rural a nivel nacional; utilizar eficientemente el presupuesto de los programas existentes para este tipo de servicios,

con la finalidad entre otras, de aumentar la cobertura de transporte con los mismos recursos asignados; y generar mayor flexibilidad para abordar las necesidades de la población, mediante la creación y mejoramiento continuo de las herramientas y metodologías existentes" (División de Transporte Público Regional, 2012).

Desde el inicio de esta investigación, se ha mantenido contacto directo con la División de Transporte Público Regional y sus funcionarios, de modo de poder diagnosticar los principales desafíos que presenta la gestión de estos programas, y donde las propuestas de una Tesis de Magíster podrían tener mayor impacto y utilidad para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. A saber, gran parte de la información existente y sistematizada permite una gestión eficiente de los recursos asignados al programa de Conectividad Terrestre Escolar, y se maneja distintamente a nivel de bases de datos a los programas de Transporte Público Rural y Terrestre Aislada (CTR y CTA, respectivamente). Con esto en mente, los datos a considerar para la construcción de los modelos económicos en esta investigación estarán enfocados en la información relativa a los programas CTR y CTA. Estos programas tienen metodologías específicas, pero se manejan de forma agregada en los registros de DTPR. A continuación, se presentan las principales características de los programas a considerar.

2.2.1. Conectividad al Transporte Rural (CTR)

Su objetivo es "mejorar la calidad de vida de los chilenos que habitan en los sectores rurales del país, a través del fortalecimiento de los sistemas de transporte público en estas zonas mediante la implementación de mejoras en los estándares de calidad de

servicio de estos. Se buscará mejorar la conectividad y mejorar la accesibilidad para la ciudadanía a los servicios de transporte, para permitir a la población tener mejores oportunidades tanto en términos laborales como en términos de acceso a salud, educación, recreación, etc." (Ministerio de Transportes, 2012).

De acuerdo a la metodología que define la asignación y funcionamiento de este tipo de subsidios, han de considerarse "criterios de impacto social para elegir a quienes pueden recibir el subsidio". Las tres características que se consideran relevantes son:

a) Transporte público precario.

b) Transporte público inexistente.

c) Existencia de servicios subsidiados pertenecientes a los programas de transporte escolar y zonas aisladas modo terrestre.

Es importante destacar que están fuera del ámbito de aplicación de este programa en particular, las zonas que sean calificadas con un nivel de aislamiento tal, que en ellas sea implementado el subsidio de zonas aisladas.

2.2.2. Conectividad Terrestre Aislada (CTA)

Su objetivo es "permitir la identificación, categorización, caracterización y priorización de centros poblados aislados a lo largo del país, desde la perspectiva de la operación de servicios de transporte en cualquiera de sus modalidades, como también la incorporación de umbrales flexibles según las distintas realidades climáticas presentes a lo largo del

territorio nacional, incorporando barreras geográficas". Se subdivide en dos tipos de subsidios:

a) Demanda

Se fundamenta "por el hecho de que existen familias en donde el gasto en transporte público en que deben incurrir es muy alto respecto del ingreso del que disponen". Así, se otorga a familias cuyo porcentaje de gasto en transporte público es mayor que cierto "umbral de aislamiento por tarifa" (definido en el año 2017 como el 5,14%) o si están bajo la línea de la pobreza (de $31.756 según MIDEPLAN, 2006) (Ministerio de Transportes, 2011).

b) Oferta

Considera evaluar tiempos de viaje de cada localidad hacia la localidad donde haya servicios básicos (que se nombran a continuación) y luego priorizar el grado de aislamiento según esos tiempos. Los servicios son:

i) Transporte público.

ii) Educación (básica, media, internados).

iii) Salud (hospitales, clínicas).

iv) Abastecimiento y venta de productos.

v) Financieros (bancos, entidades, INP).

vi) Administrativos (Capital comunal y regional).

vii) Poblacionales específicos (Conservador de bienes raíces, juzgados, registro civil).

> El tiempo total de viaje considera formalmente: el tiempo de acceso desde la localidad a la red de transporte público, más el tiempo necesario para realizar un cruce de una barrera hidrográfica, más el tiempo de viaje en la red de transporte público para llegar al servicio (Ministerio de Transportes, 2011).

Una vez que estos programas de subsidio han sido enmarcados en la metodología que los definen, es posible adentrarse en las bases de licitación propias de estos programas de subsidio, a fin de asignar a los operadores de cada uno de los servicios licitados.

2.3. Licitaciones de servicios de transporte rural en Chile

A nivel mundial, la práctica de licitar servicios hacia operadores privados desde el Estado es común y está debidamente documentada. En países desarrollados estos acuerdos pueden llegar a significar hasta el 10 o 15% del Producto Interno Bruto (Lewis & Bajari, 2011; Gupta & Snir, 2009) y, en Chile, se aplica a ámbitos desde la construcción y mantenimiento de infraestructura, el funcionamiento de sistemas de transporte urbano y rural, energía, agua, entre otros.

La licitación de servicios en transporte representa un mecanismo para asegurar la competencia entre operadores y, con ello, asegurar ciertos niveles de servicio, al mismo tiempo que el Estado prescinde de tener que operar por sí mismo complejos sistemas a nivel nacional. Esta competencia, en el caso del transporte rural chileno, es por el mercado; es decir, la adjudicación de la mayoría de los servicios permite la operación exclusiva en los recorridos licitados, y es distinto a una libre competencia entre operadores dentro del mismo mercado, que suele ser más común en sistemas de transporte caracterizados, por ejemplo, por una mayor demanda.

Actualmente, la manera que tiene el Estado de hacer uso de los recursos de subsidio que se asignan para el transporte rural, es ofrecer servicios mediante bases de licitación de acceso público, que se encuentran en la página web de DTPR. De acuerdo al Decreto 4 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en su artículo tercero:

"Artículo 3º: La selección de los proyectos para zonas aisladas y para otros programas que favorezcan el transporte público a los que se asignarán recursos, […] se efectuará de acuerdo al siguiente procedimiento:

i) El llamado a presentar proyectos será efectuado por el Ministerio. Los términos que regirán la convocatoria estarán disponibles en su sitio web. En los términos de referencia de la convocatoria se establecerán los requisitos para postular, las etapas y plazos involucrados y se regularán los demás aspectos del proceso que el Ministerio considere necesarios para el logro de los objetivos del Programa, siempre que tales regulaciones no sean contrarias a las disposiciones de la ley Nº 20.378 ni del presente reglamento.

ii) Podrán postular proyectos los Municipios, las Intendencias, las Gobernaciones, los Ministerios, u otras entidades públicas. Dichas postulaciones deberán realizarse en las respectivas Secretarías Regionales de Transportes y Telecomunicaciones, o a través del sitio web del Ministerio si así se dispone en la convocatoria.

iii) El Ministerio realizará el análisis de las postulaciones presentadas, ordenando los proyectos según su grado de impacto y, o rentabilidad social, determinados conforme a los factores que se indican en el literal iv.

iv) Para determinar el grado de impacto y, o rentabilidad social de los proyectos, el Ministerio deberá contar con una metodología que considere, entre otros factores, el grado de aislamiento de los beneficiarios, considerando la distancia o tiempo al sistema de transporte público más cercano; el acceso a los servicios básicos y las condiciones geográficas y, o climáticas que generen aislamiento. También podrá considerar el número estimado de beneficiarios, su nivel de ingresos, las tarifas de los medios de transporte público existentes, y el monto de los recursos requeridos de cada proyecto.

A su vez, la citada metodología deberá establecer las condiciones mínimas para que un proyecto sea admitido a evaluación. El Ministerio seleccionará los proyectos presentados conforme a los criterios anteriormente expresados y los resultados del proceso de selección serán publicados en su sitio web."

En base a dicho marco teórico, es necesario definir y diferenciar los conceptos específicos relativos a los procesos de licitación de los servicios de transporte rural en Chile.

Se entenderá por base de licitación como el documento de acceso público que especifica los requerimientos, condiciones y características de los recorridos que el Ministerio está ofreciendo a través del llamado abierto a licitación para el otorgamiento de subsidio a la prestación del servicio de conectividad al transporte público rural. Se entenderá por contrato al (los) servicio(s) que está(n) siendo ofrecidos en una base de licitación. Es decir, se puede ofrecer el otorgamiento de subsidio para más de un contrato en una misma base de licitación. Sin embargo, la oferta realizada por cada operador privado para participar de la licitación será independiente entre contratos. Finalmente, los servicios corresponden a los tramos que el Ministerio desea cubrir entre distintas zonas geográficas del área rural, y que el operador privado deberá conectar a través del recorrido de su vehículo. Puede existir más de un servicio por contrato, pero para efectos del análisis (y por cómo se estructura la base de datos entregada por DTPR), estos recorridos se considerarán de forma agregada en términos de cantidad de kilómetros a recorrer, de frecuencia semanal y de cantidad de vehículos (o flota) necesarios para cubrir esos servicios. Esto, debido a que los servicios que forman parte de un mismo contrato son delimitados de tal forma que correspondan a zonas geográficas similares, siempre estén dentro de la misma región, y no existan diferencias considerables entre las características de los servicios. Debido a esto último, muchas veces el Ministerio usa los conceptos de contrato y servicio indistintamente.

A continuación, se explicarán los detalles de estas bases de licitación y cómo se clasifican los contratos que DTPR usa para adjudicar los servicios que licita.

A pesar de que existen dos programas distintos e independientes en términos de adjudicación de servicios (CTR y CTA), la estructura de las bases de licitación es idéntica. Lo que varía entre este tipo de programas son las zonas que son abarcadas por cada uno de ellos. Por lo tanto, para efectos prácticos, se considerará que las bases (y con ello, la fórmula de puntaje para la asignación de los servicios) son iguales entre los programas a evaluar.

Una base de licitación estandarizada contiene toda la información relativa a los contratos y servicios para los cuales se hace el otorgamiento de subsidio. Aquí se describen los principales aspectos que se definen en una base de licitación:

a) Tipo de servicio

   Para los servicios a analizar en los programas de CTR y CTA, de los cuales se obtuvieron datos, corresponde al de Transporte Público Remunerado de Pasajeros de Conectividad Rural y de Zonas Aisladas, respectivamente, bajo la modalidad terrestre en los tramos que se refieren las bases en cuestión.

b) Itinerario, recorrido y frecuencia

   Tal como estipulan las bases de licitación (en este caso, obtenido del contrato CTA0515 Angol – Pochocoy (Ministerio de Transportes, 2017), “para los efectos de las presentes Bases se entenderá por:

   - Recorrido: es la secuencia de poblados o localidades, en las cuales debe seguir el trazado de los servicios de transporte terrestre.

- Frecuencia: cantidad de veces que el servicio transita en una unidad de tiempo.
- Itinerario: son los horarios en los cuales el servicio transita por los distintos pueblos, localidades, ciudades y otros referentes que pueden encontrarse a lo largo del recorrido".

c) Tarifas

El Ministerio es quien fija la tarifa máxima a cobrar por el operador para los respectivos recorridos. Cabe destacar que "los estudiantes de educación básica y menores de 7 años tendrán tarifa liberada". Además, "dichas tarifas regirán durante todo el año y deberán reajustarse anualmente, de acuerdo a la metodología señalada en el punto 1.3.5.2 de las presentes bases" (Ministerio de Transportes, 2017).

d) Monto del subsidio

Las bases de licitación consideran el otorgamiento de subsidios a los operadores por un monto máximo mensual. Este monto, determinado en cada base de licitación permite, sobre el máximo mencionado, un "techo superior" sobre el cual una oferta quedará automáticamente inadmisible. Ese techo, para todos los casos a analizar, es de un 10%. Esto quiere decir que, a pesar de que exista un "máximo mensual" estipulado en la base de licitación de $1.000.000, el operador que quiera participar de la licitación de dicho contrato puede, como máximo para participar y no quedar inhabilitado, ofrecer un monto de $1.100.000. Por lo tanto, el máximo mensual efectivo que se considerará para los análisis de esta investigación, será el del 110% del monto máximo establecido en la base de licitación.

Por otro lado, cada base contempla un descuento a dicho monto mensual por cada viaje no realizado, de acuerdo a los mínimos requeridos para los servicios a licitar. Este descuento también queda especificado en cada base, y se aplica en la forma de un ajuste que se empieza a realizar desde el segundo año de operación

del servicio subsidiado. La metodología para reajustar el monto mensual del subsidio comprende factores como el precio del diésel, el precio de los neumáticos, el índice de inversión adicional, entre otros.

e) Requisitos de los vehículos

Capacidad mínima (cantidad de pasajeros que pueden abordar el vehículo), cumplir con las regulaciones nacionales vigentes, revisión técnica Clase A, SOAP, entre otros. Además, los vehículos que participan de la licitación, no pueden exceder una antigüedad máxima establecida por las bases de licitación para cada servicio.

f) Flota

Cantidad de vehículos mínimos necesarios para el cumplimiento de los servicios ofrecidos en el contrato.

Además de los aspectos expuestos, se especifican muchos otros detalles administrativos, plazos, requisitos, legales, etc. que no son relevantes para esta investigación, por lo que no serán considerados.

Posteriormente en el mismo documento citado (cuyos criterios son estandarizados y transversales a todos los contratos de CTA y CTR), se presentan los “procedimientos de evaluación, selección y adjudicación” a través de los cuales se definirá quiénes son los operadores que serán beneficiarios del subsidio y se harán cargo de ofrecer el servicio por cada contrato en cuestión.

Una Comisión Evaluadora es la encargada de recibir y evaluar las propuestas, y se verifica la “concurrencia material completa y sin errores de los antecedentes requeridos

en las bases de licitación, para efectos de determinar su admisibilidad". Tras un período en que los oferentes pueden "salvar errores u omisiones formales", se da paso a un proceso de evaluación que se basa en los criterios que serán descritos a continuación.

Las propuestas son evaluadas a través de un sistema de puntajes que considera distintos factores. A grandes rasgos, las bases de licitación de CTA y CTR ponderan el subsidio solicitado por el oferente, la antigüedad del vehículo, la entrega y presentación formal de la propuesta, y la conducta del oferente en procesos anteriores. Sin embargo, antes de caracterizar el sistema de puntaje y los métodos de adjudicación de la licitación, es necesario definir y revisar los conceptos que son relevantes para el análisis del caso particular del transporte rural en Chile. A continuación, se hará una revisión de la literatura relacionada a los procesos de licitación o remate.

2.4. Licitaciones y remates en la literatura

El sistema de puntajes recién mencionado, presenta una particularidad respecto de la mayoría de los procesos de licitación que suelen encontrarse en literatura. En el caso del transporte rural chileno, hay necesariamente más de una dimensión relevante que desea evaluarse; por lo que es necesario encontrar sistemas de adjudicación o puntaje que no solo ponderen una oferta en dinero por parte de una firma privada, por ejemplo, sino que debe permitir incluir factores como la antigüedad del vehículo que participa de la licitación.

Para contextualizar la metodología usada para la adjudicación de servicios en el transporte rural en Chile, es necesario caracterizar dos conceptos de la teoría de

contratos estudiada en la literatura. Por un lado, los *"scoring auctions"* (Asker & Cantillon, 2006), que en la literatura se refieren al sistema de adjudicar recursos en un llamado abierto a distintas entidades privadas a través de una puntuación que se asigna en base a dos o más variables. Por otro lado, existe un estudio acabado sobre las llamadas *"A+B procurement contracts"* (Gupta & Snir, 2009; Lewis & Bajari, 2011), en donde se consideran al menos dos componentes importantes, en términos de la calidad de la entrega del bien o servicio, a la hora de licitarlo. Ambas terminologías relativas a la teoría de contratos (Salanié, 2005) son aplicables a la realidad del sistema de puntajes que DTPR usa para adjudicar servicios en el transporte rural en Chile, por lo que los conceptos relevantes serán detallados a continuación.

"*The Economics of Contracts*" (Salanié, 2005), introduce los conceptos claves de los procesos de remate en general, a través de modelos sencillos. Mediante esos conceptos se puede hacer un paralelismo entre los conceptos de remate y licitación, para los cuales los agentes y estrategias de equilibrio serán en su mayoría idénticos.

Los remates, como son conocidos regularmente, son procedimientos usados por entidades que quieren vender uno o diferentes objetos a otros agentes, cuyas valoraciones del bien están ocultas para el vendedor. Por lo tanto, dichas valoraciones pueden ser vistas como una manera de extraer información sobre los oferentes. Los remates son generalmente clasificados en dos grupos: remates de valores privados independientes, y remates de valor común.

La venta de un bien durable como una pintura o una casa es el típico ejemplo de remates de valores privados independientes, pues el valor del bien para cada potencial comprador es solo conocido para él mismo, y estos valores son estadísticamente independientes. La situación es diferente en un remate de valores comunes: el valor del bien es el mismo para cada potencial comprador, pero ni el comprador ni el vendedor conocen realmente ese valor; sino que cada comprador solo observa ciertas señales acerca del valor de reserva (el valor bajo el cual el bien o servicio no se adjudica). La venta de los derechos para extraer petróleo es el ejemplo más citado.

Los mecanismos más usados en remates son tres: el remate ascendente, donde los oferentes aumentan el precio hasta que solo uno permanece en competencia; el remate descendente, donde un vendedor ofrece precios cada vez menores, hasta que uno de los oferentes se adjudica el bien; y los remates de oferta sellada, donde los compradores ofrecen montos al vendedor, sin que el resto de las firmas conozca la oferta, y donde el ganador es el oferente que envío el monto más alto. En un remate de oferta sellada de primer precio (*"first-price sealed bid auction"*), el ganador se adjudica la suma que él ofreció, pero en un remate de oferta sellada de segundo precio (*"second-price sealed bid auction"*) el ganador se adjudica el valor de la segunda oferta más alta. La mayoría de las agencias del Estado usan ofertas selladas de primer precio para adjudicar contratos de construcción (Gupta & Snir, 2009).

Como se mencionará más adelante, el sistema de licitaciones que se usa en la adjudicación de los servicios de transporte rural en Chile corresponderán a ofertas

selladas de primer precio, donde las firmas que participan del llamado envían de manera confidencial sus antecedentes, detalles y montos.

En este tipo de ofertas (sellada de primer precio con valores privados independientes), según el modelo teórico de Salanié (y como se puede replicar en el caso chileno) se tiene a *n* potenciales compradores cuya valoración del bien se obtiene de una distribución continua con una función de distribución de probabilidad f y una función de distribución acumulada F entre $[\underline{\theta}, \overline{\theta}]$. Con la información que se obtiene de las bases de datos del Ministerio de Transportes, es posible definir algunos de esos parámetros de una manera más precisa. Se denota con $(\theta_1, \dots, \theta_n)$ las valoraciones de los *n* compradores y por $(\theta_{(1)}, \dots, \theta_{(n)})$ su correspondiente orden estadístico (donde $\theta_{(1)}$ es el más alto de todos los θ_i). Se asume que los compradores $2, \dots, n$ envían ofertas o montos de dinero $(b_2, \dots, b_n)$ que están relacionadas a sus respectivas valoraciones a través de una función creciente B donde $b_i = B(\theta_i)$. El comprador 1 se adjudicará el bien rematado solo si envía una oferta mayor a todas las demás, es decir, si

$$\forall i = 2, \dots, n, \qquad b_1 \geq B(\theta_i)$$

Lo que ocurre con una probabilidad

$$\Pr\left(\forall i = 2, \dots, n, \qquad \theta_i \leq B^{-1}(b_i)\right) = F(B^{-1}(b_1))^{n-1}$$

El comprador 1 recibe entonces una utilidad de $(\theta_1 - b_1)$. Si se asume que los compradores son neutrales al riesgo, entonces la utilidad esperada del comprador 1 es

$$(\theta_1 - b_1)F(B^{-1}(b_1))^{n-1}$$

El comprador 1 busca siempre maximizar esta expresión en b_1 para maximizar su utilidad. Si se denota como $\pi_1(\theta_1)$ el valor del óptimo, entonces:

$$\pi_1(\theta_1) = max_{b_1}\left((\theta_1 - b_1)F\left(B^{-1}(b_1)\right)^{n-1}\right)$$

Esta expresión refleja entonces que la utilidad esperada que obtendrá la firma ganadora del remate, proviene de la maximización de la utilidad (dada por la valoración menos la oferta que envía) y la probabilidad de que su oferta sea mayor a todas las otras que compiten por el bien. Se asume que dicha oferta está participando del remate pues la valoración que tiene de adjudicarse el bien es mayor al costo que significará para la firma en términos de la oferta que hará en dinero. Esta estructura teórica será relevante para identificar los componentes de las ofertas de equilibrio de las firmas en las licitaciones de servicios del transporte rural en Chile.

Un estudio de Chee (1993) llamado "*Design Competition Through Multi-dimensional Auctions*" comparte gran parte del marco teórico de Salanié, para agregar nuevas dimensiones a las ofertas en los procesos de limitación. Los modelos sencillos de agentes y oferta individual evolucionan para incorporar atributos distintos a los montos en dinero, para asegurar rapidez de ejecución en algunos casos, y nivel de servicio en otros.

Este estudio presenta un análisis sobre licitaciones entre un comprador (privado o estatal) y una firma privada que puede proveer un servicio o producto. No está enfocada

en modelos de transporte, pero da un claro acercamiento al problema de optimización que Estado y firma enfrentan en el proceso de licitación.

Presenta un modelo de licitación bidimensional: calidad y precio. El comprador (el Estado) acepta ofertas de *N* firmas. Cada oferta trae una calidad prometida *q* (que en este caso puede representar la antigüedad del vehículo) a un precio *p* (que es el monto que pide la firma al Estado para poder operar el servicio en cuestión). A diferencia de otros autores, estos componentes se consideran de manera simultánea. La calidad se normaliza como un atributo uni-dimensional para simplicidad del análisis.

El comprador (el Estado) tiene una utilidad por contrato adjudicado (en función de su calidad *q* y precio *p*) determinada por la valoración *V* (paralelo a θ en el estudio anterior de Salanié) que tiene de tener un servicio cubierto con una calidad determinada en una zona particular, menos el costo que representa pagar el precio *p* que la firma ofrece:

$$U(q,p) = V(q) - p$$

Por otro lado, la firma *i* que se adjudica un contrato en función de *q* y *p* tiene una ganancia:

$$\pi_i = p - c(q,\theta_i)$$

Donde el costo de la firma *i* es creciente en calidad y su parámetro de costo θ_i. Se asumen $c_{qq} \geq 0$, $c_{q\theta} > 0$, y $c_{qq\theta} \geq 0$ lo que significa que el costo marginar es creciente con el parámetro θ. Finalmente, se asume que el comprador nunca quiere dividir la adjudicación del contrato en más de una firma (que es también cierto en el caso chileno).

Estos supuestos se satisfacen por una función de costo sencilla con una constante unitaria del costo θ, por lo que $c(q, \theta) = \theta q$.

En este ejemplo, antes de las ofertas, cada firma *i* conoce su propio parámetro de costo θ_i como información privada. El comprador solo conoce la función de distribución del parámetro de costo, y asume que θ_i son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas sobre $[\theta_0, \theta_1]$ $(0 < \theta_0 < \theta_1 < \infty)$ de acuerdo a una función de distribución *F* continuamente diferenciable y con densidad *f*. Se asume completa simetría entre las firmas, por lo que el subíndice *i* no se considera para el resto del análisis.

En el estudio de Asker & Cantillon (2006) "Properties of Scoring Auctions" comienzan a tomarse todos los conceptos anteriores para crear sistemas de puntaje (o de otros tipos) que permitan cuantificar y evaluar las ofertas hechas por las firmas participantes de un proceso de remate o licitación, al mismo tiempo que se cumplan algunos requisitos mínimos (como en los remates multi-dimensionales, con elementos como el tiempo de entrega, parámetros de calidad, etc.).

Cabe destacar que existen mecanismos que podrían llegar a evaluarse en la política pública para la adjudicación de contratos, de modo que se consideren atributos de calidad al mismo tiempo que los montos de dinero ofrecidos. Algunos que ofrece la literatura son los llamados "pedidos por cuotas" o "*request-for-quotes"* (RFQ), en las que se especifican los mínimos estándares que los oferentes tienen que satisfacer, para luego evaluar las ofertas solo en base al monto que ofrecen. Otra posibilidad es

seleccionar un pequeño grupo de potenciales oferentes y negociar con ellos todas las dimensiones de los contratos (que podría ser una opción viable en el caso del transporte rural en Chile, pues el bajo número de participantes por contrato podría dar espacio para que la elección de firma ganadora se definiera de esta forma).

Una tercera opción es combinar la apertura a la competencia del RFQ con la flexibilidad de negociar los términos específicos de los contratos. Un procedimiento es el "remate por menú", en el que el comprador permite que los oferentes envíen "menús" de precios y atributos no monetarios, para luego elegir el que mejor se adapte a sus condiciones. Otro mecanismo es el de "concurso de belleza", donde el comprador le informa a los oferentes sobre los atributos que le interesa que las ofertas consideren, pero solo solicita que las firmas participen enviando un monto final en dinero.

Finalmente, en un remate con puntaje, que es el caso que se evaluará en esta investigación, el comprador anuncia la manera en que ordenará las diferentes ofertas a través de una regla o sistema de puntajes. Con esa información, los oferentes envían una oferta en cada dimensión a considerar del bien o servicio, y el contrato es adjudicado al oferente que envió la oferta con la mayor puntuación según la regla de puntaje.

Como es lógico, los remates con puntaje que estudian Asker & Cantillon, permiten que la información privada de las firmas participantes sea multidimensional, por lo que aquella firma que puede ofrecer el menor costo en un remate donde solo domina el monto, no necesariamente es la firma que tiene el menor costo cuando se aseguran los

mínimos de calidad; es decir, pueden haber diferencias entre los costos fijos y variables de producción.

El estudio sigue un procedimiento que es análogo al que se busca con la información obtenida para esta investigación: construir un modelo de reglas de puntaje que genere predicciones de equilibrio que se asemejen a lo encontrado en los datos de las ofertas.

Además, el estudio demuestra que en diversos casos, este tipo de remates tienen una eficiencia mayor respecto a otros procedimientos para la compra de "productos diferenciados" (que tienen más de una característica por la que son evaluados). Ejemplos de estos remates con puntaje son los llamados "*A+B bidding*", que son estudiados por Lewis & Bajari (2011) en "*Procurement Contracting with Time Incentives: Theory and Evidence*".

Dicha investigación analiza cómo en las licitaciones públicas (donde el comprador es el Estado), el beneficio social que se genera depende de más de un componente: el monto que las firmas solicitan para operar, y de qué tan rápido pueda entregarse el producto o servicio requerido. Esta investigación se basa en los datos obtenidos tras el proceso de licitación por la construcción de carreteras realizado por el Departamento de Transporte de California entre los años 2003 y 2008. Se cuenta con una base de datos de todas las ofertas realizadas por las firmas privadas que buscan adjudicarse un contrato para la construcción de ciertos tramos de carretera.

En este caso, la demora en la entrega del producto final provoca un directo perjuicio en los usuarios, por lo que el Estado (a través del Departamento de Transporte de

California) crea mecanismos específicamente diseñados para premiar a quienes comprometen una construcción más expedita, bajo ciertos parámetros técnicos y de calidad mínimos. Es aquí donde comienzan a aplicarse las *scoring auctions* o subastas con puntaje. Este tipo de remates (que es análogo en muchos sentidos a un proceso de licitación) contemplan al menos dos componentes para poder otorgar un puntaje a cada una de las firmas que compiten por la adjudicación de un contrato ofrecido por el comprador, que es precisamente lo que ocurre con los contratos que se licitan por parte del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones para los servicios de transporte rural a lo largo del país. Se llamará a este tipo de contratos como *A+B bidding*, pues contemplan más de un factor en la fórmula de puntaje. En el estudio de Lewis & Bajari, existe una parte "A" de la fórmula, que corresponde al monto que la firma explicita y que contempla el costo de horas-persona y materiales, y una parte "B" que corresponde al número total de días para completar el proyecto. A diferencia de lo que ocurre con esta investigación, donde el mayor puntaje es el que se adjudica el contrato, el comprador en el estudio de 2011 elegirá a la firma que haya obtenido el menor puntaje a partir de esta suma de los componentes A y B. Existen también en este caso, incentivos o castigos para las firmas que, una vez adjudicado el contrato, completen el proyecto antes o después, respectivamente. Sin embargo, esto requiere un análisis de lo que ocurre una vez que el contrato es adjudicado. Este tipo de políticas *ex post* a la adjudicación no son usadas por el Ministerio o al menos no explicitadas en sus bases de licitación.

Este estudio demuestra que este tipo de licitaciones mejoran notablemente cómo las firmas privadas definen sus ofertas en términos de la duración del proyecto y cómo benefician a los usuarios con dichas ofertas. En comparación a las estimaciones realizadas por ingenieros y expertos, las firmas que participan de licitaciones por contratos "A+B" ofrecen en promedio completar el proyecto en un 60% del tiempo estimado inicialmente por la entidad compradora. Tras realizar análisis de bienestar social (el comprador es el Estado, por lo que la mejor manera de calcular el beneficio que se genera es a través de este tipo de análisis, donde los usuarios son los que se benefician), el estudio obtiene que la reducción de las externalidades negativas para los usuarios a causa de esa diferencia en el plazo de término del proyecto (y en base a las externalidades que provoca interrumpir el tránsito para poder construir la carretera), alcanzaría los USD$6 millones por contrato.

Por otro lado, si se comparan las licitaciones "A+B" con contratos uni-factoriales donde no existen estos incentivos para acelerar la entrega del proyecto terminado, se obtiene que los montos que las firmas solicitan aumentan en promedio USD$1.5 millones por contrato en el caso de los contratos "A+B". Por lo tanto, el beneficio que obtienen los usuarios a través de la reducción de externalidades negativas supera con creces el costo económico que representa para el comprador (en este caso, el Estado).

Se concluye que incluir componentes que incentiven a las firmas a incluir un componente que beneficie de alguna forma a los usuarios tiene implicancias positivas a pesar del aumento en el monto que solicitan.

En el caso del transporte rural en Chile, los períodos de licitación, ejecución y término de contrato son iguales para todas las firmas participantes, pero entonces será importante considerar algún componente que asegure ciertos niveles de servicio que sea beneficioso para los usuarios y cuyo aporte al bienestar social sea mayor al aumento del costo que enfrentan las firmas para aumentar la calidad del servicio. Como se podrá observar más adelante, este componente de calidad se verá representado en la antigüedad de los vehículos con los que participan las firmas, y será la única aproximación a un nivel alto o bajo de calidad de servicio prometida por la firma de forma previa a la adjudicación.

El estudio de Lewis & Bajari también presenta un formato de la licitación donde *n* firmas neutrales al riesgo participan por la adjudicación de un contrato de construcción de una carretera. Una oferta particular es un par (b, d^B), donde *b* es el pago recibido por la firma ganadora, y la cantidad de días d^B en que la firma en cuestión puede ejecutar el trabajo. En este caso, d^B es mayor a 0 y menor a d^R, que es la cantidad estimada de días que debiera tomar la construcción de la carretera, según la estimación de los ingenieros expertos de parte del Estado. Luego las ofertas son ordenadas por su puntaje s de acuerdo a la fórmula

$$s = s(b, d^B) = b + c_U d^B$$

Y el contrato es adjudicado (a diferencia de lo que ocurre en los contratos chilenos) a la firma que obtenga el menor puntaje. Se presenta una constante $c_U \geq 0$ conocida como el *costo del usuario*, que "monetiza" el costo en que incurren los beneficiarios por los días que debe interrumpirse el tránsito por la construcción de la carretera. La fórmula

también define la existencia de incentivos y desincentivos respecto a la cantidad de días que le toma efectivamente a la firma terminar la construcción de la carretera, pero que al pertenecer a una etapa *ex post* respecto a la adjudicación, no serán considerados.

Este es el modelo más sencillo de regla de puntaje. Pero la noción de puntuación *s* servirá para dar contexto a las licitaciones de transporte rural en Chile.

La utilidad estimada para la firma ganadora estará determinada finalmente por la oferta en dinero *b* más el incentivo (o menos el desincentivo) menos los costos en los que incurre la firma. Con esto se refuerza la idea de considerar la oferta y los costos en la función de utilidad de la firma participante, que luego será clave en la formulación del problema de optimización de las firmas. Como fue mencionado, la existencia de incentivos supone una serie de etapas, que en esta investigación no serán consideradas.

La aproximación de dicho estudio hacia la función de costo que deben asumir las firmas participantes de la licitación (y posterior una estrategia de equilibrio para sus ofertas) es a través del concepto de los "pseudo-costos". Al no poder conocerse exactamente los componentes del costo de cada firma, se usa un indicador estadístico θ (que se obtiene de una densidad de distribución específica) con una serie de supuestos consistentes con la literatura que entregan parámetros para un "tipo" de firma. Este parámetro cambia dependiendo de la *expertise* que la firma tenga trabajando bajo plazos definidos y acotados, su relación con los subcontratistas y proveedores, y sus habilidades de administración. Se verá que este tipo de aproximaciones podrían ser reemplazadas con una definición más particular de los componentes del costo, donde las condiciones para

todas las firmas son las mismas respecto a su entorno (como relación con otras firmas o proveedores) y no son relevantes para la ejecución de las condiciones del contrato, pues todas las firmas que compiten en una licitación tendrán acceso a los mismos proveedores de combustible, de repuestos, entre otros.

Finalmente, el estudio da luces sobre cómo estimar la función que determina la oferta (y específicamente su monto en dinero) de cada firma. En dicho estudio, se incluyen en el componente "A" los costos que tiene la firma (que puede depender de materiales, horas-persona, costos administrativos o de operación, etc.) además de un *"markup"* o un valor diferencial, en este caso, relativa al desempeño de las otras firmas. Entonces, por lo tanto, si una firma puede hacer una oferta baja en dinero, y además es eficiente en la entrega (o entrega un mejor nivel de servicio, cual sea el componente "B") existe un monto sobre el que la firma tiene margen para aumentar un poco dicha oferta y aumentar su ganancia. En el caso del transporte rural en Chile, este *markup* puede más adelante considerarse dentro de la ganancia que recibe la firma, y que determina su estrategia de equilibrio. Por ejemplo, el ingreso esperado de una firma una vez que se adjudica el contrato, que podría estar dado por lo que gana en pasajes de pasajeros. Sin embargo, los autores afirman que la relación entre costos y ofertas es compleja, y no es fácil deducir cambios en costos a partir de cambios en la oferta sin conocer algo sobre la correlación entre "barato" y "rápido".

Gupta & Snir (2009) en "*Speed and Efficiency In Transportation Construction Procurement Auctions*" se estudian particularmente mecanismos que usan una propuesta de costo (componente A) y tiempo propuesto (componente B) para otorgar puntaje a

cada oferta de una firma. El estudio demuestra que los mecanismos A+B no necesariamente derivan en una revelación verdadera de los costos unitarios y tiempos de ejecución de las firmas. Los incentivos de las firmas apuntan a ofrecer tiempos de ejecución menores a los esperados. Los pagos basados en los ajustes de cantidades después de que se finaliza la construcción y los incentivos basados en tiempo generan altas ganancias para las firmas. Esto se incorpora estratégicamente en las ofertas, lo que resulta en que el oferente con el menor costo no necesariamente gana. Sin embargo, las firmas sí buscan el esfuerzo óptimo para lograr reducir los tiempos de ejecución. La revelación imprecisa complica la calendarización del tiempo estimado por los ingenieros de proyecto y las actividades interdependientes.

Por lo tanto, podría entenderse que la correlación que mencionan Lewis & Bajari (2011) y el concepto de *markup* podrían tener una mayor complejidad y una gran relevancia en la determinación de las ofertas de las firmas.

En el estudio de Gupta & Snir, cada firma sube ofertas unitarias (costos de materiales y horas-hombre) por cada contrato. Las ofertas unitarias son multiplicadas por las cantidades estimadas y anunciadas por los ingenieros del proyecto y luego sumadas para obtener el componente A de cada oferta de una firma. El componente B es el presupuesto de tiempo de ejecución, que se obtiene multiplicando el costo del usuario (c_U) por el uso de la carretera, especificado por la agencia estatal por el número de días en que la firma propone terminar el proyecto. La firma que presente el menor puntaje es quien se adjudica el contrato (a diferencia de lo que ocurre en el caso del Ministerio de Transportes).

A la firma que ejecuta el proyecto se le paga un componente A, que es igual a la suma de sus ofertas unitarias multiplicada por las cantidades respectivas. A la firma además se le paga un componente B que corresponde a una penalización o un incentivo, dependiendo de los días por sobre o debajo del plazo estipulado (que no se considerará para la presente investigación).

El problema de optimización que enfrenta la firma que participa de una licitación considera un vector *b*:

$$b = (b_0, \ldots, b_n)$$

de los precios unitarios de los *n* materiales y cantidades estimadas (q^e) además de un tiempo de ejecución (t^b). En el estudio, cada firma recibe un puntaje *s* de:

$$s(b, t^b) = b_0 + c_U t^b + \sum_{i=1}^{n} b_i \, q_i{}^b = c_U t^b + b * q^e$$

Es posible apreciar que existe un *trade-off* entre los componentes de tiempo y monto, pues un mismo puntaje puede obtenerse a partir de diferentes combinaciones de ambos. Esto se cumple también para el caso chileno.

Por ende, la decisión de la firma se descompone: el puntaje *s*, y precios unitarios y tiempo (b, t^b). En el caso del transporte rural en Chile, es necesario descomponer cada característica de los contratos que deben considerar las firmas que participan de los procesos de licitación.

2.5. Sistema de puntaje en las licitaciones del transporte rural en Chile

Con esto en mente, es posible trabajar sobre el sistema de puntajes que DTPR utiliza para ponderar los distintos indicadores. De acuerdo a la literatura mencionada, es posible caracterizar el funcionamiento del transporte rural chileno como un remate de oferta sellada de primer precio, con sistema de puntaje y valores comunes. Las propuestas serán evaluadas de acuerdo a los siguientes criterios de evaluación:

i) Subsidio solicitado (ponderación 40%): las ofertas económicas de los proponentes se analizarán y clasificarán sobre la base de una escala de notas de 0 a 100, de acuerdo con el monto mensual del subsidio solicitado; a través de la siguiente fórmula de puntaje:

$$PEC(i) = \frac{M(\min) * 100}{M(i)}$$

Donde *PEC(i)* corresponde al puntaje económico de la oferta *i*, aproximado al segundo decimal; *M(i)* es el monto mensual ofertado por el operador en la oferta *i*, y *M(min)* es el menor monto ofertado (solicitado como subsidio) entre las ofertas admisibles. “Obtendrá el máximo puntaje la oferta quien obtenga el menor monto mensual ofertado. El resto de las ofertas económicas obtendrá un puntaje económico, el cual se le asignará a cada una en función de aquella de menor monto aplicando la fórmula anterior”.

ii) Antigüedad del vehículo (ponderación 40%):

$$Puntaje = 100 * \frac{(y - (t - a^{max}))}{a^{max}}$$

Donde *y* corresponde al año del vehículo ofertado, *t* corresponde al año actual (2017 para la mayoría de los casos, 2016 para otros) y a^{max} es la antigüedad máxima del vehículo, especificada en cada base de licitación. Además, "en el caso de que el servicio considere más de un vehículo, el cálculo del año se obtendrá con el promedio de los años de los vehículos ofertados, aproximado al entero superior".

iii) Presentación formal de la propuesta (ponderación 5%): el puntaje asignado en este criterio puede corresponder solamente a 0 o a 100. De no entregar "todos los antecedentes solicitados en conformidad con las bases de licitación, debiendo solicitar ajustes en función de lo señalado en estas", el puntaje es 0. De cumplir con todos los antecedentes, el puntaje es 100.

iv) Irreprochable conducta en procesos anteriores (ponderación 15%): el puntaje asignado en este criterio también solo puede corresponder a 0 o a 100. Se asigna cero en dos situaciones: de "haber desistido de su oferta o haber renunciado a adjudicación o al contrato, o no haber concurrido a la firma del contrato en procesos de otorgamiento de subsidios regios por la Ley N°20.378, desde 12 meses previos al plazo final de presentación de la oferta"; o de "haber sido sancionado con la caducidad del contrato para el otorgamiento de subsidios regidos por la Ley N°20.378, por incumplimientos ocurridos 12 meses previos al plazo final de presentación de la oferta". Se otorgan 100 puntos al operador que no se encuentra en ninguno de los casos mencionados.

A partir de los componentes anteriores y sus respectivas ponderaciones, queda dado que la fórmula que determina el puntaje a obtener por cada firma en cada una de sus ofertas, está dada por la siguiente expresión:

$$Puntaje_i = 0{,}4\frac{M(\min) * 100}{M(i)} + 0{,}4\frac{100 * \left(y - (t - a^{max})\right)}{a^{max}} + 0{,}15Cond + 0{,}05Pres$$

Esta fórmula será determinante en la metodología posterior.

3. CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN A UTILIZAR

3.1. Descripción cualitativa de la base de datos

Una vez acotada la temática y los alcances de la investigación, y alineados los objetivos del trabajo a realizar, la DTPR facilitó la información relativa todas las ofertas realizadas por los operadores privados, para el proceso de licitación de servicios 2016-2017. A modo de mantener el anonimato de los operadores que participan de las licitaciones, DTPR prescindió de los datos personales de los operadores y oferentes (como serán llamados de aquí en adelante), y en su reemplazo se codificaron con la leyenda "Oferente XX", de modo de poder observar las relaciones entre las firmas más grandes (que tienen la capacidad de hacer ofertas en diferentes regiones, por ejemplo) y las más pequeñas (que solo hacen una o dos ofertas en total).

La base de datos facilitada por DTPR cuenta con una serie de indicadores que corresponden a cada oferta realizada (representada por cada fila de la base de datos),

para cada contrato, en todas las regiones del país. A continuación de describen todas las columnas con las que cuenta la base de datos original:

- Región: con un número del 1 al 15, enumera todas las regiones del país. A todas las regiones les corresponde su número correlativo, y la Región Metropolitana está considerada como la Región número 13.
- ID: identificador del contrato por el que se está haciendo la oferta en cuestión. Están codificados mediante 7 caracteres, de tal forma que los tres primeros corresponden al tipo de contrato que se está licitando: los contratos que corresponden al Programa de Conectividad al Transporte Público Rural tienen el prefijo CTR, y los del Programa de Conectividad Terrestre Aislada tienen el prefijo CTA. Luego, corresponden 4 dígitos que diferencian cada uno de los contratos de los programas mencionados. Por ejemplo: CTA0003 o CTR0161. Esta codificación está determinada por DTPR para la gestión pública e interna de los contratos, por lo que los operadores tienen la información exacta sobre el contrato y el respectivo código por el que están haciendo su oferta.
- Puntajes: se presentan 5 columnas que desagregan todo el puntaje que reciben en cada aspecto a evaluar a través del sistema de puntajes mencionado anteriormente. Existen las columnas de “Puntaje monto (40%)”, “Puntaje oferta (5%)”, “Puntaje vehículo (40%)”, “Conducta irreprochable (15%)” y “Puntaje final”. Cada uno de estas columnas tienen valores comprendidos entre el máximo (100) y el mínimo (0) en cada uno de los aspectos, multiplicados por el ponderador correspondiente a cada factor, con una exactitud de dos decimales.

Por ejemplo, en la columna de “Puntaje monto” se observan puntajes solo entre 0 y 40, en “Puntaje oferta” entre 0 y 5, etc.

- Monto licitado: en esta columna se especifica el monto máximo en dinero que el Estado está dispuesto a subsidiar a través del programa y contrato en cuestión. Cada contrato tiene un monto licitado particular, pero que es constante para todas las ofertas del mismo contrato (con el mismo ID). Como se mencionó anteriormente, en la descripción de las características de las bases de licitación, este máximo monto licitado corresponde en la práctica al 110% del monto máximo por contrato, pues son admisibles las ofertas que sean hasta un 10% superior a lo que determina el Estado.
- Monto ofertado: corresponde al monto que el Oferente en cuestión solicita como subsidio al Estado, pero que en la práctica es la “oferta” de dinero que está dispuesto a recibir para adjudicarse el servicio que se está licitando. Es uno de los datos más relevantes, pues forma parte del 40% de la ponderación del puntaje con el que se evalúa al ofertante y con el que se adjudica la licitación.
- Menor monto ofertado: como se mencionó, la fórmula de puntaje pondera el monto ofertado por el operador (u oferente) de forma relativa al oferente que ofreció el menor monto para dicho contrato. Por lo tanto, al igual que el “monto licitado”, existe un solo “menor monto ofertado” para un mismo ID de contrato.
- Oferente: identificador del Oferente que está haciendo la oferta en cuestión. Como se mencionó anteriormente, para efectos de esta investigación se usaron nombres genéricos para identificar a cada uno de ellos, del tipo “OferenteXXX”

con XXX correspondiendo al número de oferente, que para esta base de datos abarca desde el 1 al 375.

- Cumplimiento de estándares: se presenta una serie de columnas en las que se corrobora la admisibilidad de las propuestas, basadas en el cumplimiento de ciertos estándares mínimos. Entre ellos se cuentan: ofertar un monto dentro del rango permitido por el Estado, participar de la propuesta con un vehículo que no sobrepase el máximo de antigüedad permitida. que tenga la capacidad mínima requerida y que además de apruebe las evaluaciones técnicas pertinentes.
- Capacidad licitada: capacidad mínima de pasajeros con la que debe contar el vehículo que participa del contrato en cuestión. Esta capacidad se comparte entre todos los servicios de un mismo contrato, por lo que para un mismo ID, la capacidad licitada es la misma.
- Capacidad ofertada: capacidad del vehículo con el que se está participando de la licitación. Debe ser igual o mayor a la capacidad licitada para poder ser admisible.
- P.P.U.: Placa Patente Única. Se especifica la patente del vehículo que participa de la licitación, lo que permite reconocer si un mismo vehículo participa de más de una licitación al mismo tiempo.
- Año del vehículo: año del modelo del vehículo que está participando de la licitación del contrato en cuestión. En conjunto con el monto ofertado, es uno de los datos más relevantes, pues constituye el 40% de la ponderación del puntaje con el que se evalúa al ofertante y con el que luego se adjudica el contrato.

- Admisible: columna de valor binario (admisible/no admisible) en el que se determina si, a partir de toda la información presentada y del cumplimiento de los requerimientos mencionados anteriormente, el vehículo en cuestión puede participar de la licitación.
- Adjudicado: columna de valor binario (si/no) en el que se especifica si el contrato fue adjudicado a ese ofertante, a través de la oferta en cuestión.

3.2. Análisis descriptivo de los datos obtenidos

Los datos facilitados por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones a través de la División de Transporte Público Regional, con el objeto de ser analizados en esta investigación, pasaron por un proceso de limpieza de toda aquella información que fuera incongruente con los requerimientos y restricciones que proponen las bases de licitación.

En primer lugar, se consolidó una base de datos de las ofertas realizadas a lo largo de Chile a partir de diferentes archivos proporcionados por la DTPR, y se incluyeron en ella solo aquellas ofertas a las que les fue posible asignar un identificador particular para cada oferente. Esto se hizo a partir de una lista de todas las firmas que figuran dentro de los registros de DTPR, y que pueden ser vinculadas a un RUT específico de quién realizó una oferta. Sin embargo, para esta investigación esa información fue reemplazada por los nombres genéricos “OferenteXXX”. Que los oferentes existieran en la lista de firmas proporcionada por DTPR fue el principal criterio de limpieza de la base de datos, pues es imposible determinar la relación que pueden tener las ofertas a las que no se les asignó un oferente, tanto entre ellas mismas como con alguna de las ofertas a

las que sí se le asignó un oferente. Y eso imposibilita dimensionar el tamaño de dichas empresas, caracterizar correctamente la información de cuántos oferentes existen realmente y cuántos compiten por los contratos. Además, no se consideraron ofertas por contratos que no pertenecieran al proceso de licitación pública del período 2016-2017 (algunas bases de datos contenían ofertas más antiguas que las requeridas).

Posteriormente, se hizo el análisis descriptivo de la información obtenida. Para esta investigación, se trabajó con una base de datos final con 907 ofertas a nivel nacional, que participaron del proceso de licitación de 336 contratos a lo largo de Chile en el período 2016-2017. Esta cantidad de ofertas fueron realizadas por un total de 373 firmas privadas.

Los 336 contratos mencionados, con sus respectivos servicios y sus correspondientes ofertas recibidas, se licitaron en las diferentes regiones del país de la siguiente manera:

Tabla III-1: Cantidad de contratos y servicios licitados, y ofertas recibidas por región

Región	Contratos licitados	Servicios licitados	Ofertas recibidas
XV	4	29	14
I	11	78	62
II	13	61	45
III	12	59	32
IV	37	112	90
V	8	33	22
RM	5	25	15
VI	25	67	53
VII	24	61	44
VIII	16	33	26
IX	94	333	257
XIV	31	106	100
X	27	108	79
XI	18	58	38
XII	11	42	30

La región que concentra la mayor cantidad de contratos y ofertas es, por un amplio margen, la IX Región de la Araucanía, con un total de 94 contratos y 257 ofertas.

Hasta cierto punto, la información sobre las ofertas recibidas puede dar luces respecto a qué tan grandes son las firmas que compiten. En otras palabras, cabe identificar a las posibles grandes empresas que en diferentes regiones pueden estar participando de

diferentes procesos de licitación, lo que podría dar a entender que tienen un mayor poder de negociación o que podrían disminuir sus costos mediante posibles economías de diversidad o escala. Respecto a la cantidad de contratos por los que participa cada oferente, se encuentra el siguiente comportamiento:

Tabla III-2: Análisis descriptivo sobre contratos por oferente

Mínimo	Promedio	Máximo	Desv. Estándar
1	2.43	49	3.6

En este caso, el 98.9% de la cantidad de contratos por oferente está comprendida entre 1 y 12 contratos por oferente, y el comportamiento de dichas cantidades puede graficarse como sigue:

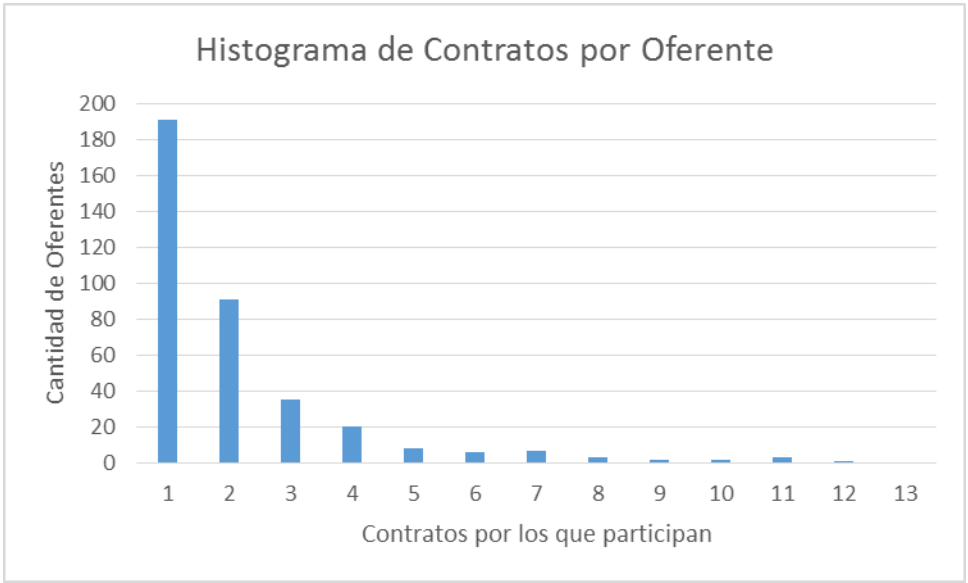

Figura 3.1: Histograma de cantidad contratos por oferente

Se aprecia un cambio notorio en la cantidad de contratos en los que participan las firmas cuando se pasa de 4 a 5 contratos por oferente. Si se considera que una empresa grande tiene una envergadura que le permite participar simultáneamente de 5 procesos de licitación (en una misma región o en distintas), se tiene que existen solo 36 de un total de 373 oferentes que cumplen dicho criterio, lo que representa un 9.65%. Es decir, un 90.35% de las firmas que participan de las licitaciones a nivel nacional son pequeñas o medianas empresas (otra posibilidad es que sean ofertas realizadas por empresas de mayor tamaño de transporte urbano que participan de algunas licitaciones de transporte rural, pero no se cuenta con suficiente información para afirmar aquello). En su gran mayoría (191 de ellas), las firmas que participan corresponden a oferentes particulares que manejan una flota de buses pequeña, que solo les permite participar de una licitación por proceso.

Esta aproximación tiene sus limitaciones, pues cada una de las firmas participantes está registrada en la base de datos del Ministerio de Transportes a través del RUT de una empresa o persona natural. Dado aquello, es posible que empresas más grandes tengan mecanismos e incentivos a participar de los procesos de licitación con distintos RUT, lo que haría imposible reconocer posibles vínculos a través de este análisis. Para efectos de esta investigación, cada Oferente registrado con un ID diferente, corresponde a una empresa o firma distinta.

Por otro lado, es posible observar cómo opera la competencia (o la falta de ella) por cada uno de los contratos a nivel nacional. Como se expuso anteriormente, la cantidad de contratos licitados en Chile corresponde a 336, mientras que la cantidad de ofertas llega

a 907. De allí, es posible caracterizar el comportamiento de las firmas que participan en relación a la cantidad de contratos disponibles.

Tabla III-3: Análisis descriptivo de oferentes por contrato

Mínimo	Promedio	Máximo	Desv. Estándar
1	2.7	10	1.8

En este caso, un contrato promedio solo recibe 2.7 ofertas de distintas firmas, por lo que la competencia es casi inexistente. Es más, en 102 de los 336 contratos (es decir, en un 30.4% de los contratos) existe solo una firma compitiendo por la adjudicación de los servicios en cuestión. El comportamiento de la cantidad de oferentes por contrato se grafica como sigue:

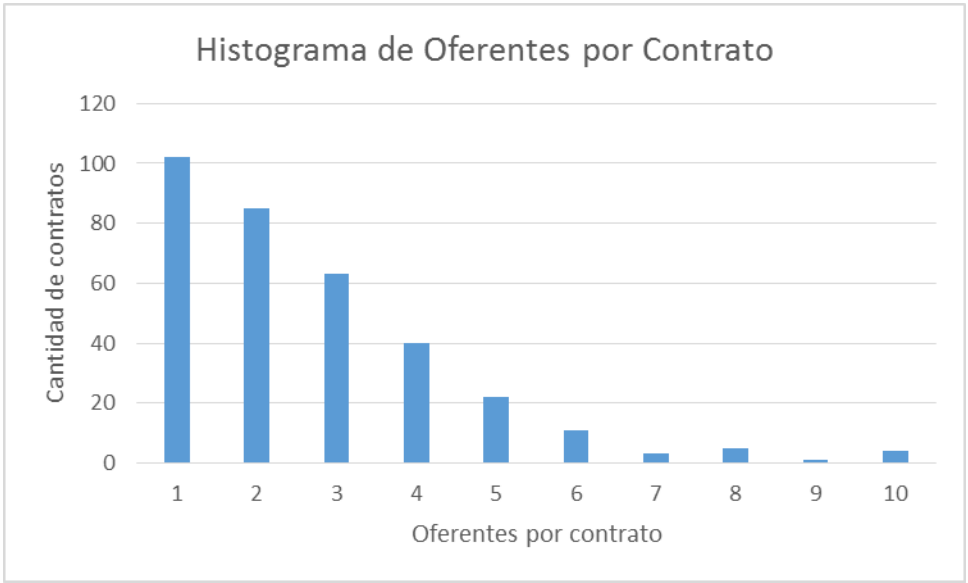

Figura 3.2: Histograma de cantidad de oferentes por contrato

Esto es determinante, pues en la gran mayoría de los casos, al existir poca competencia por un contrato, es posible tener mejores aproximaciones de cuánto están dispuestos a ofrecer las diferentes firmas. Eso es particularmente cierto cuando existe solo una firma compitiendo por el contrato. Esa característica de la competencia entre firmas será determinante para definir y resolver el problema de optimización que deben enfrentar a la hora de decidir su oferta.

Es posible hacer un análisis descriptivo de las ofertas realizadas por las diferentes firmas, en términos de los rangos mínimos, máximos y promedios de algunos de los componentes que fueron descritos anteriormente. En particular, es posible caracterizar el comportamiento general de la antigüedad máxima requerida por las bases del contrato de los vehículos licitados (*amax*), las flotas requeridas a nivel nacional (*flota*), la capacidad ofrecida (*capofer*), el precio del combustible (*comb*), el kilometraje total a recorrer en los contratos (*kms*), la frecuencia de los servicios (*frec*), la antigüedad de los vehículos que participan de la licitación (*a*) y el número de servicios que cada contrato solicita que se recorran (*serv*). Para estos componentes, del total de ofertas realizadas y contratos licitados, los mínimos, máximos y promedios fueron los siguientes:

Tabla III-4: Análisis descriptivo de la base de datos de ofertas recibidas

	Mínimo	Promedio	Máximo
amax (años)	7	14.3	15
a (años)	0	4.59	15
capofer (pasajeros)	10	29.02	50
comb (CLP)	690.5	771.79	832.17
serv (servicios)	1	1.33	4
flota (buses)	1	1.23	8
kms (kilómetros)	5.1	129.39	1063.77
frec (viajes)	2	14.7	480

Es posible además, hacer un análisis sobre cómo las firmas se comportan en términos de los montos promedios de sus ofertas y respecto al monto máximo que el Estado está dispuesto a financiar mensualmente. Además, es posible comparar ese comportamiento con los montos mínimos para cada contrato. Esta información es importante para determinar si las firmas tienen incentivos a siempre solicitar el máximo monto o si hay incentivos a solicitar montos menores al techo, para efectivamente competir con las otras firmas por la adjudicación del contrato.

Observando la información disponible, es posible determinar que para el total de ofertas realizadas por las firmas, el monto máximo ofrecido por el Estado (*bmax*) se relaciona con los montos ofrecidos por las firmas (*b*) y los montos mínimos ofrecidos para cada contrato (*bmin*) de la siguiente forma:

Tabla III-5: Análisis descriptivo de montos ofrecidos por firmas

	Mínimo	Promedio	Máximo
bmax (CLP)	781,000	2,520,602	8,778,000
b (CLP)	300,000	2,161,718.6	7,795,000
bmin (CLP)	300,000	1,981,617.8	7,795,000

Es decir, el monto promedio ofrecido por todas las firmas (*b*) corresponde aproximadamente al 85.8% del máximo ofrecido por el Estado (*bmax*) para el promedio de todos los contratos. Por otro lado, el monto mínimo ofrecido corresponde en promedio al 78.6% del monto máximo ofrecido por el Estado. Esto es importante, pues revela cómo es el comportamiento de las firmas frente a las restricciones de presupuesto. Sería posible argumentar que cuando se licitan servicios de baja demanda o cuando se estima que habrá poca competencia entre firmas por un mismo contrato, los montos mínimos (y, por ende, los que obtienen inmediatamente un alto puntaje) podrían ser más altos y estar muy cercanos al máximo propuesto por el Estado. Dicho comportamiento será relevante para diseñar y resolver el problema de optimización que cada firma enfrenta a la hora de hacer su oferta.

Cabe, sin embargo, analizar cómo se comportan las 102 firmas que durante el período 2016-2017 participan de un proceso de licitación donde son la única empresa competidora. Se realizó un análisis sobre cómo cambia la relación entre el monto promedio ofrecido por dichas firmas únicas en la competencia (que coincide en este caso con el monto mínimo ofrecido), y el monto máximo que restringe el Estado. Se obtuvo

que las firmas, cuando no tienen competencia para adjudicarse un contrato, aumentan el monto ofrecido a un 87.8% del monto máximo permitido (en contraste con un 85.8% del promedio total cuando también hay competencia), por lo que se puede argumentar que las firmas, a pesar de que sean las únicas participando del proceso de licitación, no aprovechan la falta de competencia entre empresas para intentar sacar un mayor provecho del máximo financiable. En este razonamiento subyace el supuesto de que el Estado, al no tener más empresas a las cuales ofrecer el servicio por un menor monto, debe adjudicar inmediatamente el contrato a la única empresa en competencia; supuesto que se condice con la información entregada en la base de datos.

4. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Problema de optimización

Como se mencionó anteriormente, y considerando el caso del transporte rural chileno como una *scoring auction,* la fórmula de puntaje con la que trabaja el Ministerio de Transporte para otorgar una puntuación a todas las firmas oferentes y posteriormente adjudicar el recorrido al ganador, es la siguiente:

$$Puntaje_i = 0{,}4\frac{M(\min) * 100}{M(i)} + 0{,}4\frac{100 * \left(y - (t - a^{max})\right)}{a^{max}} + 0{,}15Cond + 0{,}05Pres$$

Esta fórmula, conocida a priori por todas las firmas y definida en las bases de licitación, permite que cada firma, en gran medida, pueda evaluar *ex ante* su oferta, con solo algunos factores incógnitos, y por ende, tener una aproximación bastante cercana al

puntaje que va a obtener tras el proceso de licitación. Como ya fue mencionado, aquella firma que tiene el mayor puntaje para el contrato licitado en cuestión es la que se adjudica el recorrido, y recibe como compensación monetaria el monto que la misma firma ganadora ofreció. Por lo tanto, este proceso de licitación se comporta como un remate sellado de primer precio.

Para efectos del análisis que se llevará a cabo, se realizará una simplificación de dicha fórmula para poder trabajar solo con aquellos factores que tienen una relevancia determinante en la obtención del puntaje final y, sobre los cuales, las decisiones que puede tomar cada una de las firmas tienen una directa injerencia.

En primer lugar, y tras un análisis de la información entregada por el Ministerio de Transportes sobre a las ofertas realizadas para el período 2016-2017, es posible notar que el componente relativo a la conducta previa de la firma en procesos anteriores ("Cond") no es un factor diferenciador entre los oferentes participantes, pues en 906 de las 907 ofertas presentadas, las firmas obtuvieron el máximo puntaje (15 puntos en total, según el sistema de puntaje). Es decir, se puede asumir que las firmas que llegan a participar de la licitación y que quedan registrados en la base de datos del Ministerio de Transportes, en su gran mayoría cumplen con el requisito mínimo de participación de tener una buena conducta en procesos anteriores. Debido a esto, no será considerado como una variable relevante para la fórmula de puntaje. En el caso de la presentación formal de la propuesta y el cumplimiento de las condiciones del contrato ("Pres") son responsables de variaciones en el puntaje de un promedio de solo 2.25 puntos (del total de 100) en cada oferta, y el 72% de las ofertas realizadas obtienen el puntaje máximo

posible; es decir, 5 puntos. Por lo tanto, se considerará que estos dos términos no son determinantes a la hora de asignar una puntuación a la oferta en cuestión, y no serán considerados en la fórmula de puntaje a trabajar. Con ello, la función de puntaje quedará determinada por:

$$Puntaje_i = 0{,}4\frac{M(\min) * 100}{M(i)} + 0{,}4\frac{100 * \left(y - (t - a^{max})\right)}{a^{max}}$$

En la fórmula propuesta, se debe tener en cuenta que a partir de la diferencia entre el año en curso y el año de fabricación del vehículo ofertado, se puede obtener la "antigüedad" de dicho vehículo. Por ejemplo, si el año actual t es el año 2016, y el año de fabricación y del vehículo es el 2002, se puede decir que la "antigüedad" de dicho vehículo corresponde a la resta entre ambos; es decir, 14 años. Esa antigüedad será representada por la letra a. Es decir:

$$t - y = a$$

$$\left(y - (t - a^{max})\right) = y - t + a^{max} = -a + a^{max}$$

Para mantener la coherencia con la base de datos entregada, si se nombra al monto mínimo $M(\min)$ como b^{min}, y el monto $M(\mathrm{i})$ ofrecido por la firma sencillamente como b, se pueden reescribir los términos restantes en la fórmula de puntaje, obteniendo una nueva fórmula de puntaje s que queda como sigue:

$$s = 40\left(\frac{b^{min}}{b} - \frac{a}{a^{max}} + 1\right)$$

Siendo a la antigüedad del vehículo que participa de la licitación, y todos los otros términos con igual definición a como ya fueron presentados: b^{min} el monto mínimo ofrecido entre todas las firmas para el contrato en cuestión, b es el monto ofrecido por la firma particular, y a^{max} es la antigüedad máxima permitida del vehículo que participará de la licitación.

Con esta fórmula en mente y antes de participar de una licitación por un contrato, cada firma enfrenta un problema de optimización individual en la que debe sopesar los costos en que incurre y cuál es el beneficio esperado que puede obtener de adjudicarse la licitación. Y en base a aquello, debe poder calcular el monto que va a ofrecer para el recorrido en particular que quiere adjudicarse. Para eso, una firma puede elegir varias combinaciones de antigüedad y monto que otorgan el mismo puntaje, y eso puede ser modelado en dos pasos: primero, para un puntaje determinado *s*, cuáles son los *a* y *b* óptimos, y luego, cuál es el puntaje óptimo para maximizar la probabilidad de adjudicarse el contrato en cuestión.

Dicho problema de optimización general es modelado con la siguiente función objetivo:

$$\pi = max_{a,b|b^{min},s}\{I + b - c(z)\}$$

Donde la utilidad esperada π de cada firma será aquella que maximice la suma entre el ingreso valorizado esperado *I* que se percibe en caso de adjudicarse la licitación (en conceptos de pasajes por cantidad de pasajeros, principalmente) más el monto ofrecido mensual *b* (el cual es otorgado por el Estado para la administración y ejecución del

recorrido en cuestión) menos los costos mensuales en los que incurre la firma para poder operar en dicho recorrido *c(z)*, dado su puntaje obtenido tras la evaluación y el menor monto licitado b^{min}. En este caso, *z* representa el o los factores sobre los cuales se determina el costo en que incurre la firma. Por ejemplo, la antigüedad del vehículo.

En la realidad, el menor monto licitado b^{min} es parte de la información que puede conocerse sólo una vez que todas las firmas han hecho su apuesta, y el Estado es el único que maneja estos datos empíricos. Sin embargo, para efectos de este análisis se propone que, debido a la escasa competencia en términos de firmas que apuestan por un mismo contrato, lo que permitiría a cada una de las firmas conocer a sus contrincantes y conocer de mejor forma su comportamiento (tal como fue detallado en el apartado 3.2.), cada una de ellas, antes de hacer su apuesta, es capaz de estimar de forma exacta cuál será el menor monto ofertado b^{min}; y con ello podrá hacer una decisión informada de cuál será su monto a ofrecer.

Supuesto 1: las firmas tienen la capacidad de estimar de manera perfecta el menor monto licitado b^{min}.

El problema de optimización específico de cada firma *i*, y su correspondiente utilidad esperada será determinada por dicho problema de optimización general, ponderada por la probabilidad de adjudicarse un recorrido determinado. Es decir, de que el puntaje que obtenga dicha firma *i* sea mayor a los puntajes de todas las otras firmas que compitan por el recorrido en cuestión.

$$\pi_i = \left(I_i + b_i - c(z_i)\right) * P(s < s_i)$$

Supuesto 2: para simplificar la notación, inicialmente la función de costo $c(z_i)$ se determinará únicamente a partir la antigüedad del vehículo (y por ahora no considerará otros factores, como el monto ofertado *b*. Es decir, estará definido por $c(a_i)$.

Esta investigación estará enfocada, en primera instancia en estimar una función de costo de las firmas que participan del proceso de licitación en recorridos del transporte rural en Chile, a través de un modelo teórico estimado empíricamente a partir de la información disponible de procesos reales de licitación en el período 2016-2017. Luego, con dicha función de costo será posible analizar y evaluar la regla de puntaje que permite elegir un ganador.

Con esa finalidad, se establece nuevamente el problema de optimización con sus respectivas restricciones:

Función objetivo:

$$\pi = max_{a,b|s,b^{min}} \{I + b - c(a)\}$$

Sujeto a las restricciones:

(1) $s = 40(\frac{b^{min}}{b} - \frac{a}{a^{max}} + 1)$

(2) $0 < b \leq b^{max}$

(3) $0 \leq a \leq a^{max}$

La primera restricción corresponde a la fórmula de puntaje ajustada para el análisis, que ya fue presentada anteriormente, y que queda en función del monto mínimo licitado (que

será perfectamente estimado por las firmas *ex ante*), el monto ofrecido por la firma en cuestión, la antigüedad del vehículo a licitar por la firma, y la antigüedad máxima permitida por el contrato.

Las siguientes son las restricciones que determinan la naturaleza de las variables. El monto ofrecido por cualquier firma, para ser admisible en el proceso de licitación, debe necesariamente ser un número positivo y menor al monto máximo permitido para ese contrato. En el caso de la antigüedad, es claro que solo puede ser un número no negativo (puede tener una antigüedad 0 si el vehículo es del mismo año en que se participa de la licitación), y debe ser menor a la antigüedad máxima propuesta por el Estado, sin excepción, para ser admisible.

Con el problema de optimización presentado, es posible iniciar su proceso de resolución a través de la aplicación del método de Multiplicadores de Lagrange (Rockafellar, 1993).

$$L(\pi) = I + b - c(a) + \lambda_1(s - 40(\frac{b^{min}}{b} - \frac{a}{a^{max}} + 1)) + \lambda_2(b - b^{max}) + \lambda_3(a - a^{max})$$

A partir de esta expresión, es posible despejar una función del monto óptimo (o monto de equilibrio) que cada firma debiera ofrecer de forma condicional al puntaje que desee obtener. Es decir, si una firma quisiera obtener un puntaje determinado *s* para intentar ganar la licitación, el monto óptimo se obtiene resolviendo el sistema de ecuaciones propuesto, de la siguiente forma:

Ecuación 1:

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = 0 \ , \forall i = 1,2,3 \rightarrow arroja\ las\ restricciones\ (1), (2) y\ (3)$$

Ecuación 2:

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 0 \ \rightarrow \frac{-\partial c(a)}{\partial a} + \frac{40 * \lambda_1}{a^{max}} + \lambda_3 = 0$$

Ecuación 3:

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 0 \ \rightarrow 1 + \frac{40 * \lambda_1 * b^{min}}{b^2} + \lambda_2 = 0$$

De la Ecuación 3 se tiene que:

$$b^* = \sqrt{\frac{-40 * \lambda_1 * b^{min}}{(1 + \lambda_2)}}$$

De esta función, y para que el monto óptimo sea un número natural (pues representa una cantidad de dinero determinada) y debido a que el monto mínimo b^{min} y $(1 + \lambda_1)$ son necesariamente valores positivos, se obtiene que:

$$\lambda_1 < 0$$

Por otro lado, si el valor de λ_1 que se despeja de la Ecuación 2 se integra en la Ecuación 3 se obtiene que el monto óptimo que cada firma decidirá ofrecer en el proceso de licitación estará determinado por:

$$b^* = \sqrt{\frac{-a^{max}\, b^{min}\,(c'(a) - \lambda_3\,)}{(1+\lambda_2)}}$$

Es decir, cada firma decidirá el monto a ofrecer dependiendo de la antigüedad máxima del vehículo para el contrato en cuestión, el monto mínimo a ofrecer por las firmas en competencia (que como se planteó anteriormente, será información conocida que permite estimar de manera exacta b^{min}) y la derivada del costo de la firma respecto a la antigüedad del vehículo.

Para determinar la naturaleza de los coeficientes λ_i (con *i = 2, 3*) es necesario evaluar el comportamiento de los factores a los que se les asocia. En este caso, se analizan las restricciones asociadas al monto licitado por las firmas y a la antigüedad del vehículo (restricciones (2) y (3)). En caso de que ambos valores (*b* y a) sean en su mayoría inferiores al máximo o la cota superior, puede argumentarse que son restricciones que permanecen inactivas, por lo que λ_2 y λ_3, respectivamente, podrían aproximarse a un valor igual a 0.

A partir de la información contenida en la base de datos, se encuentra que el 99.2% de las ofertas analizadas, la antigüedad de los vehículos es inferior a la máxima permitida, y a que en el 93.8%, el monto licitado por las firmas es menor al máximo ofrecido por el Estado, es posible definir:

Supuesto 3: se considerará que las restricciones (2) y (3), correspondientes respectivamente a la naturaleza de los montos ofertados por las firmas y la antigüedad de

los vehículos, permanecen inactivas, por lo que los valores de sus respectivos coeficientes pueden aproximarse a cero. Es así como:

$$\lambda_2 = \lambda_3 = 0$$

Por lo tanto, obtenemos que el monto óptimo a ser ofrecido por cada una de las firmas está representado por la siguiente expresión:

$$b^* = \sqrt{-a^{max}\, b^{min}\, c'(a)}$$

Con esta expresión principal y, particularmente, con la presencia de un signo negativo, se deben tener algunas consideraciones. Como ya se mencionó, tanto a^{max} como b^{min} poseen valores no negativos, por lo que a fin de que la expresión no quede indeterminada (con una raíz cuadrada negativa), y para que el monto óptimo sea un número natural, la derivada del costo respecto a la antigüedad del vehículo (es decir, $c'(a)$), debe necesariamente ser negativa.

Supuesto 4: el costo marginal en que incurre cada firma en función de la antigüedad del vehículo con el que participa de la licitación, debe disminuir a medida que aumenta la antigüedad del vehículo ofrecido. Por lo tanto, es más barato prestar el servicio en cuestión con un bus más antiguo que con uno nuevo.

A pesar de que este supuesto pueda parecer contra-intuitivo en la realidad, es lógico suponer que las firmas tendrán incentivos de manejar vehículos antiguos. En el caso contrario, si los vehículos con una antigüedad cercana a la máxima, por ejemplo, tuvieran costos muy superiores de mantención por periodos prolongados de tiempo,

entonces sería conveniente para la mayoría de los casos en que se decida participar de una licitación, hacerlo con un vehículo nuevo. Como puede obtenerse de los datos analizados, el promedio de antigüedad de los vehículos es de 4.6 años, y solo un 18% de los vehículos que participan de las licitaciones a lo largo del país son nuevos, con 0 años de antigüedad; un 9% tiene 1 año de antigüedad y un 4.5% tiene 2 años de antigüedad; lo que en total no supera el 32% de la totalidad de los vehículos que participan de las licitaciones. Por lo tanto, se puede comprobar que existen incentivos para participar de licitaciones y posteriormente operar servicios con vehículos de antigüedad mayor a la mínima.

En este razonamiento subyace el supuesto de que las firmas, de necesitarlo, tendrían acceso a instituciones financieras que permitieran adquirir vehículos mediante créditos, que las firmas pudieran ir saldando con los beneficios obtenidos de la ventaja comparativa a la hora de participar de la licitación.

Con el fin de proponer una función de costo general para cada una de las firmas que participan de una licitación, que respete la restricción mencionada en el supuesto anterior, es necesario definir algunas de sus características para que responda de una manera adecuada a la realidad que enfrentan las firmas privadas.

Por ejemplo, se considerará que el costo total en que incurren las firmas debe aumentar a medida que aumenta el tamaño de la flota de la firma. Naturalmente, a medida que una firma tiene a su haber una mayor cantidad de vehículos, aumentan los costos de mantención, de remuneración de conductores, de permisos de circulación, etc. Además,

se considerará que es suficientemente caro poder adquirir un nuevo vehículo solo para poder participar de un proceso de licitación particular, previo a la oferta de la licitación.

Por otro lado, esta función de costo de las firmas debe considerar el impacto que tiene la frecuencia de los recorridos y los kilómetros a recorrer en cada uno de los contratos. Es decir, debe ser más caro tener que recorrer más kilómetros totales (en función de frecuencia y kilómetros por tramo) por el impacto que estos tienen en futuros costos de mantención, remuneración de conductores (por una mayor cantidad de horas de trabajo), combustible, lubricantes y otros elementos que tienen un mayor costo a medida que aumenta el uso de los vehículos durante el período que dura el contrato.

Además, debe permitir la diferenciación y facilitar la interpretación de los costos de capital y de gastos operacionales en que incurren las firmas, para reconocer cuáles costos y en qué magnitud se le atribuye a cada uno. En este caso, a partir de la información disponible, una mayor desagregación de los datos y de los factores que componen la función de costo, permitirán una mejor interpretación de los datos obtenidos. Se verá más adelante que una aproximación para encontrar esta función de costo requerirá validar la significancia de muchos factores, para luego reducirse a aquella que tenga la mayor cantidad de componentes significativos, que al mismo tiempo permitan interpretar cada costo en las categorías de capital y operación.

Con todas estas consideraciones, se construyó una función general del costo para las firmas que participan de una licitación por un recorrido del transporte rural en Chile. A

fin de cumplir con las restricciones y comportamientos esperados, la función será definida como sigue:

$$c(z) = \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

Donde *z* representa el vector de variables que componen la función de costo. El proceso de búsqueda y definición de una función de costo tuvo distintas etapas, y fueron descartándose ciertos modelos que no cumplían con las restricciones planteadas anteriormente, que no permitían obtener resultados donde los componentes relevantes en su conceptualización no tuvieran significancia estadística o que tuvieran una correspondencia de signos contra-intuitiva, y que fueran demasiado complejos para permitir una interpretación sencilla.

Para permitir una mejor interpretación de los factores y respetar las restricciones mencionadas anteriormente, se propuso una función de costo con forma Cobb-Douglas calibrada (Cobb & Douglas, 1928). Estudios como los de Bhanumurthy (2002) exponen las ventajas que presentan este tipo de formulaciones, a partir de lo accesible que es componer desde cero una función con distintas dimensiones y que en una misma función puede incorporar los costos fijos y los variables de cada firma. Además, permite reducir y manejar de mejor forma problemas de estimación econométricos como la correlación en serie, heterocedasticidad o multicolinearidad.

Una de las principales motivaciones para elegir esta forma de costo, fue que posteriormente permite la calibración de esta función a través de una regresión lineal. Una regresión lineal permite, en este caso, corroborar con cierto grado de significancia

estadística, cuáles son las variables relevantes a la hora de determinar el costo en que incurre cada firma y qué impacto tiene cada una de esas variables en el costo final.

Como se verá más adelante, algunos de estos componentes pertenecen a la categoría de "valores comunes", pues algunos factores (como los precios del combustible, por ejemplo) son comunes para todas las firmas de una zona particular, y conocidas por todas. Por otro lado, otros componentes son privados e independientes, dependiendo de la firma en cuestión.

Antes de describir cada componente de la función de costo, cabe destacar que se decidieron considerar en el análisis las posibles diferencias inherentes a cada región que se podrían generar a partir de factores que pueden no estar contempladas en la información entregada por las firmas (y requeridas por el Estado). Se buscó permitir la inclusión de posibles características políticas, económicas, geográficas y demográficas de cada una de las regiones del país. En el coeficiente β_0, que es el que captura los efectos fijos en una regresión lineal, como la que fue usada y que será analizada posteriormente, se optó por incorporar efectos fijos pero a nivel regional (como se mencionó, la información de a qué región corresponde cada oferta es conocida en la base de datos del Ministerio de Transportes). Tras este análisis, se encontró una diferencia sustancial en los costos fijos en los que incurren las firmas, si son categorizadas a partir de la región en la que participan de la licitación. Con el uso de variables dummy para representar cada una de las 15 regiones del país, se pudo determinar que existen costos que son inherentemente distintos para cada una de ellas. Más adelante se hará un análisis exhaustivo de las magnitudes e interpretaciones de estas diferencias, pero en general,

este comportamiento se puede atribuir a las diferencias geográficas y demográficas que pueden tener incidencia en los costos de las firmas. Por ejemplo, algunas regiones son más geográficamente densas que otras (con mayor cantidad de centros urbanos a menor distancia), lo que permite reducir los costos por pasajero transportado, mientras que otras regiones, que son menos densas y cuya población está más dispersa en un sector geográfico, puede presentar mayores costos al forzar a la firma y sus vehículos a recorrer mayores distancias para menores demandas. Posteriormente se ahondará en este análisis.

Los atributos que fueron incorporados en la función de costo fueron los siguientes:

- **flota**: cantidad de vehículos que opera la firma, obtenido de los registros de la cantidad de patentes (P.P.U.) que cada firma ingresa con su oferta para la licitación. Como ya fue mencionado, su relevancia radica en el costo que significa operar uno o más vehículos. Es esperable que el costo aumente con la cantidad de vehículos de la firma; debido al mayor gasto en mantenciones y repuestos, permisos de circulación, revisiones periódicas, lubricantes, etc.
- **cap**: capacidad total de asientos ofrecida de los vehículos con los que la firma participa de la licitación. Como ya fue mencionado, este dato es proporcionado por las firmas a la hora de participar de la licitación, pues debe ser mayor o igual a la "capacidad licitada" que es el mínimo de pasajeros que debe poder transportar cada uno de los vehículos (y se asegura que así sea tras la limpieza de los datos y la certeza de que todas las ofertas que se analizan son admisibles). Se espera que a medida que aumente la capacidad ofertada el costo en que incurre la firma aumente, pues se infiere que poder "aumentar la capacidad del bus" en un

asiento, requiere de una gran inversión de capital. Además, si la capacidad aumenta en más de un asiento, es posible que sea conveniente invertir en la adquisición de un nuevo vehículo que cumpla con las características requeridas. Es decir, este factor de la función de costo absorbe el impacto de tener que adquirir un nuevo vehículo para subsanar el aumento de su capacidad.

- **comb**: precio del combustible. Como ya fue mencionado, se propuso efectuar un análisis diferenciado por cada región del país. Por lo tanto, el precio del combustible que se consideró fue aquel que le correspondiera a la región en que se realizó la licitación, en el mes en que se inició el contrato en cuestión. Esta información se obtuvo de bases de datos de precios históricos de combustibles (Energía Abierta, 2019) Es decir, si la oferta de una firma en particular se realizó en la X Región de Los Lagos, y el inicio del contrato para el que se realizó la oferta es Febrero de 2016, entonces el precio de combustible que fue utilizado en el modelo de costos, fue el correspondiente para esa región y mes.
- **kms**: kilómetros totales a recorrer por los vehículos en el contrato. Esta información se obtiene a partir de la multiplicación entre los kilómetros a recorrer por tramo y la frecuencia mensual con la que deben hacerse los viajes. Se espera que aumente el costo con el total de kilómetros a recorrer, pues puede traducirse en una mayor remuneración para el conductor del vehículo por horas de trabajo (este componente es el único proxy a la información del tiempo que pasan los conductores efectivamente realizando los recorridos) o por la inversión en mantenciones por la cantidad de kilómetros recorridos.

- **frec**: frecuencia del servicio a realizar. Captura el efecto que tiene modificar no el kilometraje total, sino la frecuencia con la que se realiza el servicio. Permite observar los costos operacionales atribuibles a una nueva salida del terminal, y puede permitir interpretar la cantidad de viajes que deben realizarse de acuerdo a la cantidad de habitantes que tiene una región en particular. El kilometraje total no entrega un proxy de la cantidad de recorridos al día o semana que se requieren para una zona determinada, sino que permite capturar el impacto de la desagregación poblacional a lo largo de la extensión de una zona geográfica. La frecuencia sí entrega un proxy de qué tan densa es esta población que requiere de estos servicios.
- **a**: antigüedad del vehículo que participa de la licitación. Es uno de los parámetros más relevantes, pues incide directamente en la fórmula de puntaje analizada. Permite capturar los costos de capital que significa comprar un vehículo de una antigüedad determinada. Se espera que crezcan considerablemente los costos a medida que se disminuye la antigüedad. Es decir, debiera ser más caro adquirir y operar un vehículo de menor antigüedad.
- **serv**: cantidad de servicios que provee la firma. Como fue mencionado, una misma firma puede tener que abarcar más de un recorrido. Estos diferentes recorridos (de un punto A a B, y de uno C a D, por ejemplo) pueden realizarse con uno o más vehículos, por lo que es importante que tanto la cantidad de servicios como la flota de vehículos de la firma estén presentes en la función de costo, para poder analizar las interacciones que hay entre ambos factores.

Cabe recordar que la expresión de monto óptimo que cada firma ha de ofertar en una licitación está dada por:

$$b^* = \sqrt{-a^{max} b^{min} c'(a)}$$

Y dado que la función de costo en base a la antigüedad está dada por la expresión

$$c(z) = \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

Se obtiene que la derivada de la función de costo respecto a la antigüedad del vehículo está dada por:

$$c'(a) = \frac{\partial c(z)}{\partial a} = \beta_6 \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

Y, por lo tanto:

$$c'(a) = \beta_6 c(z)$$

Por lo tanto, y a partir de la expresión de monto óptimo, de la restricción que determina que el costo marginal respecto a la antigüedad debe ser negativo y de la expresión encontrada para dicha derivada del costo, se obtiene que el coeficiente β_6, correlativo a la antigüedad del vehículo a ofrecer, debe ser negativo.

A fin de poder trabajar la función de costo de forma lineal, y para poder encontrar los coeficientes correspondientes a cada uno de sus componentes, se siguió la siguiente lógica sobre la función de monto óptimo definida anteriormente.

$$b^* = \sqrt{-a^{max}\, b^{min}\, c'(a)}$$

$$\ln(b^*) = \frac{1}{2}[\ln(a^{max}) + \ln\left(b^{min}\right) + \ln\left(-\beta_6 c(z)\right)]$$

$$\ln(b^*) = \frac{1}{2}[\ln(a^{max}) + \ln\left(b^{min}\right) + \ln\left(-\beta_6\beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp\left(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv\right)\right)]$$

A partir de esta expresión es posible reescribir la ecuación, dejando en un lado de la igualdad el conjunto de variables dependientes, a las que no se les asigna un coeficiente; y en el otro, aquellas independientes, que tienen coeficiente.

$$2\ln(b^*) - \ln(a^{max}) - \ln\left(b^{min}\right) = \ln(-\beta_6\beta_0) + \beta_1 \ln(flota) + \beta_2 \ln(cap) + \beta_3 \ln(comb) + \beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv$$

Al lado izquierdo de la ecuación se encuentran todas las variables observadas y conocidas: el monto b^* es el dato de la oferta en cuestión, a^{max} está determinado en cada contrato, y según el Supuesto 1 es posible conocer b^{min} antes de realizar la oferta. Así, se puede escribir la ecuación a estimar de la siguiente forma:

$$Y = \ln(-\beta_6\beta_0) + \beta_1 \ln(flota) + \beta_2 \ln(cap) + \beta_3 \ln(comb) + \beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv$$

Esta manera de plantear la ecuación permite aplicar una Regresión Lineal Múltiple (RLM) sobre las variables, con la salvedad del término independiente, que comúnmente correspondería a los efectos fijos β_0. Como ya fue mencionado, se decidió absorber los efectos fijos en el costo que tiene cada región en dicho parámetro. Para efectos del

análisis y de acuerdo a lo encontrado en la ecuación anterior, puede reescribirse el primer término de efectos fijos, como sigue:

$$\widetilde{\beta_0} = \ln(-\beta_6 \beta_0)$$

Por lo que para encontrar el intercepto real, correspondiente a los efectos fijos de cada región, se debe realizar la operación que sigue:

$$\beta_0 = \frac{-\exp(\widetilde{\beta_0})}{\beta_6}$$

Una vez que se reescriben los términos de los coeficientes y se tienen en cuenta las variables a utilizar, es posible estimar el modelo mediante regresión lineal, donde el vector de coeficientes y las variables son, respectivamente, los siguientes:

$$\beta = [\widetilde{\beta_0}, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7]$$

$$X = [\ln(flota), \ln(cap), \ln(comb), kms, frec, a, serv]$$

Con los resultados obtenidos, se determinará la relación entre cada variable y su impacto en el costo total en que incurre cada firma. De esta forma, se podrá evaluar si la función de costo propuesta es adecuada para explicar el comportamiento que tienen las firmas privadas a la hora de participar de una licitación por un servicio de transporte rural en Chile.

4.2. Uso de software R para cálculo de coeficientes mediante RLM

A través del software computacional R, se realizó una RLM para estimar los coeficientes que mejor se ajustan a los datos, y que permiten dar forma a una función de costo apropiada para explicar el comportamiento de las firmas. La función de costo propuesta y la ecuación analizada, respectivamente, como fue mencionado, fueron:

$$c(z) = \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

$$\begin{aligned} 2\ln(b^*) - \ln(a^{max}) - \ln(b^{min}) \\ = \ln(-\beta_6\beta_0) + \beta_1 \ln(flota) + \beta_2 \ln(cap) + \beta_3 \ln(comb) + \beta_4 kms \\ + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv \end{aligned}$$

En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos para los coeficientes correspondientes a los efectos fijos de cada región. Estos coeficientes representan un costo que será considerado como fijo, en el que incurren las firmas por el solo hecho de estar participando de una licitación de una región en particular. Posteriormente se hará una interpretación de los resultados obtenidos pero, en general, la diferencia entre los costos de distintas regiones puede atribuirse a las características geográficas y demográficas de cada una de ellas, y pretende contemplar el impacto que puede tener la separación espacial de los asentamientos y centros neurálgicos de cada una de estas zonas rurales; las diferencias de relieve y altitud a lo largo de los recorridos, o la dificultad que presenten los caminos, con la consiguiente exigencia sobre los vehículos que los recorren.

De acuerdo a la diferencia presentada anteriormente, cabe destacar que en la siguiente tabla se presentan los resultados calculados como el efecto fijo real β_0, y no el correspondiente a $\widetilde{\beta_0}$. Se presentan, además, en orden geográfico:

Tabla IV-6: Efecto fijo en el costo por región

Región	Coeficiente	Costo fijo (CLP)
XV – Arica y Parinacota	β_{0_15}	$870.404,1
I – Tarapacá	β_{0_1}	$638.395,2
II – Antofagasta	β_{0_2}	$991.240,9
III – Atacama	β_{0_3}	$771.979,2
IV – Coquimbo	β_{0_4}	$477.687,9
V – Valparaíso	β_{0_5}	$664.448,6
RM – Metropolitana	β_{0_RM}	$811.559,4
VI – O'Higgins	β_{0_6}	$463.570,1
VII – Maule	β_{0_7}	$492.235,6
VIII – Bío Bío	β_{0_8}	$727.022,6
IX – Araucanía	β_{0_9}	$625.754,1
XIV – Los Ríos	β_{0_14}	$454.390,8
X – Los Lagos	β_{0_10}	$836.275,0
XI – Aysén	β_{0_11}	$771.979,2
XII – Magallanes	β_{0_12}	$2.462.562,0

A partir de los resultados obtenidos, es posible apreciar ciertos patrones en las regiones que tienen mayores coeficientes de costo fijo, es decir, en las que es más costoso operar. En el caso de Magallanes o Antofagasta, las dos regiones con mayor coeficiente, según el CENSO de 2017, ambas se encuentran dentro de las 4 regiones con menor población en Chile, pero al mismo tiempo también son dos de las regiones con mayor superficie del territorio. Es decir, podría entenderse que debido a la baja densidad demográfica y, posiblemente, en sectores donde los servicios deben recorrer distancias mayores por un menor retorno en términos de demanda, sea efectivamente más costoso operar. Es por eso que sería esperable que el Estado compensase a las firmas que desean participar en la adjudicación de servicios en estas zonas, porque los costos fijos ya son suficientemente altos como para desincentivar la competencia. Aquello precisamente ocurre de esta forma, ya que según los datos obtenidos, la Región de Magallanes presenta un promedio de montos ofrecidos por el Estado de $4,024,933, y la de Antofagasta un promedio de $3,123,778, cuando el promedio nacional, calculado por el promedio regional, corresponde a $2,385,521.

Además, el comportamiento de Magallanes y Los Lagos (otra de las regiones que presenta un alto coeficiente de costo fijo) coinciden con las barreras geográficas propias ese sector del país, con mayores dificultades de conexión territorial; lo que puede tener injerencia en una parte de los aumentos en los costos inherentes a la operación en la región.

Por otro lado, los casos donde los coeficientes son menores y, por tanto, es menos costoso operar geográficamente son las regiones de Los Ríos y O’Higgins. Ambas son

de las más pequeñas del país y presentan menores barreras geográficas, y al mismo tiempo se condice con el hecho de que son quienes reciben menores aportes del Ministerio de Transportes para el financiamiento de la operación mensual respecto al resto de las regiones ($1,463,200 y $1,483,811 respectivamente, con un promedio nacional de $2,385,521).

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los coeficientes obtenidos para los componentes de la función de costo que fueron descritos anteriormente[1].

Tabla IV-7: Coeficientes de componentes de la función de costo

Variable	Coeficiente	Valor	Significancia estadística Pr(>|t|)	Error estándar
Flota	β_1	0,39	<2e-16	0,0398
Capacidad	β_2	0,33	1,3E-12	0,0448
Combustible	β_3	0,18	0,68775	0,452
Km. total (/1000)	β_4	0,048	3,7E-16	5,81E-06
Frecuencia	β_5	-0,0023	6,1E-06	5,05E-04
Antigüedad	β_6	-0,022	1,3E-14	2,81E-03
Servicios	β_7	0,0217	0,25858	1,92E-02
			R2 ajustado	0,999
			F-statistic	6,49E+04

[1] De un análisis de test F aplicado al modelo de regresión lineal propuesto se obtiene que es un modelo no restringido, por lo que el uso de factores para representar cada región es significativo estadísticamente.

Es posible observar que el comportamiento de los componentes de la función de costo son interpretables según la lógica de la operación de un servicio: los signos positivos o negativos en la columna “valor” determina si el costo aumenta o disminuye a medida que aumenta la variable en cuestión. Es decir, dado que el valor del coeficiente del combustible es positivo, a medida que aumenta el costo del combustible, se aumenta el costo de la firma. Este comportamiento de costo creciente es verdadero para las siguientes variables:

- Flota: es más costoso incluir nuevos vehículos para incorporarlos a la flota, ya sean arrendados o adquiridos.
- Capacidad ofrecida por los vehículos: inversión sobre los mismos vehículos para aumentar la cantidad de asientos que tienen.
- Costo del combustible.
- Cantidad de kilómetros que deben recorrerse por servicio: lo que es esperable; mientras más se recorra es más costoso. Sin embargo, no se descarta una correlación entre el comportamiento del costo del combustible con este parámetro; puede que el efecto de la variación de ambos sobre el costo total se vea reducido mientras exista el otro.
- Cantidad de servicios: mientras más recorridos distintos haya que realizar, es más costoso para la firma. Esto puede deberse a que un nuevo servicio podría requerir conseguir un nuevo vehículo, o mover un vehículo usado para otro servicio a un nuevo punto de inicio o fin del recorrido, adoptar un nuevo terminal, o incurrir en mayores gastos de mantención de los mismos vehículos.

Es razonable pensar que todos los factores mencionados influyan de forma positiva en el costo a medida que se aumentan dichas variables.

En el caso de la frecuencia y la antigüedad, el impacto es negativo. Es decir, a medida que aumenta la frecuencia, y a medida que los vehículos se van haciendo más antiguos, los costos medios se vuelven decrecientes y operar es menos costoso para la firma. El caso de la frecuencia, a pesar de parecer contra-intuitivo, podría explicar que a medida que el mismo vehículo debe recorrer más veces el mismo recorrido, pero no representa mayores gastos en términos de mover el vehículo de terminal, alcanza niveles de economía de escala, donde una mayor cantidad de viajes finalmente reduce el costo operativo medio de cada uno de ellos, mientras que los costos fijos se mantienen constantes. En el caso de la antigüedad, como ya fue mencionado, funciona el supuesto de que es menos costoso operar con vehículos antiguos, y que a medida que envejecen, es más barato operar con ellos.

Una vez que se han determinado los factores que permiten definir una función de costo de forma empírica, es posible trabajar sobre ella para visualizar los efectos que tiene cada una de las variables elegidas. Con ello, se puede estudiar cómo aumentan o disminuyen los costos a medida que se modifican los diferentes componentes sobre los cuales tiene control una firma. Es entonces posible, más adelante, modelar un comportamiento de cada firma en base a cómo se modifican los costos en los que incurre.

Primero que todo, se desagregará el comportamiento del costo de cada firma, en función de cada variable de forma independiente. Teniendo en cuenta que la función de costo es:

$$c(z) = \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

Es posible hacer una estimación del costo promedio en que incurre una firma genérica. A partir de los valores promedio de todas las variables estudiadas, calculadas a partir de la información obtenida de todas las ofertas a lo largo del país (y presentadas en la tabla III-4), y usando los valores de los coeficientes de cada una de ellas (tabla IV-7) se obtiene que el costo promedio mensual que debe solventar una firma que participa de una licitación por servicios de transporte rural en Chile es de $8,759,819.

Si se considera que el subsidio promedio máximo del que el Estado dispone para subsanar los costos de dichas firmas es de alrededor de $2,520,602, es posible observar que esto cubre casi el 29% (28.77%) de los costos de una firma promedio. Por lo tanto, el 71% restante (y el correspondiente excedente e ingreso para la empresa) debe provenir de los ingresos que los servicios recauden mediante la tarifa que cobran a sus usuarios.

Ahora bien, es posible obtener las variaciones del costo en que incurren las firmas, de acuerdo al aumento o disminución de las principales variables que componen dicha función de costo. En este caso, se analizará el efecto en el costo de la antigüedad, flota, capacidad ofrecida y kilometraje total recorrido *ceteris paribus*, es decir, con los valores de todas las demás variables constantes y equivalentes al valor promedio obtenido de todas las ofertas realizadas. Además, se presentan junto al gráfico en el que se visualizan dichos cambios.

4.3. Costo en función de la antigüedad del vehículo

$$\frac{\partial c(z)}{\partial a} = \beta_6 c(z)$$

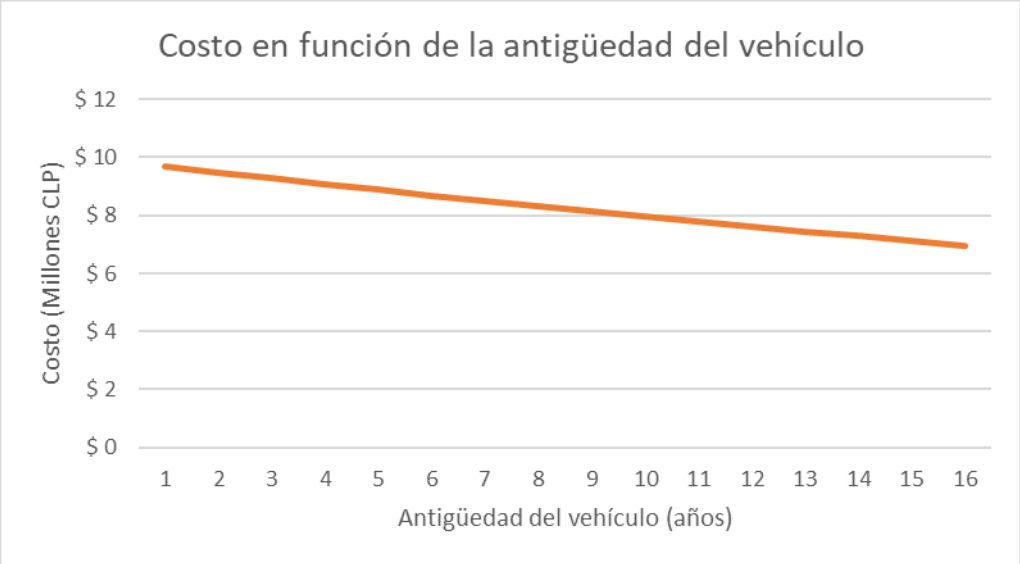

Figura 4.3: Costo en función de la antigüedad del vehículo

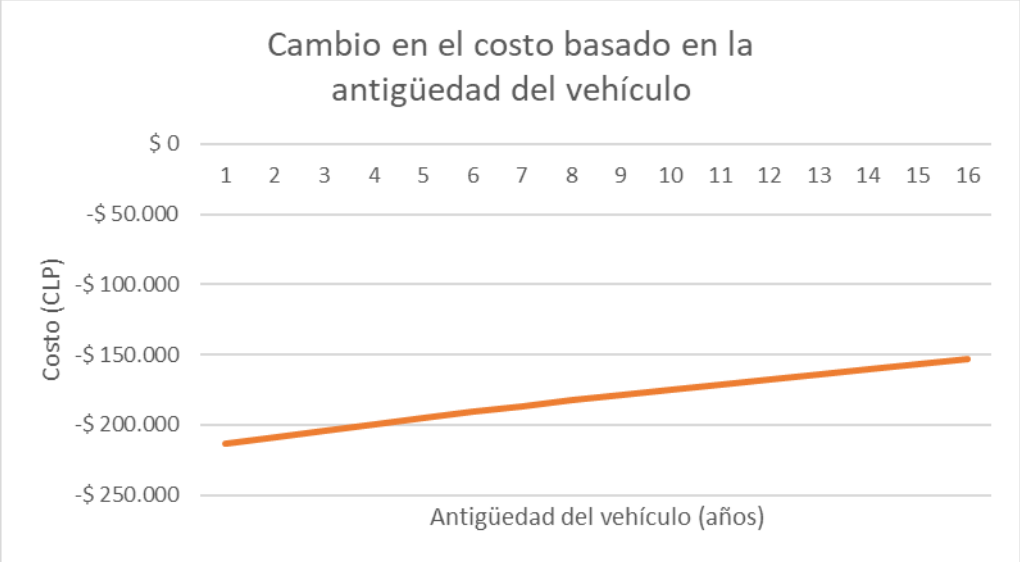

Figura 4.4: Efecto marginal de la antigüedad del vehículo

Es posible apreciar que, tal como se impuso anteriormente a través de uno de los supuestos para el análisis, el costo en que incurren las firmas disminuye a medida que aumenta la antigüedad del vehículo. De forma intuitiva, sería posible esperar que un vehículo, tras varios años de uso, pudiera generar a la firma mayores costos en términos de mantención, debido a que falla con mayor frecuencia. Sin embargo, un modelo que responda a dicho comportamiento, resultaría en que resolver el problema de optimización al que se enfrenta cada firma daría siempre como resultado que la solución óptima es que se participe de una licitación con un vehículo nuevo, yendo en contraposición al comportamiento real que poseen actualmente las firmas, donde un 82% de ellas participa con un vehículo con una antigüedad mayor a la mínima. Se podría argumentar, aunque no es parte del análisis de esta investigación, que los costos de capital pueden tener una directa injerencia en la elección de las firmas de operar con vehículos nuevos o antiguos. Para efectos del análisis de la función de costo, esta restricción exógena se internaliza a través del Supuesto 4.

Como se aprecia en el gráfico, y como puede corroborarse en el Anexo A, los costos en función de la antigüedad varían en rango desde los $9,691.382 cuando el vehículo es nuevo, a $6,967,364 para cuando el vehículo tiene una antigüedad de 15 años (máximo permitido por las bases de licitación). Esto quiere decir que, mensualmente, los costos son casi un 40% (39.1%) mayores cuando la antigüedad es mínima, en comparación a cuando es máxima.

Debido a la forma funcional que adquiere la derivada del costo respecto a la antigüedad, el comportamiento del costo para este tramo es predominantemente lineal. A partir de la

función de costo original, se obtiene que dicha derivada queda definida simplemente como el costo (en función de a), multiplicado por el ponderador β_6 (que determina el cambio en el costo respecto a la antigüedad), por lo que su variación total está entre el orden de \$153,282 y \$213,210 por año de antigüedad aproximadamente (mayores detalles en Anexo B). Esto quiere decir que una diferencia de un año de antigüedad para la firma no representa una fuerte variación en los costos (si todas las demás variables se mantienen constantes, como la región, las condiciones demográficas, etc.), pero si se considera que esta debe incurrir en dichos costos de forma mensual, la decisión de participar de una licitación con un vehículo muy antiguo o muy nuevo puede ser significativa en términos de costos totales.

4.4. Costo en función de la flota ofrecida por la firma

$$\frac{\partial c(z)}{\partial flota} = \frac{\beta_1}{flota} c(z)$$

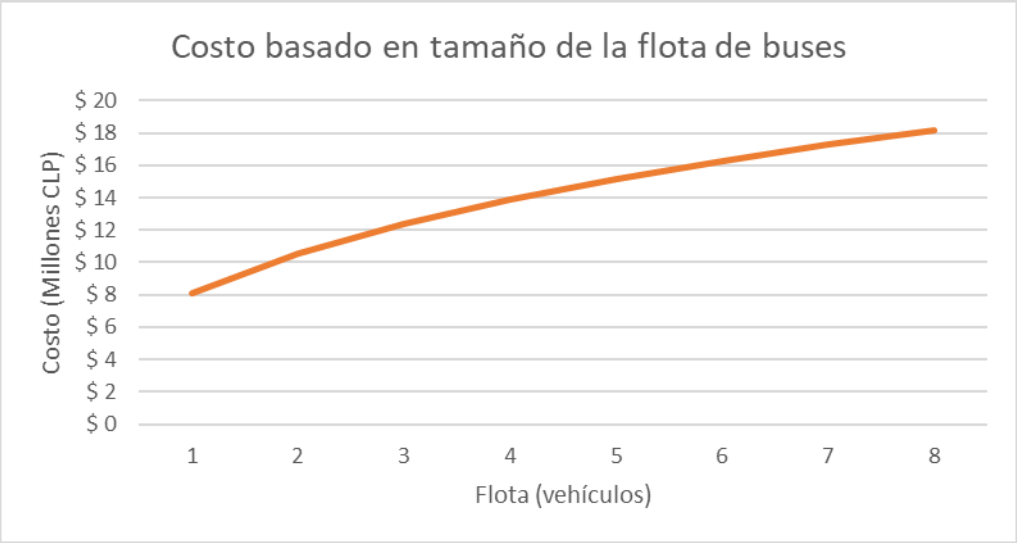

Figura 4.5: Costo basado en tamaño de flota de buses

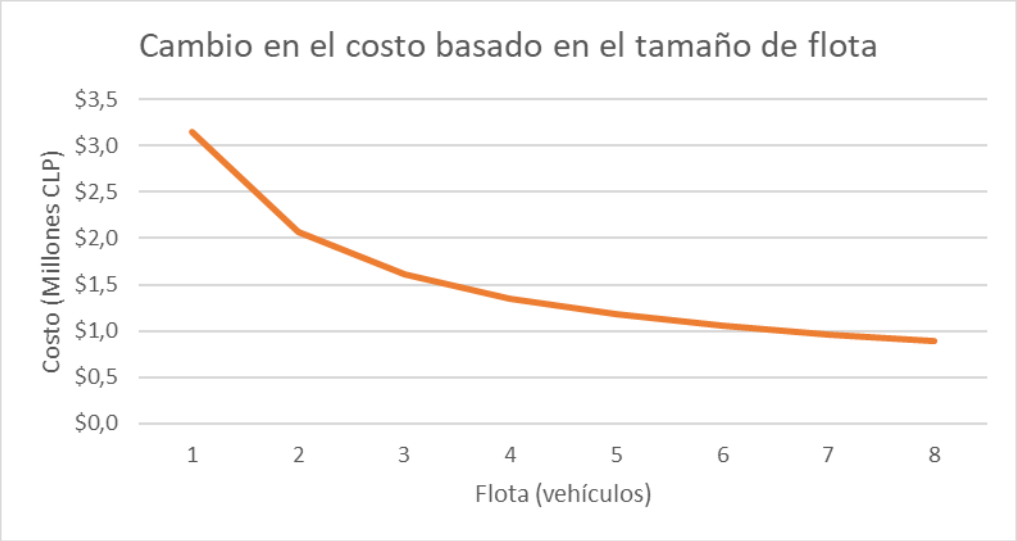

Figura 4.6: Efecto marginal del tamaño de flota

En este caso, y como es de esperarse, la cantidad de vehículos ofrecidos por cada firma tiene un impacto más notorio que la antigüedad en los costos totales en los que se debe incurrir. Como ya fue mencionado, pasar de tener un solo vehículo a tener dos

representa un cambio considerable en los costos totales. Más concretamente, una flota de uno y dos vehículos, respectivamente, generan gastos mensuales de $8,076,464 y de $10,583,345. Esta diferencia de $2,506,881 puede explicarse por la serie de gastos de mantención o de permisos de circulación que generan ambos vehículos, por las cuotas mensuales para el pago del nuevo vehículo que se adquirió (tal vez recientemente), entre otros factores.

En el Anexo C pueden observarse los costos totales para flotas de 1 hasta 8 vehículos. Es posible notar que los costos no crecen linealmente para flotas superiores a 5 vehículos, y para una mayor cantidad de vehículos (6, 7 u 8) los costos totales se mantienen relativamente estables. Es en ese umbral donde podría argumentarse la existencia de economías de escala para firmas privadas de mayor tamaño. Es esperable que sea más costoso para una empresa conseguir su primer vehículo, que conseguir su octavo. Es entonces razonable argumentar que una firma, después de su quinto vehículo, tenga ciertas ventajas relativas a los créditos a los que puede optar para el pago de los vehículos, que tenga menos gastos administrativos u operacionales al tener flotas más grandes, o que pueda contar con el trabajo de la serie de conductores que ya tiene contemplados para sus vehículos existentes.

4.5. Costo en función de la capacidad del vehículo

$$\frac{\partial c(z)}{\partial cap} = \frac{\beta_2}{cap} c(z)$$

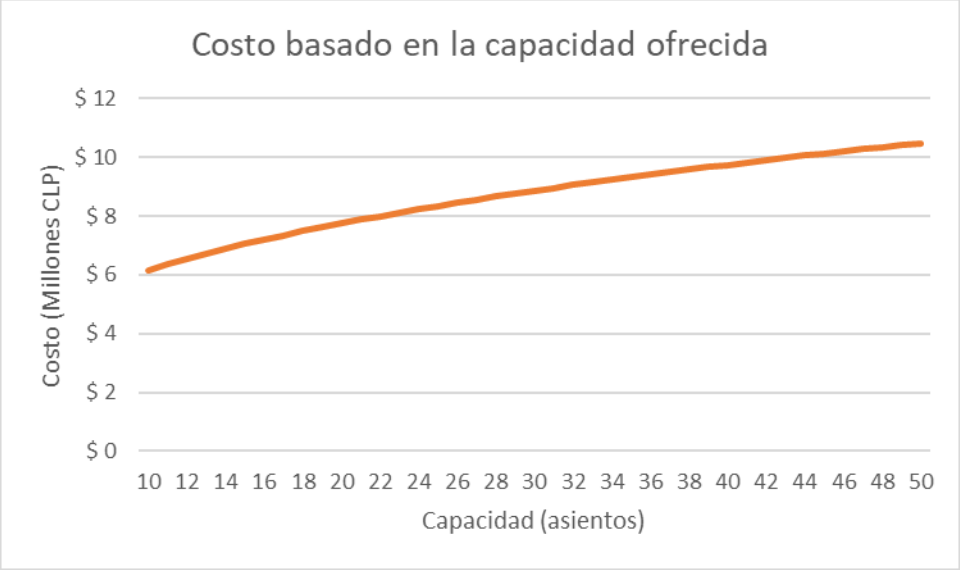

Figura 4.7: Costo basado en la capacidad ofrecida

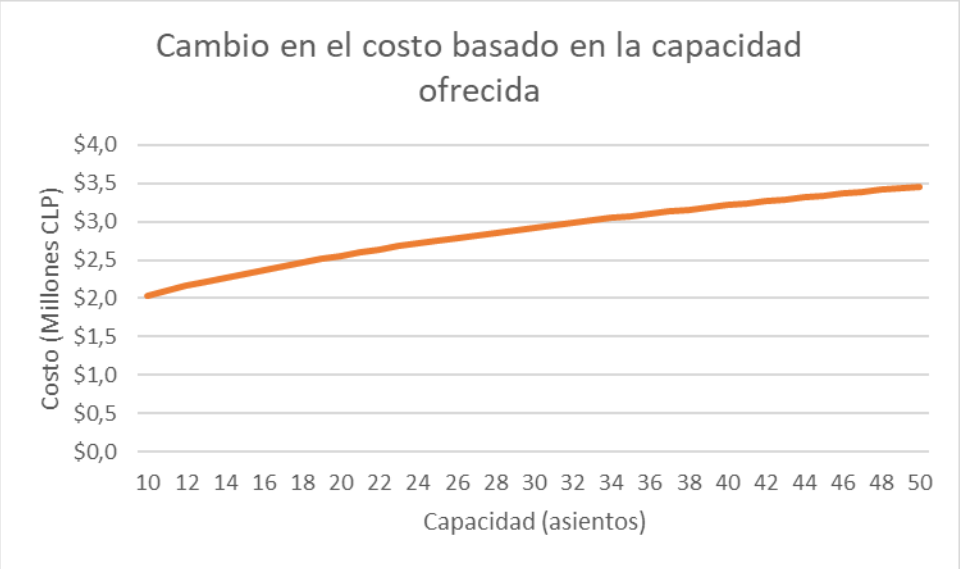

Figura 4.8: Efecto marginal de la capacidad ofrecida

En el caso de la capacidad ofrecida de los vehículos (representada por la cantidad de asientos que tienen destinados a pasajeros), se puede ver una pendiente pronunciada y

una amplia diferencia en costos entre la capacidad mínima y máxima que se observan en los datos. Estas diferencias en los costos (que van desde los $6,163,270 hasta los $10,482,655) pueden explicarse por el tipo de vehículo que las firmas deben operar para ofrecer dicha cantidad de asientos, y los gastos en mantención y operación que conllevan.

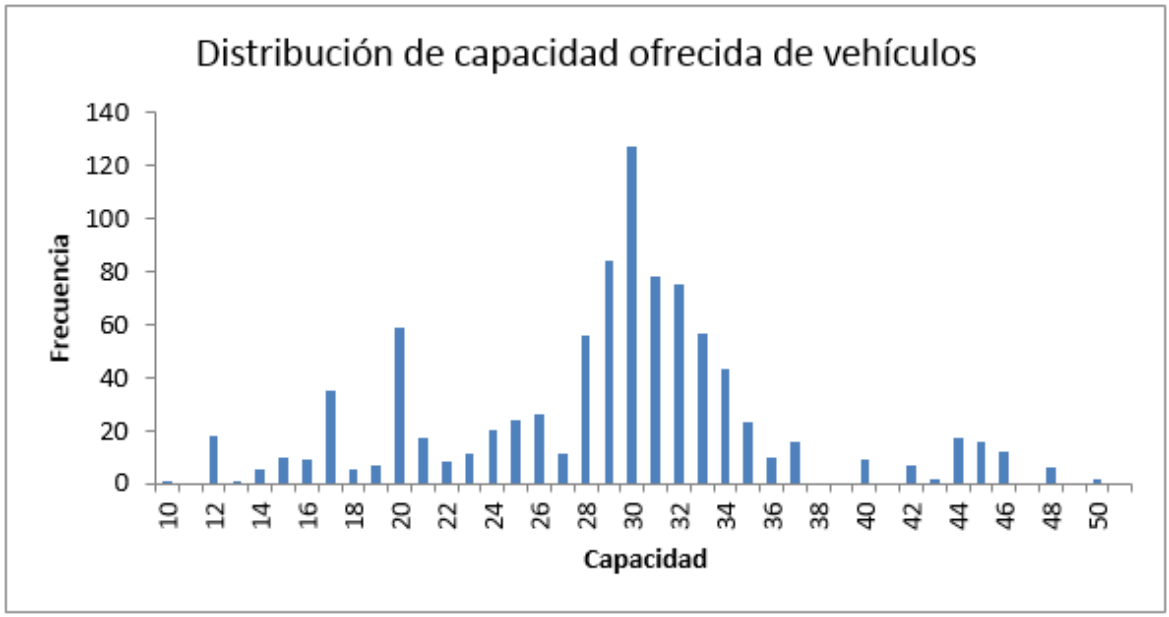

Figura 4.9: Distribución de capacidad ofrecida de vehículos

En términos generales, y de acuerdo a al gráfico de la figura 4.9, los tipos de vehículos pueden subdividirse en “pequeños” (entre 10 y 28 asientos), “medianos” (entre 29 y 31 asientos) y “grandes” (32 asientos y más). Si se observan de acuerdo a ese criterio, el costo promedio de operar un vehículo pequeño sería $7,617,279, el de un mediano sería $8,856,481 y el de un grande sería $9,818,155.

Además, y como es lógico, se espera que los vehículos de menor capacidad sean menos costosos que los más espaciosos, por lo que el monto destinado a los pagos mensuales para cubrir el costo de adquisición del vehículo, por ejemplo, puede contribuir a que los costos sean menores.

4.6. Costo en función del kilometraje total a recorrer

$$\frac{\partial c(z)}{\partial kms} = \beta_4 c(z)$$

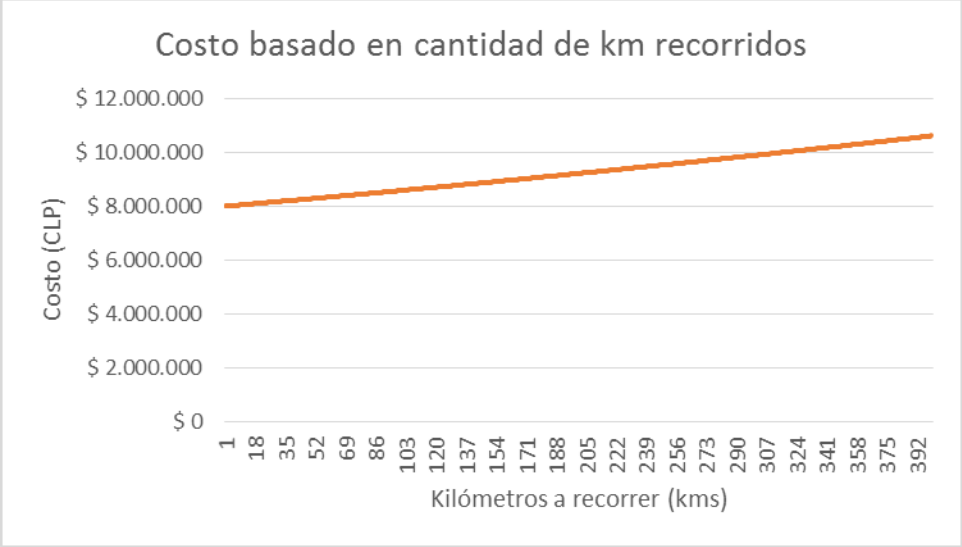

Figura 4.10: Costo basado en cantidad de kilómetros recorridos

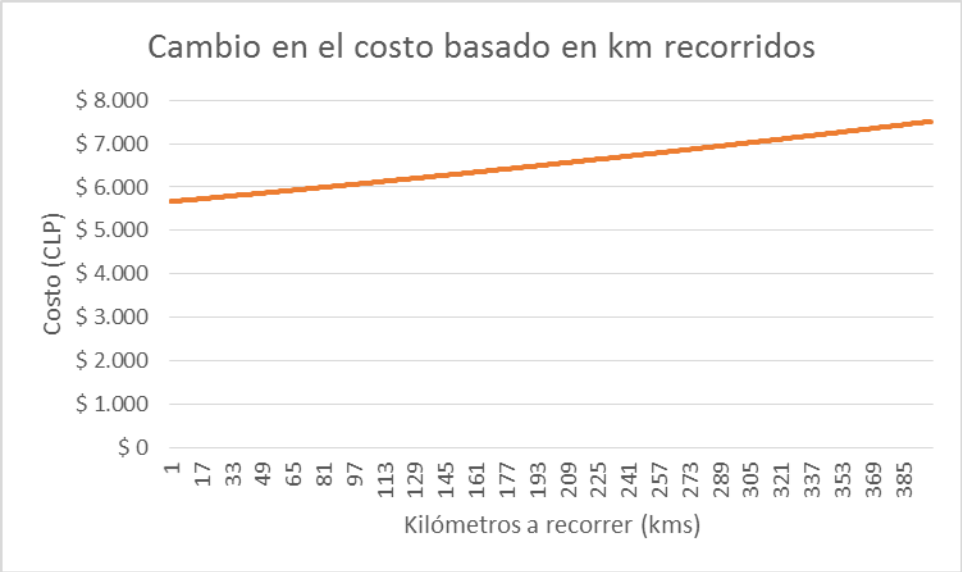

Figura 4.11: Efecto marginal de los kilómetros recorridos

Es importante destacar que la cantidad de kilómetros se calculó como la suma de todos los kilómetros a recorrer en todos los servicios del contrato, por lo que se sumaron distintas rutas con sus respectivas frecuencias semanales para dar el total de kilómetros del contrato en particular. Por lo tanto, se observó una considerable variabilidad en las distancias a recorrer, que van desde los 5 hasta los 1063 kilómetros.

Tal como ocurre con el precio del combustible, la injerencia de la cantidad de kilómetros recorridos totales tiene un comportamiento aparentemente lineal. Sin embargo y a diferencia de lo que ocurre en el caso anterior, las diferencias netas entre aquellos servicios que deben recorrer más kilómetros con aquellos que recorren menos son ligeramente superiores en términos relativos, lo que significa un mayor impacto en los costos totales. Si se compara el caso del servicio con la menor distancia registrada (5,1

kilómetros, que es el caso del recorrido entre Curanipe y Quinta Chile) con el caso promedio (129,3 kilómetros) las firmas deben asumir un costo un 9.2% mayor.

Cabe destacar, sin embargo, que esta interpretación gráfica contiene los kilómetros totales de los vehículos desde la distancia mínima, hasta un número arbitrario de kilómetros, más cercano al promedio de 129. Si se extienden los márgenes sobre los cuales se contienen las distancias a recorrer por los servicios y se contempla, por ejemplo, el contrato que requiere cubrir la mayor distancia en Chile (1063 kilómetros, en Guallalí – Los Ángeles), se empieza a observar que la curva de costos es más cóncava y deja de tener un comportamiento lineal, aumentando considerablemente los costos cuando estos se acercan al extremo superior. Esto podría dar a entender que los costos de mantención de un vehículo que debe recorrer esas distancias es mayor, se tienen que aumentar los salarios o pagar bonos a los conductores que recorren dichas distancias, o que existen ciertas dificultades o características inherentes a recorridos más largos (como el cansancio de los conductores por la cantidad de horas consecutivas de conducción, por ejemplo).

5. ANÁLISIS DEL ACTUAL SISTEMA DE PUNTAJES

Cabe recordar que el problema de optimización sobre el cual se pudo realizar la estimación de una función de costo para las firmas que participan de las licitaciones, está determinado como sigue:

Función objetivo:

$$\pi = max_{a,b|s,b^{min}}\{I + b - c(a)\}$$

Sujeto a las restricciones:

$$s = 40(\frac{b^{min}}{b} - \frac{a}{a^{max}} + 1)$$

$$0 < b \leq b^{max}$$

$$0 \leq a \leq a^{max}$$

La regla de puntajes con la que las firmas son evaluadas para la posterior adjudicación de los servicios de transporte rural (primera restricción del problema de optimización), establece una clara relación entre la antigüedad del vehículo ofrecido y el monto que cada firma le solicita al Estado mensualmente. Y por otro lado, la función de costos estimada permite representar las variaciones que sufre el costo en función de la antigüedad del vehículo ofrecido en la licitación.

Por lo tanto, existe una relación entre el costo de la firma, la antigüedad del vehículo, y el monto solicitado por la firma a la hora de participar de una licitación. Para desagregar esa relación, es posible graficar el comportamiento que presenta el monto solicitado por cada firma (b) en función de la antigüedad (a). A partir de la regla de puntaje con el que es evaluada cada firma se puede definir el puntaje en función del monto solicitado por cada firma:

$$s = 40\left(\frac{b^{min}}{b} - \frac{a}{a^{max}} + 1\right)$$

De ello se puede obtener que el monto, en función del puntaje que obtiene la firma, es:

$$b = \frac{b^{min}}{\frac{s}{40} + \frac{a}{a^{max}} - 1}$$

Por lo tanto, dado un puntaje determinado de una firma, es posible graficar la relación entre monto y antigüedad. A continuación se presenta un gráfico donde cada curva representa un puntaje determinado (que se llamará para efectos del análisis curva de iso-puntaje), y se puede apreciar dicha relación entre *b* y *a*.

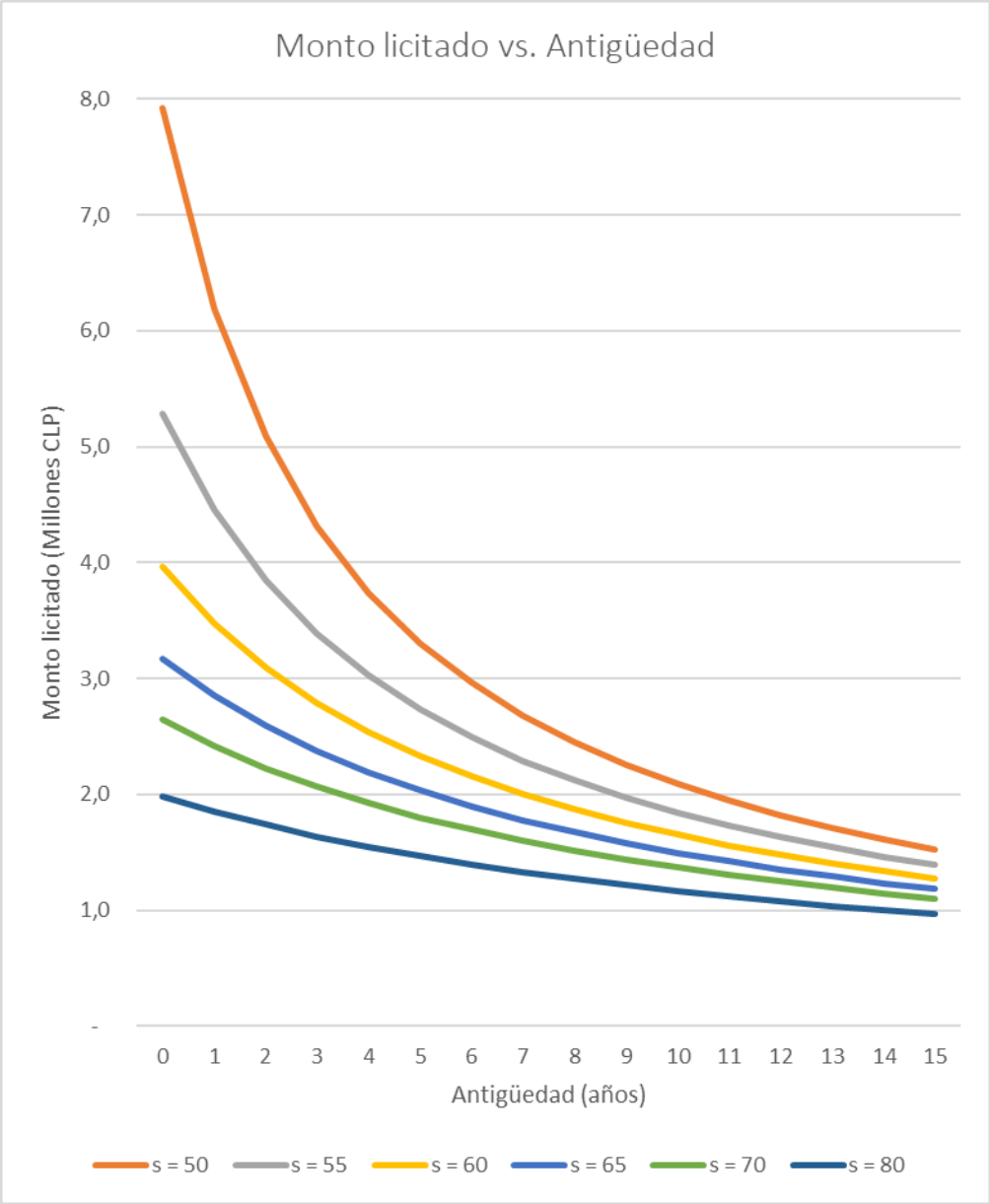

Figura 5.12: Relación entre monto licitado y antigüedad

Cabe destacar que este análisis se hace sobre el supuesto de que los montos mínimos son conocidos para todas las firmas, y para el ejercicio de comparar las distintas curvas de puntaje, se definió ese valor como el promedio de los montos mínimos (b^{min}) de las

firmas de la base de datos. Lo mismo es cierto para los demás parámetros de la regla de puntaje.

Es posible apreciar el *trade-off* que existe entre el monto licitado y la antigüedad de los vehículos que participan de la licitación. Cada una de las curvas representa un puntaje determinado; y a lo largo de ella existe toda la serie de combinaciones de antigüedad y monto que, según la regla dada por el Ministerio de Transportes (y adaptada para esta investigación), entregan el mismo puntaje. Por lo tanto, es posible apreciar que, si una firma "buscara" tener 50 puntos en su oferta, podría elegir un monto relativamente alto si tiene un vehículo nuevo. Similarmente, si tuviera un vehículo muy antiguo, debe ofrecer un monto menor para poder compensar esa falta de calidad.

A medida que uno desea obtener un mayor puntaje para asegurarse la adjudicación del contrato (como se mencionó, hasta un máximo de 80), se va restringiendo el rango de monto solicitado sobre el cual una firma tiene margen para moverse. Por ejemplo, para obtener el puntaje máximo (curva inferior azul), para cualquier antigüedad de su vehículo, puede solicitar un monto acotado solo entre $1,000,000 y $2,000,000 en promedio. En cambio, si quisiera obtener 60 puntos (porque estima que ese puntaje es suficiente para adjudicarse el contrato), dependiendo de la antigüedad del vehículo, la firma podría solicitar entre $1,0000,000 y $4,000,000; doblando el margen que se tiene para el puntaje máximo.

Para el caso del transporte rural chileno y su sistema de puntaje (sección 4.1), y a partir de la base de datos analizada, es posible obtener que el promedio de puntuación que

obtienen las firmas ganadoras (que se adjudican el contrato por el que participan), es de 68.6. Por lo tanto, el comportamiento de este *trade-off* se asemeja más a la curva verde de la figura 5.12 que a la curva azul, y es posible inferir que las firmas, en promedio, no requieren aspirar al puntaje máximo necesariamente para adjudicarse el contrato, y que el margen del monto a solicitar se amplía hasta casi los $3,000,000.

Las firmas, entonces, pueden tomar decisiones respecto al *trade-off* al que están dispuestas a someterse, dependiendo del puntaje que quieren alcanzar. Y para eso deberían estudiar el comportamiento de la curva del costo marginal respecto a la antigüedad, o *c'(a)* (Figura 4.4). Para el caso de un puntaje bajo, como 50 puntos, operar un bus nuevo (de 0 años de antigüedad) permite solicitar un monto cercano a los $8,000,000. Optar por aumentar su antigüedad en un año (que representa un ahorro en el costo de operación de alrededor de $213,000), significa dejar de optar a aproximadamente $1,700,000 del monto que puede solicitar, lo que de forma clara no es conveniente para la firma.

Sin embargo, para un puntaje cercano a los 70 puntos (como es el caso del promedio de los ganadores de las licitaciones), el ahorro en el costo de operar con un vehículo un año más nuevo, siempre (excepto en el caso de 0 a 1 años) es mayor al monto solicitado que la firma debe sacrificar. Es decir, pasar de operar con un vehículo nuevo (0 años) a uno de un año de antigüedad, representa dejar de optar a $225,000 en monto solicitado, en contraste con el ahorro en costo de $213,000, por lo que en dicho caso hay un leve perjuicio para la firma. Pero en el caso de pasar de un vehículo de un año de antigüedad, a uno de dos años, el ahorro en el costo es de $208,000, y el monto al que se deja de

optar es de $189,000, por lo que empieza a ser conveniente para la empresa hacer esos sacrificios de montos solicitados a los que puede postular.

Esta serie de comparaciones entre el costo de operación y el monto al que dejan de optar las firmas, permite al Estado o a la Dirección de Transporte Público Regional tener una aproximación a sus disposiciones a pagar. Y esto es una información que puede resultar muy valiosa, pues permite ajustar de mejor manera los montos a subsidiar para cada uno de los recorridos, y abre la puerta a un análisis de la valoración que pueden tener los mismos usuarios de contar con vehículos de una antigüedad determinada. Y dependiendo de qué tanto valoren los usuarios un vehículo un año más nuevo o más antiguo, se pueden modificar los incentivos para premiar o penalizar de manera más eficiente cada uno de los factores del sistema de puntaje.

Si se realizan análisis similares con otras reglas de puntaje y a partir de la información recabada por la División de Transporte Público Regional en diferentes procesos de licitación a lo largo del tiempo (más allá del alcance de esta investigación), se puede empezar a diseñar un sistema a la medida, a partir de la información obtenida que refleja el comportamiento que tienen las firmas privadas.

Por ejemplo, se podría proponer una regla de puntaje simple, que se siga basando en los parámetros de antigüedad y monto ofrecido para la determinación de un puntaje, pero sin considerar la información de otras firmas que participan del mismo proceso.

Si la misma función objetivo que la actual se mantuviera (de ganancia de las firmas), pero la regla de puntaje se definiera sencillamente como el monto ofrecido, la

antigüedad ponderada por un componente desconocido (que debe despejarse), y manteniendo como restricción la naturaleza de las variables, se obtendría el siguiente sistema:

Función objetivo:

$$\pi = max_{a,b|s,b}{}^{min}\{I + b - c(a)\}$$

Sujeto a las restricciones:

$$s = b + \alpha * a$$

$$0 < b \leq b^{max}$$

$$0 \leq a \leq a^{max}$$

Realizando el mismo análisis que con el sistema actual, a través del método de Multiplicadores de Lagrange se obtiene que:

$$L(\pi) = I + b - c(a) + \lambda_1(s - b - \alpha * a) + \lambda_2(b - b^{max}) + \lambda_3(a - a^{max})$$

Ecuación 1:

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = 0\ , \forall i = 1,2,3 \rightarrow arroja\ las\ restricciones\ (1),(2) y\ (3)$$

Ecuación 2:

$$\frac{\partial L}{\partial a} = 0\ \rightarrow \frac{-\partial c(z)}{\partial a} - \lambda_1 * \alpha + \lambda_3 = 0 \rightarrow \lambda_1 = \frac{\lambda_3 - c'(a)}{\alpha}$$

Ecuación 3:

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 0 \rightarrow 1 - \lambda_1 + \lambda_2 = 0 \rightarrow \lambda_1 = 1 + \lambda_2$$

Si se mantiene el comportamiento observado en las firmas bajo la actual regla de puntaje y

$$\lambda_2 = \lambda_3 = 0$$

Entonces se obtiene que:

$$\alpha = -c'(a)$$

Por lo que la nueva regla de puntaje sería:

$$s = b - c'(a) * a$$

Dicha regla de puntaje solo considera el costo privado de la firma, pero se sugiere evaluar reglas que maximicen el bienestar social. En caso de contar con información relativa a las preferencias de los usuarios de los servicios, sería posible considerar el costo social neto en vez de los costos de las firmas.

Con cada nueva regla de puntaje, y en particular cuando no contemplan información relativa a otros competidores, una firma podría determinar ciertas estrategias de equilibrio a partir de combinaciones óptimas de monto y antigüedad, dependiendo de qué tan fácil sea para dicha firma alterar sus factores. En aquella decisión, tendría que evaluar el estado actual de las firmas en competencia para averiguar qué tan probable es

que puedan conseguir, por ejemplo, el puntaje máximo. En cualquier caso, debido al sistema de puntaje conocido por todos los competidores, cada firma en cuestión puede actuar estratégicamente, apuntando a obtener un puntaje determinado, sabiendo que con dicho puntaje puede adjudicarse la licitación, y al mismo tiempo manteniendo bajos los costos en los que debe incurrir para llegar a dicho puntaje.

Si se comparan las dos reglas de puntaje (o cualquier otra que pudiera proponerse), pueden evaluarse los cambios en el comportamiento óptimo de la firma, y analizar si tiende a mejorar los niveles de servicio, en este caso, a través de la antigüedad de los vehículos. Se analizará el caso de una firma ganadora, que con un puntaje de 61.3, se adjudicó un servicio de transporte rural en Chile con el actual sistema de puntaje. En este caso, la firma se adjudicó el contrato ofreciendo un vehículo con 7 años de antigüedad, y un monto mensual de $1,330,000 (que al mismo tiempo fue el monto mínimo ofrecido b^{min}). Se pueden tomar los parámetros reales de la oferta realizada por dicha empresa para adjudicarse el contrato, ubicarla dentro de su curva de iso-puntaje, luego buscar un óptimo a través de la nueva regla de puntaje, y comparar cómo se comporta.

La ubicación de la oferta ganadora para el puntaje de 61.3, dentro de su curva de iso-puntaje es:

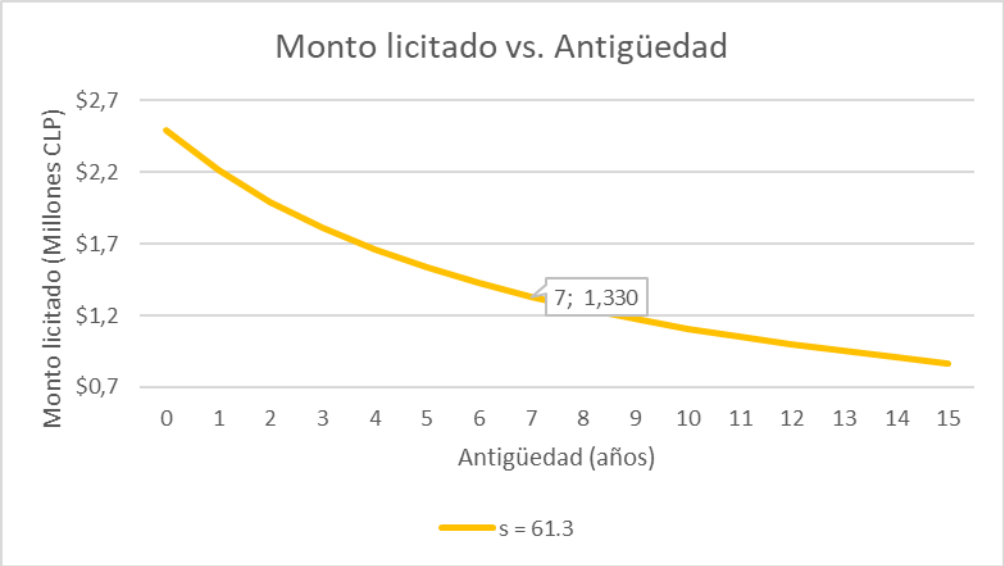

Figura 5.13: Oferta ganadora para puntaje de 61.3 con *scoring rule* original

Si se generara una curva de iso-puntaje para la nueva *scoring rule* propuesta, es posible encontrar un nuevo óptimo intersectando la pendiente de dicha regla de puntaje con la curva actual correspondiente a los 61.3 puntos. Al hacerlo, puede encontrarse la combinación de factores más eficiente para la firma bajo esta nueva regla de puntaje. Se obtiene que, con la nueva regla de puntaje, la antigüedad y monto óptimo son:

$$a = 5.99$$

$$b = \$1{,}426{,}232$$

Por lo tanto, el punto óptimo se "mueve" sobre esta curva de iso-puntaje hacia la izquierda, reduciendo la antigüedad óptima (en un año) y aumentando el monto mensual por menos de $100,000.

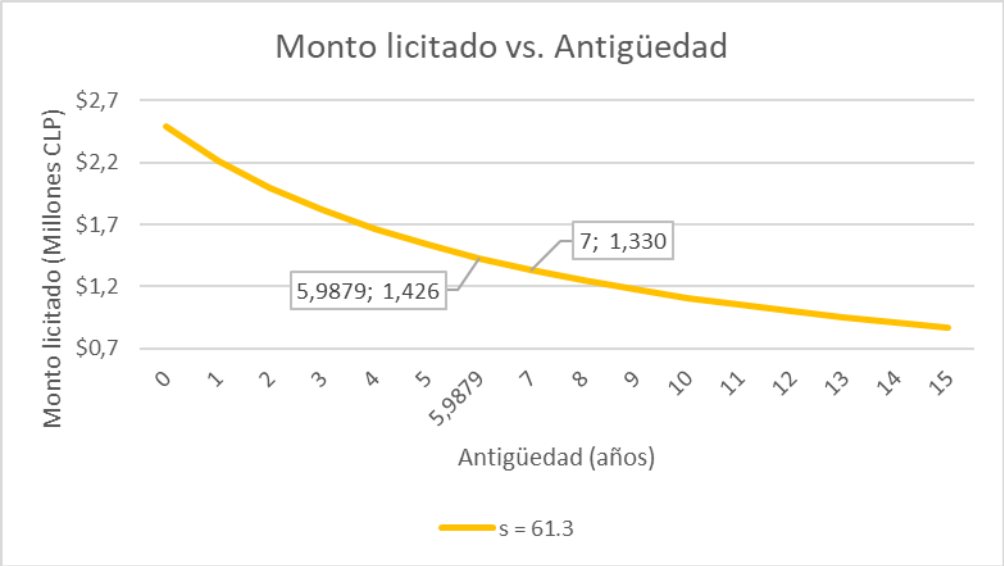

Figura 5.14: Comparación de *scoring rules* para puntaje de 61.3

Así, pueden proponerse nuevas fórmulas más complejas que, a partir del diseño del sistema de puntaje, tiendan a disminuir la antigüedad el transporte rural en Chile, o que promuevan un aumento en los niveles de servicio en distintos aspectos. Esta investigación permite abrir una discusión que permitiría involucrar a los mismos usuarios del sistema para que, a través de su experiencia, pudieran sugerir los componentes más importantes para mejorar la calidad de servicio dependiendo de los sectores geográficos, las densidades de la población y de las necesidades particulares de los sectores menos conectados al sistema de transportes. Y la estimación de una función de costo razonable es el primer gran paso para poder entender el grado de optimalidad de dichas reglas de puntaje.

Finalmente, y en base al actual sistema de puntajes para el sistema de transporte rural en Chile, es posible hacer un análisis de los grados de economías de escala que podrían

existir en el mercado. En otras palabras, vale la pena determinar si el aumento de la demanda en el sistema (también llamadas economías de densidad) o de la oferta de las firmas tiene un efecto en sus costos promedio. De ser así, se podría afirmar que aumentar tanto la oferta como la demanda podría ser conveniente para una firma, y con ello, que buscara participar de una mayor cantidad de licitaciones, o de modificar su estrategia para elegir los servicios que proveen servicios de recorridos más largos, o con una mayor cantidad de usuarios.

Para efectos de este estudio particular, no se cuenta con información relativa a la demanda en cuanto a número de pasajeros transportados, tarifas recolectadas o *tickets* cortados; todas medidas que podrían servir como referencia respecto al comportamiento de los usuarios y la cantidad de pasajeros que usan los respectivos servicios. Sin embargo, una buena aproximación al componente de demanda puede estar dado por un dato con el que sí se cuenta: la capacidad ofrecida de cada vehículo (*cap*). Es decir, el número de asientos.

En cuanto al componente de oferta que puede analizarse según la función de costo propuesta, es necesario elegir aquella que permita evaluar el impacto hipotético de expandir espacialmente el alcance de los servicios, y con ello poder ofrecer el acceso a una mayor red de destinos. En la literatura, esto podría estar relacionado con algún componente que modifique la cantidad y ubicación de pares origen-destino. Debido a que eso no es posible para este tipo de funciones de costo, se tiene que la cantidad de kilómetros totales (*kms*) representa la mejor aproximación para calcular cuánto varía

dicho costo si se modifica el tramo total recorrido por la firma para un contrato en cuestión.

Se dice que existen economías de escala cuando el costo promedio en el que incurre una firma disminuye cuando los factores mencionados aumentan. De acuerdo con la literatura (Batarce & Galilea, 2018), es posible calcular el grado de economías de escala (*S*) directamente como el inverso de la elasticidad del costo respecto al parámetro de oferta o demanda elegido, que será llamado μ.

$$S = \frac{1}{\frac{\partial c(z)}{\partial z} * \frac{z}{c(z)}} = \frac{1}{\mu}$$

Conociendo que la función de costo propuesta es

$$c(z) = \beta_0 flota^{\beta_1} cap^{\beta_2} comb^{\beta_3} \exp(\beta_4 kms + \beta_5 frec + \beta_6 a + \beta_7 serv)$$

Para el caso de las economías de escala respecto a la demanda (S_D), es necesario entonces calcular el inverso de la elasticidad del costo por asiento disponible, lo que entrega como resultado:

$$S_D = \frac{1}{\mu_{cap}} = \frac{1}{\frac{\partial c(z)}{\partial cap} * \frac{cap}{c(z)}} = \frac{1}{\beta_2}$$

Para calcular el grado de economías de escala respecto a la oferta (S_S), se calcula el inverso de la elasticidad del costo por kilómetro recorrido:

$$S_S = \frac{1}{\mu_{kms}} = \frac{1}{\frac{\partial c(z)}{\partial kms} * \frac{kms}{c(z)}} = \frac{1}{\beta_4 kms}$$

Además, es posible calcular el grado de economías de escala a un nivel multiproducto, que permite medir el efecto en el costo del incremento en los factores de oferta y demanda en la misma proporción, y está determinado por:

$$S = \frac{1}{\mu_{cap} + \mu_{kms}} = \frac{1}{\beta_2 + \beta_4 kms}$$

De acuerdo con las estimaciones realizadas de los coeficientes de las variables de capacidad y kilómetros recorridos, es posible determinar que:

$$S_D = \frac{1}{\beta_2} = \frac{1}{0.33} = 3.03$$

$$S_S = \frac{1}{\beta_4 kms} = \frac{1}{0.048 * \frac{kms}{1000}} = \frac{1}{0.048 * 0.12939} = 161.01$$

Por lo que es posible apreciar que tanto para el caso de la demanda, en base a la cantidad de asientos disponibles, y la oferta, en base a los kilómetros recorridos, presentan economías de escala; por lo que los costos promedio disminuyen cuando dichas variables aumentan. Por lo tanto, es deseable para una firma influir en alguno de esos factores de manera independiente para reducir sus costos. Por ejemplo, comprando firmas más pequeñas, buscando adjudicarse nuevas licitaciones para aumentar su cantidad de kilómetros, etc.

Cabe destacar que, para el caso de los kilómetros recorridos, fue usado el promedio de kilómetros recorridos por las firmas, pero estas van de un rango de 5 a 1063 kms. Respectivamente, sus correspondientes grados de economías de escala serían 4084,9 y 19,6. Por lo tanto, los grados de economías de escala en base a la demanda son decrecientes a mayor cantidad de kilómetros recorridos, por lo que eventualmente dichos rendimientos desaparecerían.

El grado de economía de escala multiproducto, usando los mismos coeficientes estimados está dada por:

$$S = \frac{1}{\mu_{cap} + \mu_{kms}} = \frac{1}{0.33 + 0.048 * 0.12939} = 2.97$$

Por lo que también existen economías de escala multiproducto para el valor promedio de los kilómetros recorridos. Para los casos mínimo y máximo, se tiene que los grados son 3.03 y 2.62. Es posible concluir que las firmas podrían tener incentivos de crear fusiones entre distintas empresas, o crear estrategias que permitan aumentar la densidad de la demanda (a través de la cantidad de pasajeros que usan los servicios) o aumentar los kilómetros recorridos.

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación ha propuesto un acercamiento a un modelo de costo razonable para entender el comportamiento de las firmas privadas que participan de los procesos de licitación de servicios de transporte rural en Chile. Los datos obtenidos desde el

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones permiten calibrar dichas funciones de acuerdo a la realidad de las adjudicaciones de estos contratos, en el período de 2016 y 2017.

Para la calibración de la función de costo de las firmas, se presentó un problema de optimización de cada firma individual (inspirada en los problemas de optimización que pueden encontrarse en la literatura). De acuerdo con el modelo planteado y calibrado, tras una serie de ensayos y pruebas con otros modelos simples y complejos; los componentes más relevantes, que presentan cambios evidentes en el costo de las firmas, tienen que ver con los gastos que se realizan en la compra y mantenimiento de los vehículos. Es decir, la infraestructura que permite funcionar a la firma: en este caso, la flota de los vehículos y sus capacidades. Cualquier modificación a estos componentes, tienen un impacto notorio en los costos de las firmas. Al mismo tiempo, componentes como la cantidad de kilómetros totales a recorrer, la frecuencia y la antigüedad son relevantes estadísticamente en los costos.

Es claro que la estructura de la función Cobb-Douglas, el orden de los factores y su ubicación dentro de un exponente o fuera de él, influyen en la incidencia de cada componente. Sin embargo, para poder calibrar el modelo de acuerdo a comportamientos racionales económicamente, y con órdenes de magnitud razonables, se obtuvo que este tipo de modelos es una manera adecuada y consistente de formular cómo la firma incurre en sus costos.

Los resultados del impacto de los parámetros son consistentes con la realidad: los costos variables (todos aquellos no relacionados con la ubicación y características geográficas de las regiones del país) son bajos y presentan comportamientos mayormente lineales, lo que es consistente con posibles pagos mensuales en los que deba incurrir la firma para modificar componentes infraestructurales (relacionados con el aumento o la mantención de la flota de buses) y con los costos operacionales (kilómetros recorridos, frecuencia semanal, variaciones del precio del combustible, etc). Y a grandes rasgos, existe una diferencia entre los incentivos sobre el aumento de costos y puntaje: es mejor tener vehículo nuevo para aumentar el puntaje, pero es mejor tener vehículo antiguo para reducir costos.

La reducción de costos a medida que las flotas aumentan considerablemente (hacia 6, 7 u 8 vehículos) puede atribuirse a posibles economías de escala en los costos de las firmas de mayor tamaño. Se propone como futura línea de investigación, determinar cómo las firmas de mayor tamaño pueden encontrar dichas economías de escala para generar una mayor ventaja en las adjudicaciones de servicios de transporte rural a nivel regional o nacional, y así evitar posibles comportamientos de competencia desleal.

Uno de los supuestos de la investigación tiene relación con el acceso a información perfecta respecto a ciertos atributos de otras firmas en competencia. En particular, saber *a priori* cuál será la oferta mínima entre todos los competidores es un supuesto que podría discutirse. Sin embargo, para efectos del análisis, para mantener un grado de complejidad abordable a partir de la información con la que se cuenta, y para que las firmas pudieran definir sus problemas de optimización individuales, es necesario

exogenizar dicha información (convertirla en un parámetro independiente del resto de las firmas). Existen otras alternativas en literatura, que podría definir la oferta mínima como una función de valoraciones, y dichas valoraciones que se definan en función de otros atributos (a través de conceptos como el "pseudo-tipo" de costo). Sin embargo, requeriría de una investigación particular y grados mayores de complejidad que los que intenta abarcar esta tesis, poder exogenizar de manera teórica los factores que interrelacionan ofertas de forma previa a un remate. Aquel desafío fue abordado en una primera etapa de esta investigación, pero fue luego descartada por la falta de información y el grado de complejidad que requiere forzar nuevos supuestos para cumplir con los parámetros esperados.

Se espera que futuras líneas de investigación puedan ahondar en funciones más complejas de costo, a medida que mayores volúmenes de data puedan obtenerse a partir de los registros del Estado o de otros agentes públicos o privados. Al mismo tiempo, se propone que se ahonde en las correlaciones entre el ingreso esperado por las firmas una vez que se adjudica un contrato, y cómo los sistemas de adjudicación pueden internalizar esos comportamientos posteriores para diseñar mejores reglas de puntaje, que apunten siempre a mejorar la calidad del servicio para los usuarios. Se propone además el estudio de diferentes y cada vez más complejas reglas de puntaje, a partir de ejemplos internacionales o de formulaciones teóricas, para comparar sus grados de optimalidad y los beneficios e impactos sociales que tienen con el actual sistema de adjudicación.

Es cierto que la modificación de las reglas de puntaje puede generar cambios en los comportamientos de las firmas. Después de todo, la infraestructura estatal determina los

incentivos o desincentivos que pueden tener las firmas para participar, revelar (o no) información privada de forma fidedigna a través de su comportamiento, o las maneras para maximizar sus beneficios en perjuicio del bienestar social. Sin embargo, es posible definir un marco teórico de cómo se espera que las empresas enfrenten los procesos de licitación. Actualmente, es razonable asumir que, para las firmas pequeñas, es más difícil cambiar comportamientos que modifiquen sustancialmente las ofertas (a partir de modificaciones en infraestructura, por ejemplo). Es muy probable que un conductor, con su propio vehículo (o vehículos), a la hora de postular a una licitación, no realice modificaciones en la flota de vehículos previo a participar de ella, pues el riesgo de no adjudicársela podría significar una pérdida económica importante. Con este tipo de aprendizajes, se espera que los sistemas de puntajes en el sistema de transporte rural en Chile sean una herramienta que apunte al beneficio social de los usuarios, que independientemente de sus densidades demográficas, ven en el sistema de transporte la única opción para acceder a servicios básicos, y sienten el impacto de su aislamiento geográfico tanto en su economía familiar como en su calidad de vida.

BIBLIOGRAFIA

Asker, J. y Cantillon, E. (2006). Properties of scoring auctions. *The RAND Journal of Economics,* 39(1), 69-85.

Batarce, M. y Galilea, P. (2018). Cost and fare estimation for the bus transit system of Santiago. *Transport Policy*, 64, 92-101.

Bhanumurthy, K. (2002). Arguing a case for the Cobb-Douglas production function. *Review of Commerce Studies,* 20-21(1), 75-91.

Bolton, P. y Dewatripont, M. (Ed.) (2004). *Contract Theory*. Londres, Inglaterra: The MIT Press.

Briones, I. (2009). Transantiago: Un problema de información. *Estudios Públicos*, 116, 37-91.

Che, Y. (1993). Design competition through multidimensional auctions. *The RAND Journal of Economics,* 24(4), 668-680.

CIPRES Ingeniería Ltda. (2006). *Análisis del Transporte Rural Interurbano*. Subsecretaría de Transporte, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile. Recuperado de http://www.subtrans.gob.cl/upload/estudios/RuraleInterurbano-IF.pdf

Cobb, C. y Douglas, P. (1928). A theory of production. *The American Economic Review*, 18(1), 139-165.

Cramton, P., Shoham, Y. y Steinberg, R. (Ed.) (2006). *Combinatorial auctions*. Boston, Estados Unidos: The MIT Press.

Decreto 4/2010, de 13 de enero, que reglamenta programa de apoyo al transporte regional. Diario Oficial, de 13 de enero de 2010, pp. 1-4. Recuperado de https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1011590&idVersion=2010-03-10

Decreto Exento 786/2017, de 24 de abril, que autoriza llamado(s) a licitación(es) pública(s) y aprueba bases de licitación(es) pública(s) de otorgamiento de subsidio a la prestación del servicio de transporte público remunerado en zonas aisladas, modalidad terrestre en el(los) tramo(s) […] Angol – Pochocoy, ID CTA0515 […] de la Región de la Araucanía y sus anexos. Página web, de 24 de abril de 2017, pp. 1-51. Recuperado de http://www.dtpr.gob.cl/Licitaciones2/pdf/DecEx786.pdf

Decreto Supremo 80/2004, de 13 de septiembre, Reglamento del transporte privado remunerado de pasajeros. Diario Oficial, de 13 de septiembre de 2004, pp. 1-16. Recuperado de http://www.subtrans.cl/pdf/Dec_80.2004.pdf

División de Transporte Público Regional (2013). *División de Transporte Público Regional.* Subsecretaría de Transportes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Recuperado de https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/dtpr_2.pdf

División de Transporte Público Regional (21 de junio de 2020). Recuperado de http://www.dtpr.gob.cl/ley-20-378-y-marco-legal

División de Transporte Público Regional (s.f.). *Instructivo General Área Transporte Público Rural*. Subsecretaría de Transportes, Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Energía Abierta (2019). *Precios Históricos de Combustibles*. Comisión Nacional de Energía. Recuperado de http://datos.energiaabierta.cl/datasets/166052/precios-historicos-de-combustibles/

Gupta, D. y Snir, E. (2009). Speed and efficiency in transportation construction procurement auctions.

Hendricks, K. y Porter, R. (2007). An empirical perspective on auctions. *Handbook of Industrial Organization,* 3, 2073-2143.

Instituto Nacional de Estadísticas (2018). Síntesis de Resultados CENSO 2017. Recuperado de http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas (21 de junio de 2020). *Encuesta de Presupuestos Familiares.* Recuperado de https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/ingresos-y-gastos/encuesta-de-presupuestos-familiares

Lewis, G. y Bajari, P. (2011). Procurement contracting with time incentives: Theory and evidence. *The Quarterly Journal of Economics,* 126, 1173-1211.

Ley 20.378/2013, de 26 de septiembre, que crea un subsidio nacional para el transporte público remunerado de pasajeros. Diario Oficial, de 26 de septiembre de 2013, pp. 1-20. Recuperado de https://leychile.cl/Navegar?idNorma=1005871&idVersion=2013-09-26

Radow, L. y Winters, C. (2010). Rural transit performance measurement.

Resolución Exenta 1902/2012, de 27 de agosto, que establece metodología para la implementación directa del programa de subsidios de conectividad al transporte público rural. Diario Oficial, de 27 de agosto de 2012, pp. 1-5.

Resolución Exenta 1975/2011, de 4 de julio, que aprueba metodología de identificación de zonas aisladas para el otorgamiento de subsidios al transporte. Diario Oficial, de 4 de julio de 2011, pp. 1-7.

Rockafellar, R. (1993). Lagrange multipliers and optimality. *SIAM Review,* 35(2), 183-238.

Salanié, B. (Ed.) (2005). *The economics of contracts: a primer, Second edition*. Londres, Inglaterra: The MIT Press.

A N E X O S

ANEXO A: COSTO BASADO EN LA ANTIGÜEDAD DEL VEHÍCULO

Antigüedad (años)	Costo (CLP)
0	9,691,382
1	9,480,500
2	9,274,206
3	9,072,402
4	8,874,988
5	8,681,871
6	8,492,955
7	8,308,151

Antigüedad (años)	Costo (CLP)
8	8,127,367
9	7,950,518
10	7,777,516
11	7,608,279
12	7,442,725
13	7,280,773
14	7,122,345
15	6,967,364

ANEXO B: CAMBIO EN EL COSTO BASADO EN LA ANTIGÜEDAD DEL VEHÍCULO

Antigüedad (años)	Cambio en el costo (CLP)
0	- 213,210.40
1	- 208,570.99
2	- 204,032.54
3	- 199,592.84
4	- 195,249.74
5	- 191,001.16
6	- 186,845.02
7	- 182,779.31

Antigüedad (años)	Cambio en el costo (CLP)
8	- 178,802.08
9	- 174,911.39
10	- 171,105.36
11	- 167,382.14
12	- 163,739.95
13	- 160,177.00
14	- 156,691.59
15	- 153,282.02

ANEXO C: COSTO BASADO EN LA FLOTA DE BUSES

Flota (vehículos)	Costo (CLP)
1	8,076,464
2	10,583,345
3	12,396,485
4	13,868,345
5	15,129,325
6	16,244,272
7	17,250,810
8	18,172,988

ANEXO D: CAMBIO EN EL COSTO BASADO EN LA FLOTA DE BUSES

Flota (vehículos)	Cambio en el costo (CLP)
1	3,149,821
2	2,063,752
3	1,611,543
4	1,352,164
5	1,180,087
6	1,055,878
7	961,117
8	885,933

ANEXO E: COSTO BASADO EN CAPACIDAD OFRECIDA

Capacidad (asientos)	Costo (CLP)	Capacidad (asientos)	Costo (CLP)	Capacidad (asientos)	Costo (CLP)
10	6,163,270.28	24	8,227,746.89	38	9,575,022.44
11	6,360,200.39	25	8,339,334.92	39	9,657,451.45
12	6,545,472.83	26	8,447,971.07	40	9,738,476.27
13	6,720,669.20	27	8,553,842.62	41	9,818,155.05
14	6,887,053.63	28	8,657,118.53	42	9,896,542.16
15	7,045,654.27	29	8,757,951.84	43	9,973,688.58
16	7,197,319.92	30	8,856,481.66	44	10,049,642.13
17	7,342,760.41	31	8,952,834.83	45	10,124,447.74
18	7,482,576.06	32	9,047,127.40	46	10,198,147.71
19	7,617,279.68	33	9,139,465.83	47	10,270,781.89
20	7,747,313.17	34	9,229,948.04	48	10,342,387.89
21	7,873,060.35	35	9,318,664.33	49	10,413,001.23
22	7,994,856.96	36	9,405,698.18	50	10,482,655.53
23	8,112,998.57	37	9,491,126.95		

ANEXO F: CAMBIO EN EL COSTO BASADO EN CAPACIDAD OFRECIDA

Capacidad (asientos)	Cambio en el costo (CLP)	Capacidad (asientos)	Cambio en el costo (CLP)	Capacidad (asientos)	Cambio en el costo (CLP)
10	2,033,879.19	24	2,715,156.47	38	3,159,757.40
11	2,098,866.13	25	2,751,980.52	39	3,186,958.98
12	2,160,006.03	26	2,787,830.45	40	3,213,697.17
13	2,217,820.84	27	2,822,768.06	41	3,239,991.17
14	2,272,727.70	28	2,856,849.11	42	3,265,858.91
15	2,325,065.91	29	2,890,124.11	43	3,291,317.23
16	2,375,115.57	30	2,922,638.95	44	3,316,381.90
17	2,423,110.93	31	2,954,435.49	45	3,341,067.75
18	2,469,250.10	32	2,985,552.04	46	3,365,388.74
19	2,513,702.29	33	3,016,023.72	47	3,389,358.02
20	2,556,613.35	34	3,045,882.85	48	3,412,988.00
21	2,598,109.92	35	3,075,159.23	49	3,436,290.41
22	2,638,302.80	36	3,103,880.40	50	3,459,276.33
23	2,677,289.53	37	3,132,071.89		

ANEXO G: COSTO BASADO EN EL PRECIO DEL COMBUSTIBLE

Precio comb. (CLP)	Costo (CLP)	Precio comb. (CLP)	Costo (CLP)	Precio comb. (CLP)	Costo (CLP)
690	8,583,027.56	755	8,724,816.83	820	8,856,947.98
691	8,585,290.15	756	8,726,918.89	821	8,858,912.81
692	8,587,550.06	757	8,729,018.68	822	8,860,875.68
693	8,589,807.30	758	8,731,116.20	823	8,862,836.60
694	8,592,061.88	759	8,733,211.46	824	8,864,795.58
695	8,594,313.81	760	8,735,304.46	825	8,866,752.61
696	8,596,563.08	761	8,737,395.21	826	8,868,707.70
697	8,598,809.71	762	8,739,483.72	827	8,870,660.85
698	8,601,053.71	763	8,741,569.98	828	8,872,612.08
699	8,603,295.08	764	8,743,654.01	829	8,874,561.37
700	8,605,533.82	765	8,745,735.81	830	8,876,508.75
701	8,607,769.96	766	8,747,815.38	831	8,878,454.21
702	8,610,003.48	767	8,749,892.73	832	8,880,397.75
703	8,612,234.41	768	8,751,967.87	833	8,882,339.38

ANEXO H: CAMBIO EN COSTO BASADO EN PRECIO DEL COMBUSTIBLE

Precio comb. (CLP)	Cambio en el costo (CLP)	Precio comb. (CLP)	Cambio en el costo (CLP)	Precio comb. (CLP)	Cambio en el costo (CLP)
690	2,263.93	755	2,103.20	820	1,965.81
691	2,261.25	756	2,100.92	821	1,963.85
692	2,258.58	757	2,098.65	822	1,961.90
693	2,255.91	758	2,096.39	823	1,959.95
694	2,253.25	759	2,094.13	824	1,958.00
695	2,250.60	760	2,091.88	825	1,956.06
696	2,247.95	761	2,089.63	826	1,954.12
697	2,245.31	762	2,087.38	827	1,952.19
698	2,242.68	763	2,085.15	828	1,950.26
699	2,240.06	764	2,082.91	829	1,948.34
700	2,237.44	765	2,080.68	830	1,946.42
701	2,234.83	766	2,078.46	831	1,944.50
702	2,232.22	767	2,076.25	832	1,942.59
703	2,229.63	768	2,074.03	833	1,940.68

ANEXO I: COSTO BASADO EN KILÓMETROS RECORRIDOS

Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)
5	8,021,045	39	8,216,563	73	8,416,847
6	8,026,728	40	8,222,385	74	8,422,811
7	8,032,416	41	8,228,211	75	8,428,779
8	8,038,107	42	8,234,041	76	8,434,752
9	8,043,803	43	8,239,876	77	8,440,728
10	8,049,503	44	8,245,715	78	8,446,709
11	8,055,206	45	8,251,557	79	8,452,695
12	8,060,914	46	8,257,404	80	8,458,684
13	8,066,626	47	8,263,255	81	8,464,678
14	8,072,342	48	8,269,111	82	8,470,676
15	8,078,062	49	8,274,970	83	8,476,678
16	8,083,786	50	8,280,833	84	8,482,684
17	8,089,514	51	8,286,701	85	8,488,695
18	8,095,246	52	8,292,573	86	8,494,710

Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)
494	11,341,214	528	11,617,664	562	11,900,852
495	11,349,250	529	11,625,896	563	11,909,285
496	11,357,292	530	11,634,134	564	11,917,723
497	11,365,340	531	11,642,378	565	11,926,168
498	11,373,393	532	11,650,627	566	11,934,619
499	11,381,452	533	11,658,883	567	11,943,075
500	11,389,517	534	11,667,144	568	11,951,538
501	11,397,587	535	11,675,411	569	11,960,007
502	11,405,663	536	11,683,684	570	11,968,481
503	11,413,745	537	11,691,963	571	11,976,962
504	11,421,833	538	11,700,248	572	11,985,449
505	11,429,926	539	11,708,538	573	11,993,942
506	11,438,025	540	11,716,835	574	12,002,440
507	11,446,130	541	11,725,137	575	12,010,945

Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)
982	16,024,355	1016	16,414,959	1050	16,815,084
983	16,035,709	1017	16,426,590	1051	16,826,999
984	16,047,072	1018	16,438,230	1052	16,838,923
985	16,058,443	1019	16,449,878	1053	16,850,855
986	16,069,822	1020	16,461,534	1054	16,862,795
987	16,081,208	1021	16,473,198	1055	16,874,743
988	16,092,603	1022	16,484,871	1056	16,886,701
989	16,104,006	1023	16,496,552	1057	16,898,666
990	16,115,417	1024	16,508,241	1058	16,910,640
991	16,126,836	1025	16,519,939	1059	16,922,623
992	16,138,264	1026	16,531,644	1060	16,934,614
993	16,149,699	1027	16,543,358	1061	16,946,614
994	16,161,142	1028	16,555,081	1062	16,958,622
995	16,172,594	1029	16,566,811	1063	16,970,638

ANEXO J: CAMBIO EN COSTO BASADO EN KILÓMETROS RECORRIDOS

Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)
5	5,682	39	5,820	73	5,962
6	5,686	40	5,824	74	5,966
7	5,690	41	5,828	75	5,970
8	5,694	42	5,832	76	5,975
9	5,698	43	5,837	77	5,979
10	5,702	44	5,841	78	5,983
11	5,706	45	5,845	79	5,987
12	5,710	46	5,849	80	5,992
13	5,714	47	5,853	81	5,996
14	5,718	48	5,857	82	6,000
15	5,722	49	5,861	83	6,004
16	5,726	50	5,866	84	6,009
17	5,730	51	5,870	85	6,013
18	5,734	52	5,874	86	6,017

Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Cambio en el costo (CLP)
494	8,033	528	8,229	562	8,430
495	8,039	529	8,235	563	8,436
496	8,045	530	8,241	564	8,442
497	8,050	531	8,247	565	8,448
498	8,056	532	8,253	566	8,454
499	8,062	533	8,258	567	8,460
500	8,068	534	8,264	568	8,466
501	8,073	535	8,270	569	8,472
502	8,079	536	8,276	570	8,478
503	8,085	537	8,282	571	8,484
504	8,090	538	8,288	572	8,490
505	8,096	539	8,294	573	8,496
506	8,102	540	8,299	574	8,502
507	8,108	541	8,305	575	8,508

Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)	Kilómetros totales (Kms)	Costo (CLP)
982	11,351	1016	11,627	1050	11,911
983	11,359	1017	11,635	1051	11,919
984	11,367	1018	11,644	1052	11,928
985	11,375	1019	11,652	1053	11,936
986	11,383	1020	11,660	1054	11,944
987	11,391	1021	11,669	1055	11,953
988	11,399	1022	11,677	1056	11,961
989	11,407	1023	11,685	1057	11,970
990	11,415	1024	11,693	1058	11,978
991	11,423	1025	11,702	1059	11,987
992	11,431	1026	11,710	1060	11,995
993	11,439	1027	11,718	1061	12,004
994	11,447	1028	11,727	1062	12,012
995	11,456	1029	11,735	1063	12,021

ANEXO K: COSTO BASADO EN FRECUENCIA SEMANAL

Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)	Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)	Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)
2	8,332,803.07	19	8,909,505.49	37	9,563,693.29
3	8,365,668.97	20	8,944,646.01	38	9,601,414.02
4	8,398,664.51	21	8,979,925.12	39	9,639,283.54
5	8,431,790.19	22	9,015,343.39	40	9,677,302.41
6	8,465,046.52	23	9,050,901.34	41	9,715,471.24
7	8,498,434.02	24	9,086,599.55	42	9,753,790.62
8	8,531,953.20	25	9,122,438.55	43	9,792,261.13
9	8,565,604.59	26	9,158,418.91	44	9,830,883.37
10	8,599,388.70	27	9,194,541.18	45	9,869,657.95
11	8,633,306.07	28	9,230,805.92	46	9,908,585.46
12	8,667,357.21	29	9,267,213.69	47	9,947,666.51
13	8,701,542.65	30	9,303,765.07	48	9,986,901.70
14	8,735,862.93	31	9,340,460.61	49	10,026,291.63
15	8,770,318.57	32	9,377,300.88	50	10,065,836.93

ANEXO L: CAMBIO EN COSTO BASADO EN FRECUENCIA SEMANAL

Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)	Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)	Frecuencia (viajes)	Costo (CLP)
2	32,801	19	35,071	37	37,647
3	32,931	20	35,210	38	37,795
4	33,061	21	35,349	39	37,944
5	33,191	22	35,488	40	38,094
6	33,322	23	35,628	41	38,244
7	33,453	24	35,769	42	38,395
8	33,585	25	35,910	43	38,546
9	33,718	26	36,051	44	38,698
10	33,851	27	36,193	45	38,851
11	33,984	28	36,336	46	39,004
12	34,118	29	36,479	47	39,158
13	34,253	30	36,623	48	39,312
14	34,388	31	36,768	49	39,468
15	34,524	32	36,913	50	39,623